8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of

The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

Integrative Medicine: Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

21-22 JUL26 | DPU

DPU CIMw College of Integrative Medicine | S'MART

หลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ,
ศูนย์บริการวิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ร่วมกับภาคีเครือข่ายวิจัยประชาชื่น และภาคีเครือข่ายวิชาชีพ

VIBHAVADI HOSPITAL | LASER engineer | ParagonCare | AMS

edencolors (Thailand) Co.,Ltd | PHYATHAI 2 | พญาไท PHYATHAI | ADD LIFE | BIOMED Technology Holdings Limited | APA Aesthetic Global | ABSOLUTE HEALTH Regenerative Clinic

OPTIMA AESTHETICS | DR.T DOCTOR T BRAND | VITALLIFE | BIOMED | SOE MEDICAL | INNOBELLF | PRECISION PERSONALIZED MEDICINE | INMODE | MEDITOP | WONTECH ASIA | INSPIRE

8th S'MART

The Eighth Synergistic Meeting Of

The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

Integrative Medicine: Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

หลักสูตรบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ,
ศูนย์บริการวิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ร่วมกับภาคีเครือข่ายวิจัยประชาชื่น และภาคีเครือข่ายวิชาชีพ

สารจากอธิการบดี

การประชุมวิชาการระดับชาติ SMART ครั้งที่ 8 (The Eighth Synergistic Meeting of the 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand) ภายใต้หัวข้อ Integrative Medicine: Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice จัดขึ้นเพื่อเป็นเวทีเผยแพร่ผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านการแพทย์บูรณาการ วิทยาการชะลอวัย เวชศาสตร์ความงาม โภชนศาสตร์ และสุขภาวะ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาสุขภาพและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน

การประชุม SMART จัดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 8 โดยความร่วมมือระหว่างวิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ ศูนย์บริการวิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ เครือข่ายวิจัยประชาชื่น กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก สมาคมวิชาชีพด้านการแพทย์และสุขภาพ ตลอดจนโรงพยาบาล คลินิก และองค์กรภาคเอกชนด้านสุขภาพ ความงาม และเวลเนส ซึ่งได้ดำเนินการจัดประชุมอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 8 สะท้อนให้เห็นถึงความเข้มแข็งของเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการทั้งในระดับประเทศและระหว่างสถาบัน

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์มุ่งส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรม การประชุม SMART จึงเป็นกลไกสำคัญในการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิชาการ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสร้างความร่วมมือระหว่างนักวิจัย นักวิชาการ บุคลากรทางการแพทย์ และนักศึกษาจากหลากหลายสาขา

ขอขอบคุณคณะกรรมการจัดงาน ผู้ทรงคุณวุฒิ วิทยากร นักวิจัย ผู้นำเสนอผลงาน และภาคีเครือข่ายทุกภาคส่วนที่ร่วมสนับสนุนการจัดประชุมในครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการประชุม SMART ครั้งที่ 8 จะเป็นส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนางานวิจัย นวัตกรรมด้านการแพทย์และสุขภาพ และสร้างประโยชน์ต่อสังคมอย่างยั่งยืน

(ดร.ดาริกา ลัทธพิพัฒน์)
อธิการบดี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

21 JUL 26 ROOM A : ANTI-AGING, LONGEVITY, WELLNESS

ห้องประชุมปรีดีพนมยงค์ อาคาร 7 ชั้น 6

Integrative Medicine:Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
08.00 - 08.30	REGISTRATION	
08.30 - 09.10	Chono - immunonutrition : Integrated circadian biology into dietary plan for the best immune outcome	นพ.ศิต เธียรฐิติ
Opening Plenary Session		ผศ.ดร.นพ.มาศ ไม้ประเสริฐ
09.10 - 10.10	"Unlocking Thailand's Medical Wellness Hub: Bridging Policy, Practice, and Possibility" "ปลดล็อก Medical Wellness Hub ไทย: เชื่อมนโยบาย–การปฏิบัติ–โอกาสสู่อนาคต"	นพ.เทวัญ ธานีรัตน์ กองเวลเนส กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ภก.อาทิตย์ พันเดช ผู้อำนวยการกองควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย คุณกันยารัตน์ กุยสุวรรณ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ
10.10 - 10.30	Congress Opening Ceremony (โดย นพ.เอกชัย เพียรศรีวัชรา รองปลัดกระทรวงสาธารณสุข)	
10.30 - 11.00	Bioactive compounds in Longevity	ดร.กมล ไชยสิทธิ์
Lunch Symposium (Lunch 11.00 - 12.30 น.)		
11.00 - 11.30	Biorestructuring by Nucleofill	นพ.ชลธวัช สุวรรณปิยะศิริ พญ.อรุณี ทองอัครนิโรจน์
11.30 - 12.00	Exploring the Pinnacle of Monopolar RF for Advanced Facial Contouring	พญ.อวิกา รงค์ทอง
12.00 - 12.30	Redefining Skin Regeneration with Injectable Atelocollagen Type I	นพ.รัสมิ์ภูมิ สุเมธีวิทย์
Longevity and Wellness		
13.00 - 13.30	Biophysics of Life	นพ.ธนศักดิ์ ยิ้มเกิด
13.30 - 14.00	The Gap Between Treatment and Healing: It's Time to Stand for the Patient	พญ.พักตร์พิไล ทวีสิน
14.00 - 14.30	Nutrition Beyond Calories: เจาะเทรนด์โภชนาการยุคใหม่ สำหรับสายฟิต สุขภาพ และ Longevity	ผศ.ดร.ว่าที่ร้อยตรี ธเนษฐ์พงษ์ สุขวงศ์
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 น.		
Integrative Medicine & Environmental Medicine		
15.30 - 16.00	Cellular Senescence and Longevity : How "Old" Cells Shape Aging"	นพ.ณิชพน ไพบูลย์
16.00 - 16.30	โลหะหนัก พิษร้ายใกล้ตัวที่ถูกมองข้าม และการดูแลตัวเองอย่างง่าย	ดร.นพ.บัญชา แดงเนียม
16.30 - 17.00	Beyond Vision: Modern Eye Care in the Era of Longevity & Digital Lifestyle	พญ.ธารินี เสงี่ยมพรพาณิชย์

02-954-7300 ต่อ 853,852 | smartconference@dpu.ac.th | www.smartwellnessthailand.com

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

21 JUL 26 ROOM B : NUTRITION, LIFESTYLE, ALTERNATIVE

ห้องประชุมดร.ไสว สุทธิพิทักษ์ อาคาร 6 ชั้น 7

Integrative Medicine: Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
08.00 - 08.30	REGISTRATION	
08.30 - 09.10	การบรรยาย ณ Room A: ห้องประชุมปรีดี พนมยงค์	
09.10 - 10.10	Opening Plenary Session "Unlocking Thailand's Medical Wellness Hub: Bridging Policy, Practice, and Possibility" "ปลดล็อก Medical Wellness Hub ไทย: เชื่อมนโยบาย–การปฏิบัติ–โอกาสสู่อนาคต"	Room A: ห้องประชุมปรีดี พนมยงค์
10.10 - 10.30	Congress Opening Ceremony	
10.30 - 11.00	Hormone Abuse in the Age of Performance: The Dark Side of Testosterone & Illicit HRT	นพ.พีรวุฒิ มังคโลปกรณ์
LUNCH 11.00 - 13.00 น.		
	Lifestyle Medicine	
13.00 - 13.30	Lifestyle Medicine : The Gene Switcher	ร.อ.ดร.นพ.ยงยุทธ มัยลาภ
13.30 - 14.00	Nutrition and Disease Reversal	นพ.สมิทธิ์ อารยะสกุล
14.00 - 14.30	Lifestyle Medicine as a Therapeutic Strategy for Type 2 Diabetes Remission	Dr.Marcela Sandoval Garza
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 น.		
	Diagnostic Test	
15.30 - 16.00	Cell-free DNA Liquid Biopsy in * MCED: Multi Cancer Early Detection * Aging Cardiovascular Diseases	นพ.จิรเจษฎ์ สุขสุเพิ่ม
16.00 - 16.30	Role of Diagnostic Ultrasound in Anti-aging and Regenerative Medicine	Mr.Yuji Mukohara
16.30 - 17.00	What's Longivity MRI? The clinical usage in Anti-aging and Regenerative Medicine	ดร.นพ.ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

21 JUL 26 ROOM C : AESTHETIC MEDICINE

ห้องประชุมสุทธิเกตุ อาคาร 7 ชั้น G

Integrative Medicine: Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
08.00 - 08.30	**REGISTRATION**	
08.30 - 09.10	การบรรยาย ณ Room A: ห้องประชุมปรีดี พนมยงค์	
09.10 - 10.10	Opening Plenary Session at Room A: ห้องประชุมปรีดี พนมยงค์	
10.10 - 10.30	Congress Opening Ceremony at Room A: ห้องประชุมปรีดี พนมยงค์	
ธีมงาน Concept ของห้องบรรยาย Aesthetic Medicine ในปีนี้ **Aesthetic Mastery 360°: From Energy to Injectables — Precision, Personalization & Complication Control** The Science & Art of Modern Aesthetics: Precision Treatment, Perfect Outcomes		
10.30 - 11.00	**Biostimulators - Deep Understanding About Dermal Rheology - From Research to Practical Guide**	**ศ.ดร.พญ.รังสิมา วณิชภักดีเดชา**
Lunch Symposium (Lunch 11.00 - 13.00 u.)		
11.00 - 11.30	**Aqualuna Liquid Lock Rejuvenation: The Essence of Refined Skin Hydration**	**พญ.รสริน คุปต์วิวัฒน์**
11.30 - 12.00	**Precision Under the Eyes: Injectable Cross-linked Collagen for Periorbital Rejuvenation**	**ผศ.ดร.นพ.มาศ ไม้ประเสริฐ**
12.00 - 12.30	**Polynucleotide (PN) : Different Rheology, Different Kinetic & Result: Full Spectrum of Molecular Weight Applications**	**นพ.ธนนท์นัต กันต์นพฤทธิ์**
Energy-Based Devices (Firming & Lifting)		**นพ.สันติ จตุราวิชานันท์**
13.00 - 14.10	**Energy Mastery: Precision Lifting & Skin Tightening Beyond the Surface** *: From Monopolar RF to HIFU — Science, Selection & Safety*	**พญ.กรวิกกา พัฒนะปราน** **พญ.ดวงดาว ดวงนำสว่าง** **นพ.สันติ จตุราวิชานันท์** **นพ.นิติธรรม รัตกสิกร** **ผศ.พญ.สุเนตรา นิตยวรรธนะ**
14.10 - 14.30	**The Aesthetic Maze: How to Navigate Modern Cosmetic Products & Technologies**	**ผศ.พญ. ธัญญา เตชะพิเชฐวนิช**
Symposium (Coffee Breaks 14.30 - 15.30 u.)		
14.30 - 15.00	**Profhilo Symposium**	**Dr.Michela Zazzaron, MD**
Pigment Laser (PICO & Beyond)		**พญ.กรวิกกา พัฒนะปราน**
15.30 - 16.15	**Decoding Pigment: Advanced Laser Strategies for Melasma & Dyschromia** *: Precision, Pitfalls & Personalization in Pigment Management*	**พญ.รสริน คุปต์วิวัฒน์** **พญ.กรวิกกา พัฒนะปราน** **นพ.นิติธรรม รัตกสิกร** **พญ.อาริสา แก้วเกษ**
16.15 - 17.00	**Luxury Without Loudness: Marketing Aesthetic Clinics in the Era of Regulation** *: Elevation Aesthetic Clinic Branding Beyond Price and Promotion*	**ผศ.ดร.นพ.มาศ ไม้ประเสริฐ** **นพ.สุทธิพงษ์ ตรีรัตน์** **นพ.กรวิน ศิริโรจนทรัพย์** **คุณขวัญฤทัย ดำรงค์วัฒนโภคิน**

02-954-7300 ต่อ 853,852 | smartconference@dpu.ac.th | www.smartwellnessthailand.com

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

21 JUL 26 ROOM D : DPU HEALTH SCIENCE

ห้องประชุมสนม สุทธิพิทักษ์ อาคาร 4 ชั้น 1

Integrative Medicine:Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
08.00 - 08.30	REGISTRATION	
08.30 - 09.30	Opening Plenary Session at Room A: ห้องประชุมปรีดี พนมยงค์	
	AI, Medtech, Nurse and Healthcare	
09.30 - 10.00	AI and Digital Health in Modern Surgery	นพ.ภาณุพงศ์ นาเจริญกุล
10.00 - 10.30	ถอดรหัสอายุทางชีววิทยา: การบูรณาการ การตรวจทางพันธุกรรม เอพิเจเนติกส์ และมัลติ-โอมิกส์ เพื่อการมีอายุยืนยาวอย่างแม่นยำ Biological Age Decoded: Integrating Genetic, Epigenetic, and Multi-Omics Testing for Precision Longevity	ดร.ทนพ.นราวุฒิ สุวรรณัง
10.30 - 11.00	AI in Medical Applications	รศ.ดร.วรพันธ์ คู่สกุลนิรันดร์ ผศ.ดร.ศรีสุภา ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา
	Lunch Symposium (Lunch 11.00 - 13.00 u.)	
11.00 - 11.30	Decoding Health Through Hair Analysis	ผศ.ดร.เอกราช บำรุงพืชน์
11.30 - 12.00	How Blood Proteomics Shapes Human Longevity - Hearing blood whispers, Compose your better tomorrow	ดร.วากะ อิวาโอะ
12.00 - 12.30	Personal Brand to Personal Income	คุณธาม พิชิตสุรกิจ (ผู้ก่อตั้งแบรนด์ White Lab)
	Sport Science	
13.00 - 13.30	Fitness Trends 2026	คุณกันต์กรพจน์ สุขวงศ์
13.30 - 14.00	Why Muscle Won't Grow: The Hidden Biology Behind Training Failure	นพ.สินธุ โคซาชิ
14.00 - 14.30	Fitness Business Model Trends and Product Design: Engagement Strategies and Activity Programming to Drive Gym Utilization in 2026	คุณวรวุฒิ สิทธิพงศ์ (CEO Fitness Lifestyle)
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 u.		
	Psychology for Wellness	
15.30 - 16.00	ปรับ ฮึดสู้ ในวันที่โลกหมุนไว OnReset and Resilience	ดร.พงษ์รพี บูรณสมภพ
16.00 - 16.30	Sustainable Happiness: Evidence-Based Positive Psychology for Everyday Wellbeing	ดร.ธนิตา วาสประสงค์
16.30 - 17.00	Managing stress in everyday life	พญ.ปุณฑริก ศรีสวาท

02-954-7300 ต่อ 853,852 smartconference@dpu.ac.th www.smartwellnessthailand.com

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

22 JUL 26 ROOM A : ANTI-AGING, LONGEVITY, WELLNESS

ห้องประชุมปรีดีพนมยงค์ อาคาร 7 ชั้น 6

Integrative Medicine:Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
Hormone Optimization for Quality of Life		
09.00 - 09.30	Hormone optimization for enhance sleep quality	นพ.นรินทร สุรสินธน
09.30 - 10.00	Hormones Restoration for Optimal Exercise Performance	ดร.ไบรอัน คุณาคม
10.00 - 10.30	Hormonal rejuvenation for enhancing Sexual Function	ผศ.นพ.พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์
10.30 - 11.00	Modern Menopause Management: Moving Past the WHI Era	พญ.ธิศรา วีรสมัย
Lunch Symposium (Lunch 11.00 - 13.00 u.)		
11.00 - 11.30	In & Out Photo Protection by Heliocare	นพ.วิชัย หงส์จารุ
11.30 - 12.00	Refining Aesthetic Outcomes: The Instant Lifting Approach with Ellanse	นพ.เกรียงไกร อ่าวอุดมพันธ์
12.00 - 12.30	M8 Burst Microneedling: A Multi-Purpose Platform for Skin Therapy	นพ.วีระวิชย์ วาทีทิพย์
Regenerative Medicine		
13.00 - 13.30	Advanced Therapy Medicinal Products (ATMPs): Current Landscape, Clinical Applications, and Future Directions	อ.ดร.ชัยยง โกยกุล
13.30 - 14.00	Regenerative Revolution: Stem Cells, Exosomes & The Future of Medicine	ผศ.ดร.ศรัณยู พลนิกร
14.00 - 14.30	MUSE Cells: The Intelligent Stem Cells Redefining Regenerative Medicine	นพ.ธณัฐ จิรบันดาลสุข
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 u.		
Obesity		
15.30 - 16.00	Precision Weight Management in Anti-Aging medicine	พญ.วรรณวิพุธ สรรพสิทธิ์วงศ์
16.00 - 16.30	Why Intermittent Fasting Fails: When Biology Fights Back	ดร.นพ.ภาวิต หน่อไชย
16.30 - 17.00	GLP-1 Therapy: Why It Fails, How to Stop, and How to Prevent the Rebound	ผศ.ดร.นพ.มาศ ไม้ประเสริฐ

02-954-7300 ต่อ 853,852 smartconference@dpu.ac.th www.smartwellnessthailand.com

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

22 JUL 26 ROOM B: NUTRITION, LIFESTYLE, ALTERNATIVE

ห้องประชุม ดร.ไสว สุทธิพิทักษ์ อาคาร 6 ชั้น 7

Integrative Medicine:Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
Nutrition		
09.00 - 09.30	Bluezone Wellness	ผศ.ดร.นพ.พัฒนา เต็งอำนวย
09.30 - 10.00	Next-generation Functional Foods for Health and Wellness	ผศ.ดร.เอกราช บำรุงพืชน์
10.00 - 10.30	Innovative Keto-based Products: From Science to Market	รศ.ดร.สถาพร งามอุโฆษ
10.30 - 11.00	Polyphenol as Prebiotics: A New Paradigm in Gut-Longevity Axis	ดร.กฤชมงคล กมลสุวรรณ
LUNCH 11.00 - 13.00 u.		
Gut		
13.00 - 13.30	Upcycling Food Waste: The Future of Functional Ingredients in Regenerative Nutrition	ดร.ศิริวรรณ จำเริญวิทยากุล
13.30 - 14.00	Synergizing Fruit Phytochemicals and Microbiota: A Regenerative Approach to Metabolic Health	ดร.มาริสา มารแพ้
14.00 - 14.30	Regional Microbiome & Gut-Skin Axis: From Mechanism to Precision Probiotics in Aesthetic and Longevity Medicine	รศ.ดร.มัสลิน นาคไพจิตร
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 u.		
Ergokinetic & Leadership & Marketing		
15.30 - 16.00	Ergo-Hacks: Small Changes, Big Relief	ดร.วรเมธ ประจงใจ
16.00 - 16.30	ภาวะผู้นำ	อ.วราภรณ์ ศิริบุญมา
16.30 - 17.00	Wellness Paradigms: Unmasking Legal Risks and Opportunities in the Longevity Market	นพ.ศราวุธ ติณณ์ธนดล

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

22 JUL 26 ROOM C : AESTHETIC MEDICINE

ห้องประชุมสุทธิเกตุ อาคาร 7 ชั้น G

Integrative Medicine:Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
Thread Lifting		**ดร.พญ.ภัทรชนน อัศววรฤทธิ์**
09.00 - 10.00	**Thread Reimagined: Structural Lifting, Vector Design & Long-Term Results** *: From Technique to Tissue Response*	นพ.เกรียงไกร อ่าวอุดมพันธ์ พญ.วันระวี วชาติมานนท์ ดร.พญ.ภัทรชนน อัศววรฤทธิ์ พญ.สิริยุพา เกาสายพันธุ์ พญ.อัญชลี อมรรุ่งมีธรรม
Biostimulator		**นพ.พีรพงศ์ ประภากรฤทธา**
10.00 - 11.00	**Biostimulation Revolution: Engineering Collagen for Natural Longevity** *: From PDLLA to CaHA — Selection, Sequencing & Safety*	พญ.อตินุช ดวงแก้ว นพ.เกรียงไกร อ่าวอุดมพันธ์ พญ.รสริน คุปต์วิวัฒน์ พ.ท.หญิง ณัฐพร สัมปัตตะวนิช
Lunch Symposium (Lunch 11.00 - 13.00 u.)		
11.00 - 11.30	**Precision Beyond Energy** **Next-Gen Monopolar RFVS Ultrasound**	นพ.ภฤติมุข วิเศษธนากร พญ.วรนรี วินะยานุวัติคุณ
11.30 - 12.00	**Transforming Quality Weight Loss into Aesthetic Confidence**	ดร.นพ.ภาวิต หน่อไชย
12.00 - 12.30	**The new era of shape reduction with CHAC Technology**	นพ.เกรียงไกร อ่าวอุดมพันธ์
Toxin & Fillers		**พญ.อตินุช ดวงแก้ว**
13.00 - 14.10	**Injectable Intelligence: Art, Anatomy & Advanced Outcomes in Toxin and Fillers** *: Indication, Layering Strategy & Complication Mastery*	พญ.ดวงดาว ดวงนำสว่าง นพ.สันติ จตุราวิชานันท์ นพ.ณัฐพล ลาภเจริญกิจ พญ.อวิกา รงค์ทอง พญ.อรุณี ทองอัครนิโรจน์
14.10 - 14.30	**Genital Pigmentation & Whitening : Safe Approaches, Pitfalls and Ethics**	พญ.ธนวรรณ ศิริสุข
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 u.		
Laser Resurfacing (Acne Scar & Rejuvenation)		**พญ.รสริน คุปต์วิวัฒน์**
15.30 - 16.30	**Resurfacing Excellence: Rebuilding Skin Architecture from Scar to Glow** *: Fractional CO_2, Hybrid Technologies & Regenerative Synergy*	ผศ.นพ.ศุภะรุจ เลื่องอรุณ พญ.สุธัสสา สิทธิทูล พญ.ต้องหทัย ตั้งสินมั่นคง
16.30 - 17.00	**When Beauty Backfires: How Prior Aesthetic Procedures Compromise Facelift Planning, Dissection, and Outcomes**	นพ.เจษฎ์ บุณยวงศ์วิโรจน์ นพ.นภัส สิทธิเสรีประทีป

02-954-7300 ต่อ 853,852 | smartconference@dpu.ac.th | www.smartwellnessthailand.com

8th SMART

The Eighth Synergistic Meeting Of The 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand

DPU DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY | CIMw College of Integrative Medicine

22 JUL 26 ROOM D : DPU HEALTH SCIENCE

ห้องประชุมสนม สุทธิพิทักษ์ อาคาร 4 ชั้น 1

Integrative Medicine:Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice

TIME	TOPICS	Speakers / Co-share Experience
	Law and Business for Wellness	
09.00 - 10.00	มาตรฐานความระมัดระวังในธุรกิจสุขภาพและความงาม Standard of Coution in Wellness and Aesthetic Practice	ดร.นพ.ไพโรจน์ บุญศิริคำชัย อ.ชาย นิ่มละมัย นพ.สุริธีเวช นพรัตน์ชนม์
10.00 - 10.30	Aftermarket Performance of Health Care and Biopharmaceutical IPOs: Evidence From ASEAN Countries	ผศ.ดร.กุลบุตร โกเมนกุล
10.30 - 11.00	AI/Digital health กับการแพทย์	ผศ.นพ.นรวิชญ์ กิจไพศาลรัตนา
	Lunch Symposium (Lunch 11.00 - 13.00 u.)	
11.00 - 11.30	From Biological Age to Regenerative Precision: Translating Advanced Biomarkers into Clinical Practice	นพ.ธณัฐ จิรบันดาลสุข Mr.Isaac Kise Lee
11.30 - 12.00	New Era in Collagen Therapy: Recombinant Humanized Type III Collagen	Dr. Edmond Lau
	Health and Beauty Business Management, Finance	
13.00 - 13.30	From Passion to Profit: Entrepreneurial Lessons to build a Successful Club	คุณสุทัศน์ วงศ์สุขศิริ (Business Development Director)
13.30 - 14.00	Beyond Supplements From Global Standards to Thailand's Longevity Future	Mrs.Supaporn Haefner (Founder & CEO)
14.00 - 14.30	Wellness: Business Perspectives Every Healthcare Professional Should Know	คุณจิรัญญา ประชาเสรี (Cryoviva)
COFFEE BREAKS 14.30 - 15.30 u.		
	Cosmetic Science & Product Innovation	
15.30 - 16.00	Longevity-Driven Skincare: นวัตกรรมเครื่องสำอางเพื่อความยืนยาวและฟื้นฟูสุขภาพผิว	อ.พิชญะดา บุญทอง
16.00 - 16.30	Skin Stem Cell Biology: Foundations for Next-Generation Skincare	ศ.ภก.ดร.ปิติ จันทร์วรโชติ
16.30 - 17.00	Beyond the label, what's Really Inside? เมื่อผู้บริโภคเริ่มถามหา 'ความจริง' มากกว่าแค่ Marketing	ดร.วิชญารัตน์ ศิริกุลเลิศรัฐ (CEO MARK BIO)

02-954-7300 ต่อ 853,852 | smartconference@dpu.ac.th | www.smartwellnessthailand.com

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัยและบทความวิชาการ

วันอังคารที่ 21 กรกฎาคม 2569 เวลา 10:00 – 12:00 น. ณ ห้อง 7305

ลำดับ	เวลา	ผู้นำเสนอบทความ	ชื่อบทความ	สังกัด
1	10:00 - 10:15 น.	พญ.ณัฐชา สนองคุณวรกุล	การศึกษาผลของการฉีดสารโพลี-ดี,แอล-แลคติกแอซิด (PDLLA) ต่อการเสริมความงามบริเวณร่องน้ำตา	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
2	10:15 - 10:30 น.	คุณสุพจน์ เข็มทอง	การศึกษาเชิงสำรวจปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกที่จำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
3	10:30 - 10:45 น.	คุณธีรศักดิ์ สุราภา	การประเมินความสอดคล้องระหว่างปริมาณโพรไบโอติกที่ระบุบนฉลากกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่จำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
4	10:45 - 11:00 น.	คุณปิญารมณ์ เจริญวัชกุล	การศึกษาสารเคอร์คูมินในน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่ม (Functional drink) ที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
5	11:00 - 11:15 น.	พญ.ศุภลักษณ์ ตั้งตรงผล	ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการกระตุ้นด้วย Icoone® ในการปรับลดไขมันใต้คาง : การศึกษาแบบสุ่มควบคุม ฝั่งใบหน้าแบบแยก (split-face) ในระยะนำร่อง	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
6	11:15 - 11:30 น.	คุณปณาลี เวชชาภินันท์	ประสิทธิผลและความปลอดภัยของเซรั่มเรตินอยด์ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสีที่มีสารสกัดพอลิโพเดียม ลิวโคโทมอส ในผู้ป่วยชาวเอเชียที่เป็นฝ้า: การศึกษาแบบไปข้างหน้าในกลุ่มประชากร	โรงเรียนดิเอสเซนส์
7	11:30 - 11:45 น.	คุณพริมา วณิชภักดีเดชา	การศึกษาในหลอดทดลองถึงอิทธิพลของวิธีการเตรียมสารและตัวทำละลายต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์เคมีของสารพอลิแอลแลกติกแอซิด	โรงเรียน The Newton Sixth Form
8	11:45 - 12:00 น.	นพ.กิตติภพ อุดมชัยฤทธิ์	ประสิทธิภาพของครีมใบบัวบก ต่อภาวะรอยดำหลังการอักเสบความชุ่มชื้น และความยืดหยุ่นของผิวหลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัยและบทความวิชาการ

วันอังคารที่ 21 กรกฎาคม 2569 เวลา 13:00 – 15:00 น. ณ ห้อง 7305

ลำดับ	เวลา	ผู้นำเสนอบทความ	ชื่อบทความ	สังกัด
9	13:00 - 13:15 น.	พญ.ศุภัสรา มุทานนท์	ค่าระดับจุดตัดที่สำคัญของการทดสอบแรงบีบมือในการคัดกรองภาวะความรู้คิดบกพร่องเล็กน้อย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
10	13:15 - 13:30 น.	คุณเพ็ญพิชญา รัตนรุ่งเรืองทวี	การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
11	13:30 - 13:45 น.	พญ.เกตน์นิภา รัชตะทรัพย์	ประสิทธิผลของคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ (Dual Yellow®) ต่อการรักษารอยแดงจากสิวในกลุ่มประชากรหญิงไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
12	13:45 - 14:00 น.	พญ.นภัสสร ลิมปกานนท์	การศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สี	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
13	14:00 - 14:15 น.	พญ.ปารมิตา มารศรี	ประสิทธิผลของโปรแกรมบำบัดความเครียดด้วยการเจริญสติ (MBSR) ต่ออาการทางกายในสตรีวัยหมดประจำเดือน: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
14	14:15 - 14:30 น.	พญ.วลัญช์ปพร ลิ้มพันธ์อุดม	ประสิทธิผลของ Copper Bromide laser (Dual yellow®) ต่อสิวอักเสบในเพศหญิง	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
15	14:30 - 14:45 น.	คุณวิลาสินี ศรีวิจิตร	การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนสารเซนโนไซด์ บี ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยเรื่องการขับถ่าย ที่จำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
16	14:45 - 15:00 น.	พญ.พิชญานิษฐ์ สร้อยสุวรรณ	ผลของการใช้ซอฟแวร์ปัญญาประดิษฐ์ “กินดี” คำนวณแคลลอรี่มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารในผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน : การทดลองทางคลินิกแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัยและบทความวิชาการ

วันอังคารที่ 21 กรกฎาคม 2569 เวลา 15:00 – 17:00 น. ณ ห้อง 7305

ลำดับ	เวลา	ผู้นำเสนอบทความ	ชื่อบทความ	สังกัด
17	15:00 - 15:15 น.	คุณพริม วชรประภา	การประเมินระดับออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา: การศึกษานำร่องในผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกซึ่งผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
18	15:15 - 15:30 น.	พญ.กันตา ตันติชูศักดิ์	ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการฉีดสารกรดโพลี-ดี,แอล-แลคติก (PDLLA) สำหรับการฟื้นฟูผิวหนังบริเวณหลังมือในระยะเวลา 12 สัปดาห์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
19	15:30 - 15:45 น.	นพ.ศิรวิทย์ สถิตสมิทธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนซี-รีแอคทีฟความไวสูงกับโรคตับคั่งไขมันจากภาวะเมตาบอลิกผิดปกติ ในผู้ป่วยภาวะก่อนเบาหวาน : การศึกษาแบบย้อนหลัง	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
20	15:45 - 16:00 น.	คุณปรินทร์ สัจจะวิรวงศ์	การวิเคราะห์โลหะหนักในเมล็ดกาแฟคั่ว	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
21	16:00 - 16:15 น.	คุณณัฐวัฒน์สุวรรณสิงห์ และคุณภูริทัต คล้ายวรรณ	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่า M และการถดถอยแบบฟัซซี่แบบแกร่งเมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
22	16:15 - 16:30 น.	คุณสิรวิชญ์ กีรติพรานนท์	การพัฒนาและประเมินแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีนันยาง ประเทศสิงคโปร์
23	16:30 - 16:45 น.	คุณอัครมณี สมใจ, คุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์, คุณจันทราวุฒิ วราสินธุ์ธนสกุล และคุณสโรชินี ศิริวัฒนา	การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
24	16:45 - 17:00 น.	คุณอัครมณี สมใจ, คุณภัทรภร ทองนพคุณ, คุณจันทราวุฒิ วราสินธุ์ธนสกุล และคุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์	การพัฒนาทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21: บทบาทของการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตต่อการพัฒนาสังคม	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัยและบทความวิชาการ

วันอังคารที่ 22 กรกฎาคม 2569 เวลา 9:00 – 12:00 น. ณ ห้อง 7305

ลำดับ	เวลา	ผู้นำเสนอบทความ	ชื่อบทความ	สังกัด
25	09:00 - 09:15 น.	พญ.ณิชา ลิ้มตระกูล	ความแม่นยำในการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่น Dermatophagoides pteronyssinus ด้วยการใช้ microneedle patch เปรียบเทียบกับ skin prick test	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
26	09:15 - 09:30 น.	นพ.พร้อมพงศ์ ศรีสวัสดิคุโณดม	ประสิทธิผลของการฉีดสารโพลีดีแอลแลคติคแอซิดต่อการรักษารอยแตกลายบริเวณท้อง: การทดลองนำร่องทางคลินิกแบบสุ่ม แบ่งครึ่งท้อง	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
27	09:30 - 09:45 น.	คุณพิมพ์วรมน นรภัทรมงคล	การตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชในแยมสตรอว์เบอร์รี	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
28	09:45 - 10:00 น.	คุณรฐา โพธิ์งาม	การทบทวนวรรณกรรมเรื่องพิเพอรีนจากพริกไทยดำกับกระบวนการชราระดับเซลล์: ศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาว	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
29	10:00 - 10:15 น.	นพ.ภัควิชญ์ สุนทรพงษ์	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เลเซอร์ไดโอด 1450 nm ร่วมกับ เลเซอร์สีฟ้า 450 nm เทียบกับ เลเซอร์ไดโอด 1450 nm อย่างเดียวในผู้ป่วยคนไทยที่เป็นสิว การทดลองแบบสุ่มครึ่งหน้า ปกปิดข้อมูลฝ่ายเดียว	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
30	10:15 - 10:30 น.	พญ.ศุภิสรา สิริสัณฐิติกุล	ประสิทธิผลของโฟกัสอัลตราซาวด์ความถี่สูงรูปแบบพลังงานเส้นตรงในการลดไขมันบริเวณร่องแก้ม	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
31	10:30 - 10:45 น.	นพ.จุลดนัย จุลละครินทร์	การศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของผลลัพธ์จากการรักษาภาวะคิ้วตกด้วยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยงในประชากรไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
32	10:45 - 11:00 น.	นพ.มงคลจรัส เศรษฐ์สิริกานต์	อัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอลร่วมกับคะแนนความเสี่ยงโรคเบาหวานของไทยในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ในกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก: การศึกษาแบบย้อนหลังเชิงภาคตัดขวาง	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
33	11:00 - 11:15 น.	คุณเฉลิมเกียรติ บัวเหลือง	ผลของขนาดเข็มฉีดยาต่อการรอดชีวิตของเซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
34	11:15 - 11:30 น.	พญ.เปมิกา นิ่มรัตนสิงห์	การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตที่วางจำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
35	11:30 - 11:45 น.	พญ.พร้อมเพชร รอดสวัสดิ์ชูโชค	ประสิทธิผลของโพลิดีแอลแลคติคแอซิดในการฟื้นฟูปริมาตรผิวหลังมือของอาสาสมัครคนไทย ด้วยการเจือจางปริมาตรรวม 8 มล. เปรียบเทียบกับการเจือจางปริมาตรรวม 10 มล. ในระยะเวลา 3 เดือน	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)
36	11:45 - 12:00 น.	นพ.สุริธีรเวช นพรัตน์ชนม์	การคัดกรองสภาวะผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มโดยอาศัยปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดในกลุ่มประชากรไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AS)

ตารางการนำเสนอผลงานวิจัยและบทความวิชาการ

วันอังคารที่ 22 กรกฎาคม 2569 เวลา 13:00 – 16:15 น. ณ ห้อง 7305

ลำดับ	เวลา	ผู้นำเสนอบทความ	ชื่อบทความ	สังกัด
37	13:00 - 13:15 น.	คุณพัชรินทร์ ว่านกระ	การศึกษาปริมาณสารโลหะหนัก ตะกั่วและแคดเมียม ในผงอะโวคาโด ที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
38	13:15 - 13:30 น.	คุณอาณัติ อธิคมปัญญาวงศ์	การตรวจหาปริมาณวิตามิน B12 ในเทมเป้ที่ขายในตลาดกรุงเทพฯและออนไลน์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
39	13:30 - 13:45 น.	คุณณภัทร สุวรรณรุจิ คุณภูวศิษฏ์ พจน์อนันต์ และคุณรุจินาภาว์ ฤทัยสิริโรจน์	ภาวะอ้วนและพฤติกรรมการนอนหลับ ปัจจัยเสี่ยงต่ออาการหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นในประชากรไทย	โรงเรียนนานาชาติกรุงเทพฯ, โรงเรียนนานาชาติแอ็ดเวนต์รามคำแหง และ โรงเรียนสตรีวิทยา
40	13:45 - 14:00 น.	นพ.พลธวัช ลาภประกอบกิจ	การเปรียบเทียบผลของการบริโภคผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำก่อนการบริโภคข้าวต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหาร	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
41	14:00 - 14:15 น.	คุณปิยวรรณ โรจนธีรไพศาล	การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันคาโนลาที่วางจำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
42	14:15 - 14:30 น.	คุณปณิตา อ่อนน้อม	การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่วางจำหน่ายในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
43	14:30 - 14:45 น.	คุณหนึ่งธิดา โสภณ	การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่าง ๆ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
44	14:45 - 15:00 น.	พญ.อรทัย ตั้งนภากร	การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เกตและร้านสะดวกซื้อในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
45	15:00 - 15:15 น.	คุณพัทธนันท์ กีรติพรานนท์ คุณฐิติกานต์ ชูพุ่ม และคุณวรัชญ์ สิงห์ตัน	ผลของพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนต้นแบบ	โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย
46	15:15 - 15:30 น.	คุณมนตรี โตโส	ผลของความเข้มข้นของเซลล์และภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังละลายระหว่างการเก็บรักษาระยะสั้น	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (AA)
47	15:30 - 15:45 น.	คุณอัครมณี สมใจ คุณภัทรภร ทองนพคุณ คุณภณ กุลิสร์ และคุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์	นโยบายการกระจายอำนาจกับการบริหารจัดการพื้นที่การเรียนรู้: บทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
48	15:45 - 16:00 น.	คุณสุดาวรรณ สมใจ คุณอัครภิทย์ตา มีชัยวงค์, คุณอัครมณี สมใจ และคุณภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์	พฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล: ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
49	16:00 - 16:15 น.	คุณอัครมณี สมใจ คุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์ คุณชลลดา สมใจ และคุณสโรชินี ศิริวัฒนา	อิทธิพลของวัฒนธรรมดิจิทัลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ในสังคมไทย	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

DPU
DHURAKIJ PUNDIT UNIVERSITY
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

คำสั่งมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ที่ วพบ.0425/69001
เรื่อง แต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานวิชาการและกองบรรณาธิการ การประชุมวิชาการระดับชาติ SMART ครั้งที่ 8
(The Eighth Synergistic Meeting of the 2026 National Conference on Anti-Aging, Alternative Medicine, Aesthetic Medicine, and Wellness of Thailand)

เพื่อให้การดำเนินงานด้านการพิจารณากลั่นกรองบทความวิชาการ การประเมินคุณภาพบทความ และการเผยแพร่ผลงานวิชาการในการประชุมวิชาการระดับชาติ SMART ครั้งที่ 8 (8th SMART) ภายใต้หัวข้อ "Integrative Medicine: Bridging Anti-Aging, Longevity, Wellness, and Aesthetic Science into Modern Clinical Practice" เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีมาตรฐานทางวิชาการ และเป็นไปตามหลักจริยธรรมการตีพิมพ์ผลงานวิชาการ จึงแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานวิชาการ ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ และกองบรรณาธิการการประชุมวิชาการระดับชาติ SMART ครั้งที่ 8 ดังต่อไปนี้

1. รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ

1)	ศาสตราจารย์ ดร.แพทย์หญิงรังสิมา วณิชภักดีเดชา	คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
2)	รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิงวิไล ธนสารอักษร	คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันสุขภาพผิวพรรณ โรงพยาบาลสมิติเวช สุขุมวิท
3)	รองศาสตราจารย์ ดร.กิระพล กาละดี	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (มสธ.)
4)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงธัญญา เตชะพิเชฐวนิช	คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
5)	พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ ดร.พิชา สุวรรณหิตาทร	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า
6)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิฏิรัตน์ พิมลศรี	คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
7)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์ มาศ ไม้ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
8)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ภิญโญ แม้นโกศล	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
9)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลีลา เตี้ยงสูงเนิน	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
10)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
11)	ดร. นายแพทย์ภาวิต หน่อไชย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
12)	ดร. นายแพทย์ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

13) ดร. แพทย์หญิงณัฐฐาภณิตา รพีพงษ์พัฒนา	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
14) ดร.มนฤดี กีรติพรานนท์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
15) ดร.สรรเสริญ สุวรรณ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
16) ดร.สุรวี ศุนาลัย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
17) แพทย์หญิงปองศิริ คุณงาม	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
18) แพทย์หญิงอาริสา แก้วเกษ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
19) รองศาสตราจารย์ ดร. เภสัชกร เนติ วระนุช	มหาวิทยาลัยนเรศวร
20) นายแพทย์กุลธนิต วนรัตน์	กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก
21) ดร.วริทธิ์ ศรีสุขทวีรัตน์	สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นสูง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
22) แพทย์หญิงรสริน คุปต์วิวัฒน์	ศูนย์ผิวหนัง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และ iSKY Center (ศูนย์ผิวหนังและเลเซอร์) มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
23) ดร. นายแพทย์บัญชา แดงเนียม	สมาคมเซลล์บำบัดไทยและสมาคมการแพทย์คีเลชั่นไทย
24) ดร.กมล ไชยสิทธิ์	สมาคมโภชนาการและสมุนไพรเชิงบูรณาการ
25) นายแพทย์ทีปทัศน์ ชุณหสวัสดิกุล	สมาคมการแพทย์มนุษยปรัชญาไทย
26) แพทย์หญิงจันทร์จิรา สวัสดิพงษ์	สถาบันโรคผิวหนัง
27) แพทย์หญิงปิ่นนรี ขัตติพัฒนาพงษ์	สถาบันโรคผิวหนัง
28) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงสุพิชชา กมลรัตนกุล	โรงพยาบาลเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล และโพรเดอร์มา คลินิก
29) พันโท นายแพทย์ปริญญา สมัครการไถ	โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า และวิทยาลัยแพทยศาสตร์ พระมงกุฎเกล้า
30) แพทย์หญิงพรรณวดี ทองเจริญศิริกุล	โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์ และคณะ แพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
31) พันโทหญิงณัฐพร สัมปัตตะวนิช	กองอายุรกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า
32) นายแพทย์เจษฎ์ บุญยวงศ์วิโรจน์	โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา
33) แพทย์หญิงพักตร์พิไล ทวีสิน	ศูนย์ส่งเสริมสุขภาพไวทัลไลฟ์ โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์
34) นายแพทย์ชลธวัช สุวรรณปิยะศิริ	โรงพยาบาลเมดพาร์ค และโรงพยาบาลสมิติเวช สุขุมวิท
35) นายแพทย์จิรเจษฎ์ สุขสุเพิ่ม	Miskawaan Health Group และโรงพยาบาลเสรีรักษ์
36) นายแพทย์กรกฎ พานิช	โรงพยาบาลนนทเวช และโรงพยาบาลธนบุรี
37) นายแพทย์พีรพงศ์ ประภากรฤทธา	โรงพยาบาลสินแพทย์ รามอินทรา

38) นายแพทย์ฉัตรชัย ศรีบัณฑิต	แอ็บโซลูท เฮลธ์ คลินิค และศูนย์การแพทย์ อคีซีส ไลฟ์
39) แพทย์หญิงอตินุช ดวงแก้ว	รีไวซ์ คลีนิก ระยอง
40) ร้อยเอกหญิง ดร.กอบกุล สุดสวนศรี	เดอมาเรสต์ คลินิก
41) นายแพทย์ธนศักดิ์ ยิ้มเกิด	Diet Doctor Center (ศูนย์สุขภาพโภชนบำบัดครบวงจร)
42) นายแพทย์นรินทร สุรสินธน	The Longevist Clinic
43) แพทย์หญิงธนพร ศรีศุภชัยยา	Medtopia Clinic
44) แพทย์หญิงวันระวี วชาติมานนท์	iSKY Center
45) นายแพทย์เกรียงไกร อ่าวอุดมพันธ์	DiO Clinic
46) นายแพทย์สันติ จตุราวิชานันท์	B'est Clinic

2. ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ

1) ศาสตราจารย์ แพทย์หญิงรังสิมา วณิชภักดีเดชา	มหาวิทยาลัยมหิดล
2) พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ ดร.พิชา สุวรรณหิตาทร	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า
3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พัฒนา เต็งอำนวย	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
4) แพทย์หญิงพักตร์พิไล ทวีสิน	S Medical Clinic
5) แพทย์หญิงสุภาณี ศุกระฤกษ์	ศูนย์ผิวหนังและความงามไวทัลไลฟ์ โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์

3. กองบรรณาธิการ

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์มาศ ไม้ประเสริฐ	บรรณาธิการ
2) ดร. นายแพทย์ภาวิต หน่อไชย	ผู้ช่วยบรรณาธิการ
3) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกราช บำรุงพืชน์	ประจำกองบรรณาธิการ
4) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รังสิต ศรจิตติ	ประจำกองบรรณาธิการ
5) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์	ประจำกองบรรณาธิการ
6) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภะรุจ เลื่องอรุณ	ประจำกองบรรณาธิการ
7) ดร. นายแพทย์ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์	ประจำกองบรรณาธิการ
8) ดร.พีระยุทธ มั่งคั่ง	ประจำกองบรรณาธิการ
9) ดร. แพทย์หญิงณัฐฐาภณิตา รพีพงษ์พัฒนา	ประจำกองบรรณาธิการ
10) แพทย์หญิงปองศิริ คุณงาม	ประจำกองบรรณาธิการ
11) แพทย์หญิงอาริสา แก้วเกษ	ประจำกองบรรณาธิการ
12) แพทย์หญิงสรวลัย รักชาติ	ประจำกองบรรณาธิการ
13) แพทย์หญิงฉัตรดาว จางวางกร	ประจำกองบรรณาธิการ
14) นายแพทย์พีรพงศ์ ประภากรฤทธา	ประจำกองบรรณาธิการ

15) นายแพทย์ณัฐกุล ลังกรณ์	ประจำกองบรรณาธิการ
16) ดร.กฤชมงคล กมลสุวรรณ	ประจำกองบรรณาธิการ
17) ดร.มนฤดี กีรติพรานนท์	ประจำกองบรรณาธิการ
18) นางสาวชิดชญา พงษ์สว่าง	เลขานุการกองบรรณาธิการ
19) นางสาวสุภัทรา อินจันท์	ผู้ช่วยเลขานุการกองบรรณาธิการ
20) ว่าที่ ร.ต.หญิง เนธิตา แสนเลิศ	ผู้ช่วยเลขานุการกองบรรณาธิการ
21) นางสาวรุ่งอรุณ วงศ์ศักดิ์	ผู้ช่วยเลขานุการกองบรรณาธิการ
22) นายณัฐพล มะเส็ง	ผู้ช่วยเลขานุการกองบรรณาธิการ

ทั้งนี้ตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม 2569 เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2569

(ดร.ดาริกา ลัทธพิพัฒน์)

อธิการบดี

สารบัญ

สารจากอธิการ I
ตารางกำหนดการงานประชุมวิชาการ II
ตารางการนำเสนอผลงานวิจัยและบทความวิชาการ X
คำสั่งแต่งตั้งผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานวิชาการและกองบรรณาธิการงานประชุมวิชาการระดับชาติสมาร์ท ครั้งที่ 8 XV

การศึกษาผลของการฉีดสารโพลี-ดี,แอล-แลคติกแอซิด (PDLLA) ต่อการเสริมความงามบริเวณร่องน้ำตา
พญ.ณัฐชา สนองคุณวรกุล 1
การศึกษาเชิงสำรวจปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกที่จำหน่ายในประเทศไทย
คุณสุพจน์ เข็มทอง 17
การประเมินความสอดคล้องระหว่างปริมาณโพรไบโอติกที่ระบุบนฉลากกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่จำหน่ายในประเทศไทย
คุณธีรศักดิ์ สุราภา 33
การศึกษาสารเคอร์คูมินในน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่ม (Functional drink) ที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์
คุณปิญารมณ์ เจริญวัชกุล 47
ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการกระตุ้นด้วย Icoone® ในการปรับลดไขมันใต้คาง:การศึกษาแบบสุ่มควบคุม ฝั่งใบหน้าแบบแยก (split-face) ในระยะนำร่อง
พญ.ศุภลักษณ์ ตั้งตรงผล 60
ประสิทธิผลและความปลอดภัยของเซรั่มเรตินอยด์ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสีที่มีสารสกัดพอลิโพเดียมลิวโคโทมอส ในผู้ป่วยชาวเอเชียที่เป็นฝ้า: การศึกษาแบบไปข้างหน้าในกลุ่มประชากร
คุณปณาลี เวชชาภินันท์ 75
การศึกษาในหลอดทดลองถึงอิทธิพลของวิธีการเตรียมสารและตัวทำละลายต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์เคมีของสารพอลิแอลแลกติกแอซิด
คุณพริมา วณิชภักดีเดชา 93
ประสิทธิภาพของครีมใบบัวบก ต่อภาวะรอยดำหลังการอักเสบความชุ่มชื้น และความยืดหยุ่นของผิว หลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน
นพ.กิตติภพ อุดมชัยฤทธิ์ 106
ค่าระดับจุดตัดที่สำคัญของการทดสอบแรงบีบมือในการคัดกรองภาวะความรู้คิดบกพร่องเล็กน้อย
พญ.ศุภัสรา มุทานนท์ 125
การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทย
คุณเพ็ญพิชญา รัตนรุ่งเรืองทวี 141

ประสิทธิผลของคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ (Dual Yellow®) ต่อการรักษารอยแดงจากสิว ในกลุ่มประชากรหญิงไทย

พญ.เกตน์นิภา รัชตะทรัพย์ 154

การศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สี

พญ.นภัสสร ลิมปกานนท์ 166

ประสิทธิผลของโปรแกรมบำบัดความเครียดด้วยการเจริญสติ (MBSR) ต่ออาการทางกายในสตรีวัยหมดประจำเดือน: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม

พญ.ปารมิตา มารศรี 179

ประสิทธิผลของ Copper Bromide laser (Dual yellow®) ต่อสิวอักเสบในเพศหญิง

พญ.วลัญช์ปพร ลิ้มพันธ์อุดม 190

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนสารเซนโนไซด์ บี ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยเรื่องการขับถ่าย ที่จำหน่ายในประเทศไทย

คุณวิลาสินี ศรีวิจิตร 202

ผลของการใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์ “กินดี” คำนวณแคลอรี่มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารในผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน : การทดลองทางคลินิกแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม

พญ.พิชญานิษฐ์ สร้อยสุวรรณ 210

การประเมินระดับออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา: การศึกษานำร่องในผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกซึ่งผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย

คุณพริม วชรประภา 225

ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการฉีดสารกรดโพลี-ดี,แอล-แลคติก (PDLLA) สำหรับการฟื้นฟูผิวหนังบริเวณหลังมือในระยะเวลา 12 สัปดาห์

พญ.กันตา ตันติชูศักดิ์ 238

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนซี-รีแอคทีฟความไวสูงกับโรคตับคั่งไขมันจากภาวะเมตาบอลิกผิดปกติ ในผู้ป่วยภาวะก่อนเบาหวาน : การศึกษาแบบย้อนหลัง

นพ.ศิรวิทย์ สถิตสมิทธ์ 250

การวิเคราะห์โลหะหนักในเมล็ดกาแฟคั่ว

คุณปรินทร์ สัจจะวิรวงศ์ 264

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่า M และการถดถอยแบบฟัซซี่แบบแกร่งเมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรง ในตัวแปรตาม

คุณณัฐวัฒน์ สุวรรณสิงห์ และคุณภูริทัต คล้ายวรรณ 275

การพัฒนาและประเมินแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย
คุณสิรวิชญ์ กีรติพรานนท์ 291
การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย
คุณอัครมณี สมใจ คุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์ คุณจันทราวุฒิ วราสินธุ์ธนสกุล และคุณสโรชินี ศิริวัฒนา 306
การพัฒนาทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21: บทบาทของการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตต่อการพัฒนาสังคม
คุณอัครมณี สมใจ คุณภัทรภร ทองนพคุณ คุณจันทราวุฒิ วราสินธุ์ธนสกุล และคุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์ 321
ความแม่นยำในการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่น Dermatophagoides pteronyssinus ด้วยการใช้ microneedle patch เปรียบเทียบกับ skin prick test
พญ.ณิชา ลิ้มตระกูล 334
ประสิทธิผลของการฉีดสารโพลีดีแอลแลคติคแอซิดต่อการรักษารอยแตกลายบริเวณท้อง: การทดลองนำร่องทางคลินิกแบบสุ่ม แบ่งครึ่งท้อง
นพ.พร้อมพงศ์ ศรีสวัสดิคุโณดม 345
การตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชในแยมสตรอว์เบอร์รี
คุณพิมพ์วรมน นรภัทรมงคล 361
การทบทวนวรรณกรรมเรื่องพิเพอรีนจากพริกไทยดำกับกระบวนการชราระดับเซลล์: ศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาว
คุณรฐา โพธิ์งาม 371
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพเลเซอร์ไดโอด 1450 nm ร่วมกับเลเซอร์สีฟ้า 450 nm เทียบกับเลเซอร์ไดโอด 1450 nm อย่างเดียวในผู้ป่วยคนไทยที่เป็นสิว การทดลองแบบสุ่มครึ่งหน้า ปกปิดข้อมูลฝ่ายเดียว
นพ.ภัควิชญ์ สุนทรพงษ์ 381
ประสิทธิผลของโฟกัสอัลตราซาวด์ความถี่สูงรูปแบบพลังงานเส้นตรงในการลดไขมันบริเวณร่องแก้ม
พญ.ศุภิสรา สิริสัณฐิติกุล 393
การศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของผลลัพธ์จากการรักษาภาวะคิ้วตกด้วยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยงในประชากรไทย
นพ.จุลดนัย จุลละครินทร์ 406
อัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอลร่วมกับคะแนนความเสี่ยงโรคเบาหวานของไทยในการพยากรณ์ความเสี่ยงเบาหวานในกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก: การศึกษาแบบย้อนหลังเชิงภาคตัดขวาง
นพ.มงคลจรัส เศรษฐ์สิริกานต์ 415

ผลของขนาดเข็มฉีดยาต่อการรอดชีวิตของเซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์
คุณเฉลิมเกียรติ บัวเหลือง 431
การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตที่วางจำหน่ายในประเทศไทย
พญ.เปมิกา นิ่มรัตนสิงห์ 444
ประสิทธิผลของโพลิดีแอลแลคติคแอซิดในการฟื้นฟูปริมาตรผิวหลังมือของอาสาสมัครคนไทย ด้วยการเจือจางปริมาตรรวม 8 มล. เปรียบเทียบกับการเจือจางปริมาตรรวม 10 มล. ในระยะเวลา 3 เดือน
พญ.พร้อมเพชร รอดสวัสดิ์ชูโชค 455
การคัดกรองสภาวะผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มโดยอาศัยปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดในกลุ่มประชากรไทย
นพ.สุริธีรเวช นพรัตน์ชนม์ 465
การศึกษาปริมาณสารโลหะหนัก ตะกั่วและแคดเมียม ในผงอะโวคาโดที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์
คุณพัชรินทร์ ว่านกระ 476
การตรวจหาปริมาณวิตามิน B12 ในเทมเป้ที่ขายในตลาดกรุงเทพฯและออนไลน์
คุณอาณัติ อธิคมปัญญาวงศ์ 488
ภาวะอ้วนและพฤติกรรมการนอนหลับปัจจัยเสี่ยงต่ออาการหยุดหายใจขณะหลับ จากการอุดกั้นในประชากรไทย
คุณณภัทร สุวรรณรุจิ คุณภูวศิษฏ์ พจน์อนันต์และคุณรุจินาภาว์ ฤทัยสิริโรจน์ 497
การเปรียบเทียบผลของการบริโภคผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำก่อนการบริโภคข้าวต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหาร
นพ.พลธวัช ลาภประกอบกิจ 512
การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันคาโนลาที่วางจำหน่ายในประเทศไทย
คุณปิยวรรณ โรจนธีรไพศาล 522
การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่วางจำหน่ายในประเทศไทย
คุณปณิตา อ่อนน้อม 535
การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่าง ๆ
คุณหนึ่งธิดา โสภณ 548
การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อในประเทศไทย
พญ.อรทัย ตั้งนภากร 559
ผลของพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนต้นแบบ
คุณพัทธนันท์ กีรติพรานนท์ คุณวรัชญ์ สิงห์ตันและคุณฐิติกานต์ ชูพุ่ม 573

ผลของความเข้มข้นของเซลล์และภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังละลายระหว่างการเก็บรักษาระยะสั้น
คุณมนตรี โตโส 588
นโยบายการกระจายอำนาจกับการบริหารจัดการพื้นที่การเรียนรู้: บทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์
คุณอัครมณี สมใจ คุณภัทรภร ทองนพคุณ คุณทชภณ กุลิสร์
และคุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์ 600
พฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล: ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์
คุณสุดาวรรณ สมใจ คุณอัครภิทย์ตา มีชัยวงค์ คุณอัครมณี สมใจ
และคุณภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์ 611
อิทธิพลของวัฒนธรรมดิจิทัลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ในสังคมไทย
คุณอัครมณี สมใจ คุณณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์ คุณชลลดา สมใจ
และคุณสโรชินี ศิริวัฒนา 627

การศึกษาผลของการฉีดสารโพลี-ดี,แอล-แลคติกแอซิด (PDLLA) ต่อการเสริมความงามบริเวณร่องน้ำตา

THE EFFECT OF INJECTABLE POLY-D,L-LACTIC ACID (PDLLA) ON THE AESTHETIC ENHANCEMENT OF TEAR TROUGHS

ณัฐชา สนองคุณวรกุล*

NUTCHA SANONGKUNWORAKUL

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66131014@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้คือเพื่อประเมินผลเบื้องต้นต่อการฟื้นฟูผิว ความพึงพอใจ และความปลอดภัยของการฉีดสารโพลี-ดี,แอล-แลคติกแอซิด (Poly-D,L-lactic acid; PDLLA) ชนิดอนุภาคทรงกลมในการแก้ไขปัญหาร่องน้ำตา (Tear Trough Deformity) การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลัง (One-group Pretest–Posttest Design) ซึ่งเป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) ในกลุ่มตัวอย่างชาวไทยที่มีปัญหาร่องน้ำตา จำนวน 10 ราย โดยกำหนดตัวชี้วัดหลัก (primary outcome) คือการฟื้นฟูของผิวบริเวณร่องน้ำตา มีผู้เข้าร่วมที่ติดตามผลครบและนำมาวิเคราะห์ได้ 9 ราย เนื่องจากมีผู้เข้าร่วม 1 รายถอนตัวจากการย้ายถิ่นฐานไปต่างประเทศระหว่างการศึกษา ผู้เข้าร่วมได้รับการฉีด PDLLA (Neofilera®) ปริมาตรข้างละ 1 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิค linear retrograde fanning ในชั้น subdermal บริเวณร่องน้ำตา และติดตามผลที่ระยะเวลา 3 เดือน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ เครื่องวิเคราะห์ผิว 3 มิติ (ANTERA 3D® CS) แบบประเมิน Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) และแบบบันทึกผลข้างเคียง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และเปรียบเทียบค่าก่อน–หลังด้วย paired t-test หรือ Wilcoxon signed-rank test (กำหนดนัยสำคัญที่ $p < 0.05$) ภายหลังการติดตามผล 3 เดือน การฉีด PDLLA สัมพันธ์กับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาตรความลึกของร่องน้ำตา (Volume of Depressions) และความขรุขระของผิว (Average Roughness; Ra) ทั้งสองข้าง โดยบริเวณใต้ตาข้างขวาค่าปริมาตรร่องน้ำตาลดลงจาก 6.38 เป็น 4.76 มิลลิเมตร^3 ($p = 0.044$) และบริเวณใต้ตาข้างซ้ายค่าปริมาตรร่องน้ำตาลดลงจาก 7.15 เป็น 5.32 มิลลิเมตร^3 ($p = 0.048$) ส่วนค่า Ra ข้างขวาลดลงจาก 10.75 เป็น 9.16 ไมโครเมตร ($p = 0.021$) และค่า Ra ข้างซ้ายลดลงจาก 11.42 เป็น 9.41 ไมโครเมตร ($p = 0.012$) และส่วนความหมองคล้ำ (Pigmentation) และความลึกของริ้วรอย (Wrinkle Depth) ของใต้ตาทั้ง 2 ข้าง มีค่าเฉลี่ยลดลงแต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผู้เข้าร่วมรายงานความพึงพอใจในระดับสูง (คะแนนเฉลี่ย 3.89 ± 0.33) โดยร้อยละ 88.89 ประเมินผลลัพธ์อยู่ในระดับดีขึ้นมาก (Much Improved) ไม่พบผลข้างเคียงรุนแรงหรือถาวร พบเพียงอาการชั่วคราว ได้แก่ บวม (ร้อยละ 100) เจ็บขณะฉีด (ร้อยละ 77.78) ก้อนนูนเล็กน้อยและผื่นแดง (ร้อยละ 33.33) ซึ่งหายได้เองภายในระยะติดตามผล ผลการศึกษานำร่องนี้บ่งชี้ว่าการฉีด PDLLA ชนิดอนุภาคทรงกลมบริเวณร่องน้ำตาสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นของการเติมเต็มร่องน้ำตาและความเรียบเนียนของผิว โดยมีความพึงพอใจสูงและพบเพียงผลข้างเคียงชั่วคราวระดับเล็กน้อยภายใน 3 เดือน PDLLA จึงอาจเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสำหรับการฟื้นฟูความงามรอบดวงตา อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเป็นการศึกษาแบบกลุ่มเดียว ไม่มีกลุ่มควบคุม ขนาดตัวอย่างจำกัด และติดตามผลเพียง 3 เดือน จึงยังไม่สามารถสรุปประสิทธิผลและความปลอดภัยระยะยาวได้ ควรมีการศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมขนาดใหญ่ในอนาคตเพื่อยืนยันผล การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โดยรองศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์ธนินทร์ อัศวิเชียรจินดา หนังสือรับรองเลขที่ DPUHREC025/67FB อนุมัติเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2568 และ ได้ลงทะเบียน ในฐานข้อมูลการวิจัยทางคลินิก เลขทะเบียน TCTR20250710002

คำสำคัญ: โพลี-ดี,แอล-แลคติกแอซิด, ร่องน้ำตา, การเสริมความงาม, การฟื้นฟูสภาพผิว, สารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน

Abstract

The purpose is to evaluate the preliminary efficacy, satisfaction, and safety of injectable spherical Poly-D,L-lactic acid (PDLLA) for the correction of tear trough deformity. Methodology: This quasi-experimental, one-group pretest–posttest pilot study enrolled 10 Thai participants with tear trough deformity The primary outcome was the aesthetic enhancement of tear troughs the volume of depressions. One participant withdrew due to permanent relocation abroad, leaving 9 participants for analysis, of whom 9 completed the 3-month follow-up and were analyzed. Each participant received 1 mL of PDLLA (Neofilera®) per side, injected into the subdermal plane along the tear trough using a linear retrograde fanning technique. Outcomes were assessed at baseline and 3 months using the ANTERA 3D® CS skin-imaging system, the Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS), and an adverse-event record. Data were analyzed with descriptive statistics and within-subject comparison using the paired t-test or the Wilcoxon signed-rank test ($p < 0.05$). Results: At 3 months, PDLLA was associated with significant reductions in the volume of depressions and average skin roughness (Ra) on both sides. On the left side, mean depression volume decreased from 7.15 to 5.32 mm^3 ($p = 0.048$) and Ra decreased from 11.42 to 9.41 μm ($p = 0.012$); On the right side, depression volume decreased from 6.38 to 4.76 mm^3 ($p = 0.044$) and Ra decreased from 10.75 to 9.16 μm ($p = 0.021$). Pigmentation and wrinkle depth showed slight, non-significant reductions ($p > 0.05$). Satisfaction was high (mean 3.89 ± 0.33), with 88.89% rating the result as "Much Improved." No serious or permanent adverse events occurred; only transient effects were observed, including swelling (100%), injection pain (77.78%), and minor lumps or erythema (33.33%), all of which resolved spontaneously. Application of this study: In this uncontrolled, single-arm pilot study, spherical PDLLA was associated with improvement in tear-trough volume and skin smoothness, with high reported satisfaction and only transient mild adverse events over 3 months, suggesting it may be a potential option for periorbital rejuvenation. Because the design was single-arm and uncontrolled, with a limited sample (9 analyzed) and only 3-month follow-up, efficacy and long-term safety cannot be confirmed; larger randomized controlled trials are warranted.

Keywords: Poly-D,L-lactic acid (PDLLA), tear trough, aesthetic enhancement, skin rejuvenation, collagen biostimulator

บทนำ

ในปัจจุบันการเสริมสร้างความมั่นใจและภาพลักษณ์ได้รับความสำคัญมากขึ้น ส่งผลให้ความนิยมในการทำหัตถการความงามเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณรอบดวงตาซึ่งเป็นจุดสำคัญของใบหน้าและเป็นบริเวณแรกที่ผู้คนมักสังเกตเห็น มีการศึกษาพบว่าบริเวณดวงตาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการรับรู้ความน่าดึงดูดและจัดเป็นบริเวณที่ผู้คนต้องการเข้ารับการรักษามากที่สุดบริเวณหนึ่ง[1] เมื่อเกิดปัญหาบริเวณใต้ตา เช่น ริ้วรอย การยุบตัวของเปลือกตาล่างจนเกิดร่องน้ำตา หรือความหย่อนคล้อยของผิวหนัง อาจทำให้ใบหน้าดูเหนื่อยล้าหรือดูมีอายุมากกว่าวัย ร่องน้ำตา (Tear Trough Deformity) จึงเป็นปัญหาความงามที่ผู้คนกังวลมากที่สุดปัญหาหนึ่ง[2] การรักษาทำได้ทั้งการผ่าตัดและไม่ผ่าตัด แต่เนื่องจากการรักษาแบบไม่ผ่าตัดใช้เวลาพักฟื้นน้อยกว่า ผู้คนจึงนิยมมากกว่า โดยวิธีที่ได้รับความนิยมที่สุดคือการฉีดสารเติมเต็มกรดไฮยาลูโรนิก ซึ่งตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 มีการใช้เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 300[2] และในปี ค.ศ. 2022 จัดเป็นหัตถการความงามที่ทำมากเป็นอันดับที่สองของโลก[3]

อย่างไรก็ตาม การฉีดสารเติมเต็มกรดไฮยาลูโรนิกบริเวณที่บอบบางอย่างใต้ตาและร่องน้ำตาต้องอาศัยความเชี่ยวชาญสูง และพบผลข้างเคียงตามมาได้ เช่น ปรากฏการณ์ทินดอลล์ (Tyndall effect) การเกิดก้อนหรือเป็นลำ และภาวะเติมเต็มมากเกินไปจนดูไม่เป็นธรรมชาติ[4-6] มีงานวิจัยที่รวบรวมผู้ป่วย 1,535 ราย รายงานการเกิดก้อนหรือเป็นลำใต้ตาร้อยละ 8.27, ปรากฏการณ์ทินดอลล์ร้อยละ 5.41 และการเคลื่อนของสารเติมเต็มร้อยละ 1.95 (ตัวเลขทั้งหมดอ้างอิงจากแหล่งเดียวกัน)[2] ขณะที่ไม่พบผลข้างเคียงทั้งสามรายการในกลุ่มที่ได้รับการฉีดสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน[2] จึงมีการนำสารกลุ่มกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน (Collagen Biostimulator) มาใช้มากขึ้น เนื่องจากกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน เพิ่มความยืดหยุ่นและคุณภาพผิว ลดริ้วรอยและความหมองคล้ำ พร้อมเติมเต็มร่องลึก โดยมีผลข้างเคียงต่ำ ย่อยสลายได้เองและเข้ากันได้ดีกับเนื้อเยื่อ[7]

สารกลุ่มนี้มีหลายชนิด ได้แก่ PLLA, PDLLA, พอลินิวคลีโอไทด์ และแคลเซียมไฮดรอกซีอะพาไทต์ โดย PLLA ที่ใช้ในปัจจุบันมีโมเลกุลเป็นแผ่นขนาดใหญ่และละลายค่อนข้างยาก[8] ส่วน PDLLA มีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมขนาดเล็กที่กระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและอีลาสติน โดยมีรายงานคุณสมบัติด้านการกระจายตัวและความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี[9,10] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีหลักฐานเปรียบเทียบโดยตรง (head-to-head) ระหว่าง PDLLA กับ PLLA บริเวณร่องน้ำตา จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าชนิดใดเหนือกว่าหรือเสี่ยงต่ำกว่ากันในบริบทนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้อมูลการใช้ PDLLA ชนิดอนุภาคทรงกลมแบบ compact beads ที่ไม่มีรูพรุนบริเวณร่องน้ำตายังมีจำกัดมาก เนื่องจากงานวิจัยก่อนหน้าส่วนใหญ่ใช้ PDLLA ชนิดฟองน้ำ (spongy form) การศึกษานี้จึงเลือกใช้ PDLLA ชนิดอนุภาคทรงกลมแบบ compact beads เพื่อศึกษาผลเบื้องต้นบริเวณร่องน้ำตา อันเป็นที่มาของการศึกษาครั้งนี้

คำถามและวัตถุประสงค์การวิจัย

คำถามการวิจัย: การฉีดสาร PDLLA บริเวณร่องน้ำตามีประสิทธิภาพในการเติมเต็มร่องน้ำตา เพิ่มความเรียบเนียน ลดความหมองคล้ำ และลดริ้วรอยใต้ตาหรือไม่ มีผลข้างเคียงอย่างไร และผู้รับการรักษามีความพึงพอใจหลังการรักษา 3 เดือนเพียงใด

วัตถุประสงค์หลัก: เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการฟื้นฟูผิวบริเวณร่องน้ำตาของการฉีดสาร PDLLA หลังฉีดเป็นเวลา 3 เดือน

วัตถุประสงค์รอง

1. เพื่อศึกษาผลข้างเคียงจากการฉีดสาร PDLLA บริเวณร่องน้ำตา
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้รับการรักษาหลังได้รับการฉีดสาร PDLLA บริเวณร่องน้ำตาเป็นเวลา 3 เดือน

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

กายวิภาคและการเกิดร่องน้ำตา

ร่องน้ำตา (Tear Trough) คือร่องลึกบริเวณเปลือกตาล่างด้านใน มีขอบบนคือ lacrimal crest ขอบล่างคือ inferior orbital rim และขอบข้างคือแนวดิ่งสมมุติจากแกนรูม่านตา การเกิดร่องน้ำตาเป็นปัญหาหลายปัจจัย เกิดจากการหย่อนและเคลื่อนของไขมันใต้ตาผ่านความหย่อนของผนังกั้น การถอยร่นของกระดูกขอบเบ้าตาล่างตามอายุ การยื่นของไขมันชั้นลึกใต้กล้ามเนื้อ (SOOF) ความบางของผิวหนัง และการสูญเสียไขมันและความยืดหยุ่น[4,7] การเข้าใจโครงสร้างเหล่านี้ช่วยให้เลือกเทคนิคการรักษาได้เหมาะสม

ปัจจุบันการแก้ไขร่องน้ำตามีทั้งการผ่าตัดและไม่ผ่าตัด เช่น สารเติมเต็มกรดไฮยาลูโรนิกชนิดเชื่อมพันธะ เครื่องกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน และการฉีดสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน การฉีดในชั้นที่ไม่ตรงกับปัญหาอาจทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้[5,6] ผลข้างเคียงที่พบบ่อยจากการฉีดกรดไฮยาลูโรนิก ได้แก่ บวม ช้ำ ปฏิกิริยาภูมิแพ้ ปรากฏการณ์ทินดอลล์ การอุดตันของหลอดเลือด การติดเชื้อ ผิวไม่เรียบ และก้อนที่สัมพันธ์กับการอักเสบ[8-10] จึงมีการนำสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนมาใช้มากขึ้น

คุณสมบัติและกลไกของสาร PDLLA

กรดโพลีแลคติก (PLA) ถูกสังเคราะห์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1954 และใช้เป็นวัสดุทางการแพทย์อย่างปลอดภัย ประกอบด้วยรูปแบบ PLLA, PDLLA และ meso-PLA[11,12] โดย PDLLA มีโครงสร้างพอลิเมอร์แบบอสัณฐาน (amorphous) ที่กระจาย L- และ D-lactic acid แบบสุ่ม ป้องกันการเกิดผลึกขนาดใหญ่ ย่อยสลายอย่างค่อยเป็นค่อยไปเป็นกรดแลคติกที่ร่างกายเผาผลาญได้ จึงมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพสูง[12,13]

งานวิจัยทั้งในสัตว์และมนุษย์แสดงว่า PLLA และ PDLLA กระตุ้นการสังเคราะห์คอลลาเจนได้[13-16] โดย PDLLA มีลักษณะเป็นไมโครสเฟียร์ขนาดเล็ก ขณะที่ PLLA เป็นอนุภาคแผ่นไม่สม่ำเสมอ การศึกษาในสัตว์ทดลองของ Lin และคณะ รายงานว่าไมโครสเฟียร์ PDLLA มีความปลอดภัย ไม่ก่อการอักเสบอย่างมีนัยสำคัญ และให้ผลสูงสุดที่ 12 สัปดาห์[13]

ในระดับกลไก มีรายงานว่า PDLLA กระตุ้นการสร้างเส้นเลือดใหม่ (angiogenesis) ผ่านการเพิ่ม HSP90, HIF-1α และ VEGF ตามเส้นทาง PI3K/AKT และ ERK1/2 ร่วมกับการเพิ่ม TGF-β และความหนาแน่นของคอลลาเจน จึงอาจช่วยฟื้นฟูผิวที่เสื่อมตามวัย[17] สอดคล้องกับการศึกษาของ Seo และคณะที่ใช้ PDLLA ร่วมกับกรดไฮยาลูโรนิกชนิดไม่เชื่อมพันธะในอาสาสมัคร 16 ราย พบคุณภาพผิวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และเพิ่มคอลลาเจนและอีลาสตินในชั้นหนังแท้[18]

การรักษาร่องน้ำตาด้วยสาร PDLLA

การศึกษาของ Lin และ Lin (ค.ศ. 2022) ซึ่งฉีด PDLLA (AestheFill; REGEN) บริเวณเปลือกตาล่างในผู้ป่วยชาวเอเชียมากกว่า 100 ราย ด้วยเทคนิค fanning ในชั้นใต้ผิวหนัง รายงานว่าร่องน้ำตาตื้นลง ความหย่อนคล้อยลดลง ผิวยืดหยุ่นและกระจ่างใสขึ้น โดยไม่พบผลข้างเคียงรุนแรง พบเพียงบวม แดง และช้ำชั่วคราว[19] นอกจากนี้ยังมีรายงานเทคนิคการเตรียมสารและการประเมินความปลอดภัยของ PDLLA ที่สนับสนุนการใช้ทางคลินิก[14,20]

สมมติฐานการวิจัย

การฉีดสาร PDLLA บริเวณร่องน้ำตาสามารถ (1) เติมเต็มร่องน้ำตา (2) เพิ่มความเรียบเนียนของผิวใต้ตา (3) ลดความหมองคล้ำของผิวใต้ตา และ (4) ลดริ้วรอยใต้ตาได้ มีผลข้างเคียงในระดับที่ยอมรับได้ และผู้รับการรักษามีความพึงพอใจในระดับสูงหลังการรักษา 3 เดือน ภายใต้กรอบแนวคิดการวิจัยนี้ คาดว่า PDLLA จะส่งผลต่อตัวแปรผลลัพธ์หลักแต่ละตัวผ่านการกระตุ้นคอลลาเจนและการปรับโครงสร้างเนื้อเยื่อ กล่าวคือ การเพิ่มปริมาตรเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังช่วยลดปริมาตรความลึกของร่องน้ำตา (Volume of Depressions) การสร้างคอลลาเจนใหม่ในชั้นหนังแท้ช่วยลดความขรุขระของผิว (Ra) และริ้วรอย ส่วนผลต่อความหมองคล้ำคาดว่าจะน้อยกว่า เนื่องจากกลไกมิได้มุ่งยับยั้งการสร้างเม็ดสีโดยตรง เมื่อเปรียบเทียบหลักฐานเชิงประจักษ์ระหว่างสารเติมเต็มกรดไฮยาลูโรนิกกับ PDLLA ในบริเวณร่องน้ำตาโดยตรง พบว่างานวิจัยด้าน HA filler มีจำนวนมากกว่าและมีข้อมูลระยะยาวมากกว่า แต่มีรายงานภาวะแทรกซ้อนเฉพาะที่ เช่น ก้อน ปรากฏการณ์ทินดอลล์ และการเคลื่อนตัวของสาร ในขณะที่งานวิจัยการฉีด PDLLA บริเวณร่องน้ำตาโดยเฉพาะยังมีจำนวนจำกัด ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กหรือใช้ PDLLA ชนิดฟองน้ำ (spongy form) ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบโดยตรง (head-to-head) ระหว่าง PDLLA ชนิดอนุภาคทรงกลมกับ HA filler ในบริเวณนี้ จึงเป็นช่องว่างงานวิจัยที่การศึกษานี้มุ่งตอบ

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One-group Pretest–Posttest Design) เป็นการศึกษาแบบเปิด ไม่มีการสุ่ม และไม่มีกลุ่มควบคุม (open-label, non-blinded, non-randomized) เนื่องจากเป็นการศึกษานำร่อง (pilot study) ของสารชนิดใหม่ที่ยังไม่เคยมีการศึกษาในบริบทนี้มาก่อน โดยกำหนดตัวแปรผลลัพธ์หลัก (primary

outcome) ไว้ล่วงหน้า คือ ปริมาตรความลึกของร่องน้ำตา (Volume of Depressions) และความขรุขระของผิว (Average Roughness; Ra) ความหมองคล้ำ (Pigmentation) ความลึกของริ้วรอย (Wrinkle Depth) ที่ระยะเวลา 3 เดือน ส่วนตัวแปรผลลัพธ์รอง (secondary outcomes) ได้แก่ ความพึงพอใจ (GAIS) และผลข้างเคียง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ชาวไทยเพศชายหรือหญิง อายุ 20–50 ปี กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ที่มีปัญหาร่องน้ำตาและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยพร้อมลงนามยินยอม เนื่องจากเป็นการศึกษานำร่อง จึงกำหนดขนาดตัวอย่าง 10 ราย ซึ่งสอดคล้องกับข้อแนะนำของการศึกษาเบื้องต้นที่เสนอขนาดตัวอย่างระหว่าง 10–30 ราย[21] โดยใช้การเลือกตัวอย่างแบบไม่สุ่ม ในระหว่างการศึกษามีผู้เข้าร่วม 1 รายย้ายถิ่นฐานถาวรไปต่างประเทศและเข้าเกณฑ์การถอนตัว ทำให้มีผู้เข้าร่วมที่ติดตามผลครบและนำมาวิเคราะห์ได้ 9 ราย ดังแสดงในภาพที่ 1

เกณฑ์คัดเข้า: ชาวไทยอายุ 20–50 ปี ที่ต้องการฟื้นฟูผิวบริเวณร่องน้ำตา มีสุขภาพแข็งแรงทั้งกายและใจ และยินยอมเข้าร่วมโครงการตลอดการศึกษา

เกณฑ์คัดออก: ตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร มีแผลเปิด แผลติดเชื้อ หรือแผลเป็นบริเวณที่ฉีด มีประวัติแผลเป็นนูนชนิดคีลอยด์ มีภาวะเลือดออกผิดปกติหรือโรคทางพันธุกรรมเกี่ยวกับการสร้างคอลลาเจน มีประวัติผ่าตัดบริเวณใต้ตา ได้รับสารเติมเต็ม สารกระตุ้นคอลลาเจน โบทูลินัมท็อกซิน เมโสเทอราพี หรือเลเซอร์กระตุ้นคอลลาเจนบริเวณใต้ตาภายใน 6 เดือน มีประวัติแพ้ยาชาหรือแพ้ส่วนประกอบของ PDLLA รับประทานยาหรืออาหารเสริมที่มีผลต่อการแข็งตัวของเลือดภายใน 2 สัปดาห์ก่อนหัตถการ หรืออยู่ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัยอื่น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

(1) เครื่องถ่ายภาพและวิเคราะห์สภาพผิวใบหน้า ANTERA 3D® CS version 3.0 (Miravex, Ireland) ซึ่งใช้เทคโนโลยี multispectral imaging และ 3D topography วัดลักษณะผิวเชิงปริมาณโดยไม่สัมผัสผิวโดยตรง มีรายงานความน่าเชื่อถือในการประเมินผลลัพธ์ทางผิวหนังอย่างแพร่หลาย[22-24] โดยวัด 4 ค่า ได้แก่ การเติมเต็มร่องน้ำตา (Volume of Depressions) ความเรียบเนียนของผิว (Average Roughness; Ra) ความหมองคล้ำ (Average level of Pigmentation) และความลึกของริ้วรอย (Average depth of Wrinkle) (2) แบบบันทึกความพึงพอใจด้วย Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) การประเมินคะแนน GAIS ดำเนินการโดยผู้ป่วยเอง โดยไม่มีการปกปิด (non-blinded) เนื่องจากเป็นการศึกษาแบบเปิด (open-label) (3) แบบบันทึกผลข้างเคียง (4) เอกสารชี้แจงและใบยินยอมเข้าร่วมโครงการ และ (5) สารเติมเต็ม PDLLA ยี่ห้อ Neofilera®

วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บข้อมูล

ภายหลังผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยและคัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลพื้นฐาน ตรวจร่างกาย และถ่ายภาพวิเคราะห์ผิวด้วย ANTERA 3D® CS ทั้งสองข้างก่อนทำหัตถการ ก่อนทำ

หัตถการมีการประเมินระดับความรุนแรงของร่องน้ำตาเบื้องต้น (baseline severity) ด้วยการตรวจทางคลินิกและบันทึกภาพมาตรฐาน การถ่ายภาพด้วย ANTERA 3D® CS ดำเนินการโดยผู้ปฏิบัติคนเดียวกันตลอดการศึกษา ภายใต้สภาพแสงที่ควบคุม ระยะและมุมกล้องคงที่ และจัดท่าศีรษะให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันทั้งก่อนและหลังการรักษา โดยกำหนดขอบเขตการวัด (region of interest; ROI) บริเวณร่องน้ำตาด้วยแม่แบบเดียวกันในการวัดทั้งสองครั้งเพื่อความสม่ำเสมอ ส่วนการประเมิน GAIS เป็นการประเมินโดยผู้รับการรักษาเอง (patient-rated) จากนั้นทายาชาที่มีส่วนผสมของ lidocaine บริเวณใต้ตา 45 นาที เพื่อลดความเจ็บระหว่างทำหัตถการ[25] ทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ฉีดยาชา lidocaine with adrenaline 0.1 มิลลิลิตร ด้วยเข็มเบอร์ 30G และใช้เข็มนำเบอร์ 23G เจาะเปิดผิว (pre-hole) ก่อนฉีดสาร PDLLA สาร PDLLA (Neofilera®) เตรียมโดยผสม 1 vial กับ sterile water 9 มิลลิลิตร และ lidocaine without adrenaline 1 มิลลิลิตร รวมเป็น 10 มิลลิลิตร ฉีดด้วยเข็มปลายทู่ (blunt cannula เบอร์ 25G) เทคนิค linear retrograde fanning ในชั้น subdermal บริเวณร่องน้ำตา ปริมาตรข้างละ 1 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง

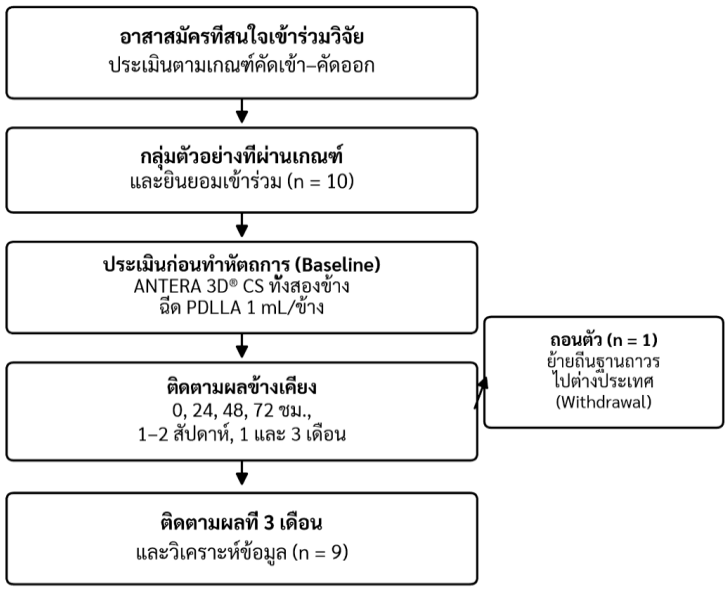
หลังฉีดผู้เข้าร่วมได้รับคำแนะนำการปฏิบัติตัว (งดกด บีบ นวด งดเลเซอร์และทรีตเมนต์ใต้ตา งดซาวน่าและการทำหัตถการซ้ำ งดแอลกอฮอล์และบุหรี่ 2 สัปดาห์) และติดตามผลข้างเคียงที่ทันทีหลังฉีด (0 ชั่วโมง), 24, 48, 72 ชั่วโมง, 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์, 1 เดือน และ 3 เดือน เมื่อครบ 3 เดือนจึงนัดติดตามผลเพื่อถ่ายภาพวิเคราะห์ผิว เก็บคะแนนความพึงพอใจ (GAIS) และผลข้างเคียง แล้วเปรียบเทียบข้อมูลก่อน–หลังทางสถิติ การศึกษาดำเนินการ ณ สถานประกอบการพยาบาล S-Mart Anti-Aging Wellness Center ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2568

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน และค่าสูงสุด–ต่ำสุด) สำหรับการเปรียบเทียบค่าก่อนและหลังการรักษา ทดสอบการแจกแจงของผลต่างด้วย Shapiro–Wilk test แล้วเลือกใช้ paired t-test เมื่อข้อมูลแจกแจงปกติ และ Wilcoxon signed-rank test เมื่อข้อมูลไม่แจกแจงปกติ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ส่วนคะแนนความพึงพอใจ (GAIS) นำเสนอเป็นค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอไทล์ (IQR) และผลข้างเคียงรายงานเป็นจำนวนและร้อยละ นอกจากนี้ได้รายงานผลต่างของค่าเฉลี่ย (mean difference) พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% และขนาดอิทธิพล (effect size) โดยใช้ Cohen's dz สำหรับ paired t-test และ $r = Z/\sqrt{N}$ สำหรับ Wilcoxon signed-rank test ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษานี้มีการทดสอบสมมติฐานทั้งสิ้น 8 ครั้ง (4 พารามิเตอร์ × 2 ข้าง) ผู้วิจัยกำหนดให้ Volume of Depressions เป็นตัวชี้วัดหลัก (primary outcome) และแปลผลตัวแปรอื่นในลักษณะตัวชี้วัดรองเชิงสำรวจ (exploratory secondary outcomes) โดยไม่มีการปรับค่านัยสำคัญแบบ Bonferroni ทั้งนี้ผลการทดสอบพารามิเตอร์รองควรได้รับการยืนยันในการศึกษาต่อไปที่มีการควบคุม multiple comparisons อย่างเหมาะสม ซึ่งระบุไว้เป็นข้อจำกัดของการศึกษา

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยรองศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์ธนินทร์ อัศววิเชียรจินดา หนังสือรับรองเลขที่ DPUHREC025/67FB อนุมัติเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2568 และ ได้ลงทะเบียน ในฐานข้อมูลการวิจัยทางคลินิก เลขทะเบียน TCTR20250710002 การศึกษานี้ดำเนินการตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ทั้งหลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์และไม่ก่ออันตราย และหลักความยุติธรรม อาสาสมัครทุกรายได้รับคำชี้แจงครบถ้วนและลงนามยินยอมโดยอิสระ ข้อมูลส่วนบุคคลถูกเก็บเป็นความลับด้วยระบบรหัสและการเข้ารหัสไฟล์



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการติดตามผู้เข้าร่วมวิจัย

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์มีจำนวน 9 ราย ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 6 ราย (ร้อยละ 66.67) และเพศชาย 3 ราย (ร้อยละ 33.33) อายุเฉลี่ย 30.11 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.25) น้ำหนักเฉลี่ย 65.22 กิโลกรัม (9.94) และส่วนสูงเฉลี่ย 165.89 เซนติเมตร (7.22) ดังตารางที่ 1 โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.78) มีสุขภาพแข็งแรงไม่มีโรคประจำตัว และร้อยละ 44.44 ไม่เคยทำหัตถการบริเวณใบหน้ามาก่อน

ตารางที่ 1 ข้อมูลประชากรและข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย (n = 9)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
เพศชาย	3 (33.33)	–	–
เพศหญิง	6 (66.67)	–	–
อายุ (ปี)	–	30.11	4.25
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	–	65.22	9.94
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	–	165.89	7.22

ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความพึงพอใจต่อผลการรักษาในระดับสูง โดยคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ± 0.33 ค่ามัธยฐานเท่ากับ 4 (IQR 4–4) เมื่อประเมินด้วย GAIS พบว่าร้อยละ 88.89 (8 ราย) ประเมินผลลัพธ์อยู่ในระดับดีขึ้นมาก (Much Improved) และร้อยละ 11.11 (1 ราย) อยู่ในระดับดีขึ้น (Improved) ดังตารางที่ 2 สะท้อนผลลัพธ์ที่สม่ำเสมอและมีความแปรปรวนต่ำในกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมวิจัยด้วย GAIS (n = 9)

ตัวแปร	ค่า
คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.89 ± 0.33
ค่ามัธยฐาน (พิสัยระหว่างควอไทล์)	4 (4–4)
ดีขึ้นมาก (Much Improved), จำนวน (ร้อยละ)	8 (88.89)
ดีขึ้น (Improved), จำนวน (ร้อยละ)	1 (11.11)

ผลข้างเคียงจากการรักษา

ตลอดระยะเวลาการติดตามผล 3 เดือน ไม่พบผลข้างเคียงรุนแรง (serious adverse events) หรือภาวะแทรกซ้อนที่ต้องได้รับการรักษาเพิ่มเติม ผลข้างเคียงที่พบทั้งหมดอยู่ในระดับเล็กน้อยถึงเล็กน้อยมาก เกิดในช่วง 0–72 ชั่วโมงแรกหลังทำหัตถการ และหายได้เองภายใน 1 สัปดาห์ โดยอาการที่พบมากที่สุดคืออาการบวม (ร้อยละ 100) รองลงมาคือความเจ็บขณะฉีด (ร้อยละ 77.78) ก้อนนูนเล็กน้อยและผื่นแดง (ร้อยละ 33.33) ดังตารางที่ 3 ไม่พบการเกิดก้อนแข็งถาวร (granuloma) เนื้อตาย หรือการติดเชื้อ

ตารางที่ 3 อุบัติการณ์ผลข้างเคียงที่พบอย่างน้อย 1 ครั้งตลอดระยะติดตามผล (n = 9)

ผลข้างเคียง	จำนวน (ราย)	ร้อยละ
อาการบวมบริเวณที่ฉีด	9	100.00
ความเจ็บหรือปวดบริเวณที่ฉีด	7	77.78
ก้อนนูนในตำแหน่งที่ฉีด	3	33.33
ผื่นแดงบริเวณที่ฉีด	3	33.33
รอยช้ำบริเวณที่ฉีด	1	11.11
อาการคันบริเวณที่ฉีด	1	11.11
ผลข้างเคียงรุนแรง	0	0.00

หมายเหตุ: ผู้เข้าร่วมวิจัยหนึ่งรายอาจมีผลข้างเคียงมากกว่าหนึ่งรายการ และผลข้างเคียงทั้งหมดเป็นอาการชั่วคราวที่ลดลงอย่างรวดเร็วใน 72 ชั่วโมง และหายได้เองในระยะเวลาไม่เกิน1สัปดาห์หลังได้รับการฉีดสาร PDLLA

ผลการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ผิวหนังก่อนและหลังการรักษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยเครื่อง ANTERA 3D® CS เปรียบเทียบก่อนและหลังฉีด PDLLA 3 เดือน (ตารางที่ 4 และภาพที่ 2) พบว่าค่าปริมาตรความลึกของร่องน้ำตา (Volume of Depressions) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองข้าง โดยข้างซ้ายลดลงจาก 7.15 ± 4.02

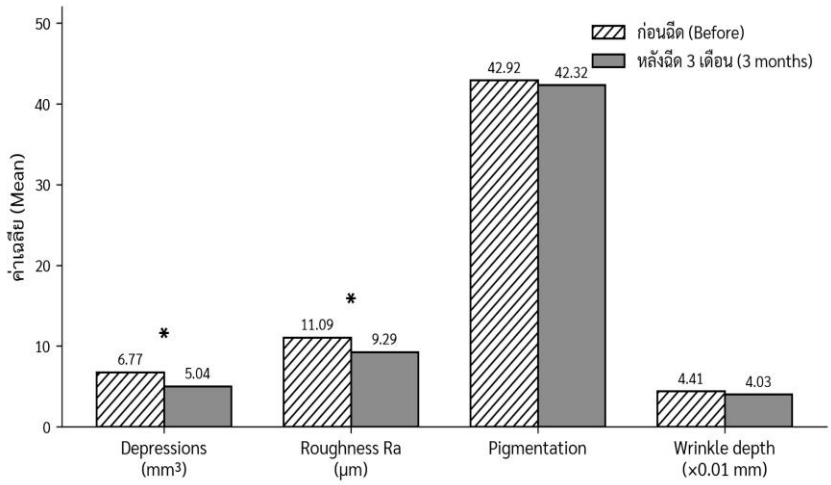
เป็น 5.32 ± 2.84 มิลลิเมตร³ (Δ = −1.83 มม.³) (paired t-test, p = 0.048) และข้างขวาลดลงจาก 6.38 ± 3.42 เป็น 4.76 ± 2.33 มิลลิเมตร³ (Δ = −1.62 มม.³) (paired t-test, p = 0.044)

ค่าความขรุขระของผิว (Average Roughness; Ra) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองข้างเช่นกัน โดยข้างซ้ายลดลงจาก 11.42 ± 3.41 เป็น 9.41 ± 1.92 ไมโครเมตร (Δ = −2.01 μm) (Wilcoxon signed-rank test, p = 0.012) และข้างขวาลดลงจาก 10.75 ± 3.09 เป็น 9.16 ± 1.76 ไมโครเมตร (Δ = −1.59 μm) (Wilcoxon signed-rank test, p = 0.021) ในขณะที่ค่าความหมองคล้ำ (Pigmentation) และความลึกของริ้วรอย (Wrinkle Depth) มีแนวโน้มลดลงทั้งสองข้างแต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05) (เช่น Pigmentation ข้างขวา Δ = −0.63; Wrinkle ข้างขวา Δ = −0.0034 มม.) เนื่องจากขนาดตัวอย่างน้อย (n = 9) ค่า p บางค่าใกล้เกณฑ์นัยสำคัญ และไม่ได้ปรับการเปรียบเทียบพหุคูณ จึงควรรายงานผลที่ไม่มีนัยสำคัญอย่างสมดุลและตีความผลด้วยความระมัดระวัง

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ผิวหนังก่อนและหลังฉีด PDLLA 3 เดือน จำแนกตามข้าง (n = 9)

พารามิเตอร์ (ข้าง)	ก่อน $\bar{X}$	ก่อน S.D.	หลัง $\bar{X}$	หลัง S.D.	p-value
Depressions ซ้าย (mm³)	7.15	4.02	5.32	2.84	0.048*
Depressions ขวา (mm³)	6.38	3.42	4.76	2.33	0.044*
Roughness Ra ซ้าย (μm)	11.42	3.41	9.41	1.92	0.012*
Roughness Ra ขวา (μm)	10.75	3.09	9.16	1.76	0.021*
Pigmentation ซ้าย	43.31	6.21	42.74	6.55	0.311
Pigmentation ขวา	42.53	5.67	41.90	5.94	0.284
Wrinkle ซ้าย (mm)	0.0452	0.0108	0.0410	0.0082	0.168
Wrinkle ขวา (mm)	0.0430	0.0097	0.0396	0.0073	0.151

หมายเหตุ: * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.05; เปรียบเทียบค่าก่อน–หลังด้วย paired t-test (Depressions) และ Wilcoxon signed-rank test (Roughness, Ra) ส่วน Pigmentation และ Wrinkle เลือกใช้สถิติตามผลการทดสอบการแจกแจงด้วย Shapiro–Wilk



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพารามิเตอร์ผิวหนัง คำนวณจากค่าเฉลี่ยของข้างซ้ายและข้างขวาตามตารางที่ 4 ก่อนและหลังฉีด PDLLA 3 เดือน (*หมายถึงมีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองข้างที่ p < 0.05)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงว่าการฉีดสาร PDLLA ชนิดอนุภาคทรงกลมบริเวณร่องน้ำตาสัมพันธ์กับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาตรร่องน้ำตา (Volume of Depressions) และความขรุขระของผิว (Ra) ทั้งสองข้างที่ระยะเวลา 3 เดือน การลดลงของปริมาตรร่องน้ำตาอาจสะท้อนการปรับโครงสร้างผิวซึ่งสัมพันธ์กับการ remodeling ของเนื้อเยื่อและการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน ที่มักต้องใช้เวลาจึงเห็นผลในช่วง 3 เดือน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin และ Lin ที่พบว่าการฉีด PDLLA บริเวณเปลือกตาล่างทำให้ร่องน้ำตาตื้นลงและผิวยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น[19] โดยกลไกอาจอธิบายได้จากการที่ PDLLA กระตุ้น angiogenesis ผ่านเส้นทาง HSP90/HIF-1α/VEGF ร่วมกับการเพิ่มการสังเคราะห์คอลลาเจน[17,18] ทั้งนี้การลดลงของค่า Ra ถือเป็นตัวชี้วัดเชิงคลินิกที่สำคัญ เนื่องจากความเรียบเนียนของผิวเป็นสิ่งที่ผู้รับการรักษารับรู้ได้ชัดเจนและสัมพันธ์กับความพึงพอใจ

ในส่วนของความหมองคล้ำ (Pigmentation) และความลึกของริ้วรอย (Wrinkle Depth) แม้มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องจากกลไกของ PDLLA มุ่งเน้นการปรับโครงสร้างผิวมากกว่าการยับยั้งการสร้างเม็ดสีโดยตรง อีกทั้งความหมองคล้ำได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายนอก เช่น แสงแดดและการดูแลผิว ส่วนการลดความลึกของริ้วรอยเป็นผลเชิงโครงสร้างที่ต้องอาศัยเวลา[4] ประกอบกับขนาดตัวอย่างที่จำกัด (n = 9) อาจไม่เพียงพอที่จะแสดงความแตกต่างในตัวแปรที่มีความแปรปรวนสูง ด้านความปลอดภัย การศึกษานี้ไม่พบการเกิดก้อนแข็งถาวร (granuloma) ในระยะติดตามผล ซึ่งอาจสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่าอนุภาคทรงกลมของ PDLLA มีแนวโน้มเกิดปฏิกิริยาต่อต้านน้อย แม้ยังไม่มีการเปรียบเทียบโดยตรงกับ PLLA ในการศึกษานี้โดยพบเพียงอาการบวม เจ็บ ช้ำ ก้อนนูนเล็กน้อย และผื่นแดงชั่วคราวที่หายได้เอง สอดคล้องกับลักษณะผลข้างเคียงของการฉีดสารเติมเต็มทั่วไป[8,9] และสอดคล้องกับการศึกษา PDLLA ก่อนหน้าที่รายงานความปลอดภัยในระยะการติดตามที่จำกัด[13,19] นอกจากนี้ความสอดคล้องของผลลัพธ์ระหว่างใต้ตาทั้งสองข้างในตัวแปรหลักยังสนับสนุนความน่าเชื่อถือของผลและลดความเป็นไปได้ของอคติจากตำแหน่งผิวหนัง

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้เป็นแบบกลุ่มเดียว ไม่มีกลุ่มควบคุม ไม่สุ่ม และไม่ปกปิด การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้จึงอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นนอกเหนือจากตัวสาร เช่น ผลของการคาดหวัง (placebo effect) การถดถอยสู่ค่าเฉลี่ย (regression to the mean) ภาวะบวมหลังหัตถการ (edema) หรือความผันแปรตามธรรมชาติของผิว (natural variation) ประกอบกับมีการทดสอบหลายตัวแปรโดยไม่ได้ปรับ multiplicity และค่า p บางค่าใกล้เกณฑ์นัยสำคัญ จึงควรตีความผลด้วยความระมัดระวัง สำหรับด้านความปลอดภัย ผลที่รายงานครอบคลุมเฉพาะระยะ 3 เดือนเท่านั้น จึงยังไม่สามารถสรุปภาวะแทรกซ้อนระยะยาว เช่น ก้อนชนิดเกิดภายหลัง (delayed nodule) หรือ granuloma ได้

ข้อจำกัดของการศึกษา: (1) ขนาดตัวอย่างน้อยเนื่องจากเป็นการศึกษานำร่อง (2) ระยะเวลาติดตามผลเพียง 3 เดือน (3) ไม่ได้ควบคุมปัจจัยร่วมที่อาจมีผลต่อความหมองคล้ำและความลึกของริ้วรอยอย่างเข้มงวด นอกจากนี้ การประเมินคะแนนความพึงพอใจด้วย GAIS และการอ่านผลภาพถ่ายด้วย ANTERA 3D

ดำเนินการแบบไม่ปกปิด (non-blinded) ซึ่งอาจก่อให้เกิดอคติจากผู้ประเมิน (assessment bias) โดยเฉพาะ GAIS ซึ่งเป็นการประเมินเชิงอัตวิสัย (subjective) การศึกษาในอนาคตจึงควรใช้ผู้ประเมินที่ปกปิด (blinded assessor) และสุ่มลำดับภาพก่อน–หลังเพื่อลดอคติดังกล่าว (4) ไม่มีกลุ่มควบคุมและไม่มีการสุ่ม ซึ่งอาจจำกัดการสรุปผลไปยังประชากรทั่วไป และ (5) ไม่มีการปกปิด (non-blinded) การประเมิน GAIS เป็นแบบรายงานด้วยตนเอง (self-report) จึงอาจเกิดอคติ และการทดสอบหลายตัวแปรไม่ได้ปรับ multiplicity

สรุปผลการวิจัย

การฉีดสารโพลี-ดี,แอล-แลคติกแอซิด (PDLLA) ชนิดอนุภาคทรงกลมบริเวณร่องน้ำตาในกลุ่มตัวอย่าง 9 ราย สัมพันธ์กับการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาตรร่องน้ำตา (Volume of Depressions) และความขรุขระของผิว (Ra) ทั้งสองข้างที่ระยะ 3 เดือน ส่วนความหมองคล้ำและความลึกของริ้วรอยมีแนวโน้มดีขึ้นแต่ยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ ผู้รับการรักษารายงานความพึงพอใจในระดับสูง (ร้อยละ 88.89 ประเมินว่าดีขึ้นมาก) และมีความปลอดภัยในระยะติดตาม 3 เดือน โดยพบเพียงผลข้างเคียงชั่วคราวระดับเล็กน้อยที่หายได้เอง ไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรงหรือถาวรในระยะดังกล่าว ภายในกรอบของการศึกษานำร่องแบบกลุ่มเดียวที่ไม่มีกลุ่มควบคุมนี้ PDLLA ชนิดอนุภาคทรงกลมจึงอาจเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสำหรับการฟื้นฟูความงามรอบดวงตาโดยไม่ต้องผ่าตัด ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันผล

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลไปใช้: PDLLA เหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาร่องน้ำตาและความไม่เรียบเนียนใต้ตาที่ต้องการผลลัพธ์ดูเป็นธรรมชาติ โดยแพทย์ควรอธิบายว่าผลลัพธ์จะค่อย ๆ ปรากฏและเห็นชัดเจนหลัง 3 เดือน ไม่ใช่การเติมเต็มทันทีเหมือนกรดไฮยาลูโรนิก และอาจต้องทำซ้ำเพื่อผลลัพธ์ที่ชัดเจนขึ้น ทั้งนี้ควรคำนึงถึงความเสี่ยงเชิงกายวิภาคบริเวณรอบดวงตาเป็นพิเศษ โดยเฉพาะตำแหน่งของหลอดเลือด angular และ infraorbital เพื่อหลีกเลี่ยงการฉีดเข้าหลอดเลือด แนะนำให้ฉีดในชั้น subdermal ด้วยเข็มปลายทู่ (blunt cannula) ฉีดอย่างช้า ๆ และคัดเลือกผู้ป่วยที่เหมาะสม โดยหลีกเลี่ยงผู้ที่มีประวัติแพ้ ภาวะเลือดออกผิดปกติ การติดเชื้อบริเวณที่ฉีด หรือเพิ่งได้รับฟิลเลอร์/หัตถการบริเวณใต้ตาในระยะใกล้ ควรให้ความสำคัญกับการดูแลหลังการรักษาและการจัดการผลข้างเคียงอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มความปลอดภัยและความพึงพอใจ

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต: (1) ควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างและขยายระยะเวลาติดตามผล (เช่น 6–12 เดือน) เพื่อยืนยันความคงทนของผลลัพธ์ พร้อมพิจารณาการตรวจชิ้นเนื้อหรือวัดความยืดหยุ่นผิวเพื่อยืนยันกลไกการกระตุ้นคอลลาเจน (2) ควรศึกษาปัจจัยทางคลินิกและเทคนิคการฉีดที่สัมพันธ์กับการเกิดผลข้างเคียง เพื่อพัฒนาโปรโตคอลการป้องกันและจัดการที่มีประสิทธิภาพ และ (3) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลและความปลอดภัยของ PDLLA กับสารเติมเต็มชนิดอื่น เช่น กรดไฮยาลูโรนิก ด้วยการออกแบบวิจัยแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized Controlled Trial) เพื่อยืนยันความเหนือกว่าหรือเทียบเท่า

ผลประโยชน์ทับซ้อนและแหล่งทุนสนับสนุน ผู้วิจัยขอรับรองว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนทางการเงินหรือส่วนตัวกับบริษัทผู้ผลิตหรือจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ แต่มีการได้รับการสนับสนุนผลิตภัณฑ์ PDLLA (Neofilera®) จากบริษัท เค.เอ็น.เอ. อินเตอร์ฟาร์มา จำกัด (K.N.A. Inter Pharma) และการศึกษานี้ไม่ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Narurkar V, Shamban A, Sissins P, Stonehouse A, Gallagher C. Facial treatment preferences in aesthetically aware women. Dermatol Surg. 2015;41 Suppl 1:S153-60.
2. Gorbea E, Kidwai S, Rosenberg J. Nonsurgical tear trough volumization: a systematic review of patient satisfaction. Aesthet Surg J. 2021;41(8):NP1053-60.
3. International Society of Aesthetic Plastic Surgery. ISAPS international survey on aesthetic/cosmetic procedures performed in 2022. Mount Royal (NJ): ISAPS; 2023.
4. Urdiales-Galvez F, Farollch-Prats L. Management of tear trough with hyaluronic acid fillers: a clinical-practice dual approach. Clin Cosmet Investig Dermatol. 2021;14:467-83.
5. Anido J, Fernandez JM, Genol I, Ribe N, Sevilla GP. Recommendations for the treatment of tear trough deformity with cross-linked hyaluronic acid filler. J Cosmet Dermatol. 2021;20(1):6-17.
6. Diwan Z, Trikha S, Etemad-Shahidi S, Alli Z, Rennie C, Penny A. A prospective study on safety, complications and satisfaction analysis for tear trough rejuvenation using hyaluronic acid dermal fillers. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2020;8(4):e2753.
7. Jiang J, Wang X, Chen R, Xia X, Sun S, Hu K. Tear trough deformity: different types of anatomy and treatment options. Postepy Dermatol Alergol. 2016;33(4):303-8.
8. Requena L, Requena C, Christensen L, Zimmermann US, Kutzner H, Cerroni L. Adverse reactions to injectable soft tissue fillers. J Am Acad Dermatol. 2011;64(1):1-34.
9. Hwang C. Periorbital injectables: understanding and avoiding complications. J Cutan Aesthet Surg. 2016;9(2):73-9.
10. Zein M, Tie-Shue R, Pirakitikulr N, Lee WW. Complications after cosmetic periocular filler: prevention and management. Plast Aesthet Res. 2020;7:44.
11. Herrmann JL, Hoffmann RK, Ward CE, Schulman JM, Grekin RC. Biochemistry, physiology, and tissue interactions of contemporary biodegradable injectable dermal fillers. Dermatol Surg. 2018;44 Suppl 1:S19-31.
12. Achtnich A, Forkel P, Metzlaff S, Zantop T, Petersen W. Degradation of poly-D-L-lactide (PDLLA) interference screws (Megafix). Arch Orthop Trauma Surg. 2014;134(8):1147-53.
13. Lin CY, Lin JY, Yang DY, Lee SH, Kim JY, Kang M. Efficacy and safety of poly-D,L-lactic acid microspheres as subdermal fillers in animals. Plast Aesthet Res. 2019;6:16.

14. No YA, Seok J, Hyun MY, Kwon TR, Oh CT, Choi EJ, et al. Long-term (24-month) safety evaluation of poly-DL-lactic acid filler injection for the nasolabial fold. Plast Reconstr Surg. 2015;135(6):1074e-5e.
15. Hyun MY, Lee Y, No YA, Yoo KH, Kim MN, Hong CK, et al. Efficacy and safety of injection with poly-L-lactic acid compared with hyaluronic acid for correction of nasolabial fold: a randomized, evaluator-blinded, comparative study. Clin Exp Dermatol. 2015;40(2):129-35.
16. Alessio R, Rzany B, Eve L, Grangier Y, Herranz P, Olivier-Masveyraud F, et al. European expert recommendations on the use of injectable poly-L-lactic acid for facial rejuvenation. J Drugs Dermatol. 2014;13(9):1057-66.
17. Oh S, Seo SB, Kim G, Batsukh S, Son KH, Byun K. Poly-D,L-lactic acid stimulates angiogenesis and collagen synthesis in aged animal skin. Int J Mol Sci. 2023;24(9):7986.
18. Seo SB, Park H, Jo JY, Ryu HJ. Skin rejuvenation effect of the combined PDLLA and non-cross-linked hyaluronic acid: a preliminary study. J Cosmet Dermatol. 2024;23(3):794-802.
19. Lin JY, Lin CY. Nonsurgical lower eyelid rejuvenation using injectable poly-D,L-lactic acid in Asian patients. J Cosmet Dermatol. 2022;21(10):4328-31.
20. Chen SY, Lin JY, Lin CY. The back-and-forth method: a quick and simple technique for reconstitution of injectable poly-D,L-lactic acid. Arch Aesthetic Plast Surg. 2020;26(2):79-83.
21. Hertzog MA. Considerations in determining sample size for pilot studies. Res Nurs Health. 2008;31(2):180-91.
22. Anqi S, Xiukun S, Aie X. Quantitative evaluation of sensitive skin by ANTERA 3D combined with GPSkin Barrier. Skin Res Technol. 2022;28(6):840-5.
23. Ikuta K, Fukuoka K, Suyama Y, Morita M, Kimura Y, Umeda R, et al. Comparison of Antera 3D and TcPO2 for evaluation of blood flow in skin. Yonago Acta Med. 2023;66(1):146-52.
24. Goberdhan LT, Pellacani G, Ardigo M, Schneider K, Makino ET, Mehta RC. Assessing changes in facial skin quality using noninvasive in vivo clinical skin imaging techniques after use of a topical retinoid product in subjects with moderate-to-severe photodamage. Skin Res Technol. 2022;28(4):604-13.
25. Park SJ, Shin SH, Koh YG, Kim G, Rho NK, Park KY. Cold anesthesia for pain reduction during intralesional injection. J Cosmet Dermatol. 2023;22(12):3375-8.

การศึกษาเชิงสำรวจปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกที่จำหน่ายในประเทศไทย

A STUDY OF TRANSFAT ACIDS IN BUBBLE TEA DRINKS IN THAILAND

สุพจน์ เข็มทอง*

SUPOT KEMTHONG

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

the Degree of Master of Science Department of Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University.

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130337@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Thunnawat Wattanaseth, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องดื่มชาไข่มุกได้รับความนิยมสูงแต่มีความเสี่ยงด้านสุขภาพจากไขมันทรานส์ (Trans Fatty Acid) ที่มักปนเปื้อนในครีมเทียม ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) แม้ไทยจะห้ามใช้น้ำมัน PHOs แล้ว แต่ยังจำเป็นต้องตรวจสอบปริมาณไขมันทรานส์เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อสำรวจและตรวจสอบปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชานมไข่มุกยอดนิยม 10แบรนด์ในเขตกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด การวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง และตรวจวัดสารตัวอย่างทางห้องปฏิบัติการ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างเมนูชานมไข่มุกรสดั้งเดิม 10 แบรนด์ (แบรนด์ละ 1 ตัวอย่าง) ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันทรานส์ด้วยเทคนิค GC-FID ตามวิธีมาตรฐาน AOAC 996.06 ณ ห้องปฏิบัติการมาตรฐาน ISO/IEC 17025 โดยวิธีวิเคราะห์มีขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD) เท่ากับ 0.008 กรัม/100 กรัม และขีดจำกัดการหาปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 0.01 กรัม/100 กรัม ปริมาณไขมันทรานส์ต่อหน่วยบริโภคอยู่ในช่วง 0.033–0.51 กรัมต่อแก้ว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.171 ± 0.228 กรัมต่อแก้ว (mean ± SD) และค่ามัธยฐานเท่ากับ 0.07 กรัมต่อแก้ว ทั้งนี้พบว่า 9 ใน 10 แบรนด์ (ร้อยละ 90) มีปริมาณไม่เกินเกณฑ์ 0.5 กรัมตามที่กฎหมายกำหนด และมีเพียง 1 แบรนด์ (ร้อยละ 10) ที่มีค่าเกินเกณฑ์เล็กน้อยที่ 0.51 กรัมต่อแก้ว ผลิตภัณฑ์ชานมไข่มุกยอดนิยมส่วนใหญ่ที่ศึกษามีปริมาณไขมันทรานส์อยู่ในเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนด อย่างไรก็ตาม การประเมินนี้ครอบคลุมเฉพาะไขมันทรานส์เท่านั้น ผู้บริโภคควรระมัดระวังปริมาณน้ำตาลและไขมันอิ่มตัวซึ่งไม่ได้อยู่ในขอบเขตการศึกษานี้ และหน่วยงานรัฐควรสุ่มตรวจสม่ำเสมอเพื่อการเฝ้าระวังความปลอดภัยของผู้บริโภคในระยะยาว

คำสำคัญ: ชาไข่มุก, ไขมันทรานส์, ครีมเทียม, ความปลอดภัยด้านอาหาร

Abstract

Bubble tea is highly popular but poses potential health risks from trans fatty acids (TFAs), commonly found in non-dairy creamers, which are one of the risk factors for non-communicable diseases (NCDs). Despite the ban on partially hydrogenated oils (PHOs) in Thailand, continued monitoring of TFA levels in commercially available products remains necessary for legal compliance. The objective is o investigate TFA levels across 10 popular bubble milk tea brands in Bangkok, Thailand This cross-sectional survey and experimental laboratory study analyzed original bubble milk tea samples from 10 top-selling brands (one sample per brand). TFA content was determined using Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) according to the standard method AOAC 996.06, at an ISO/IEC 17025-certified laboratory. The method's limit of detection (LOD) and limit of quantitation (LOQ) were 0.008 g/100 g and 0.01 g/100 g, respectively. TFA levels per serving ranged from 0.033 to 0.51 g, with a mean of 0.171 ± 0.228 g per serving (mean ± SD) and a median of 0.07 g per serving. Nine out of ten brands (90%) had TFA levels within the legal limit of 0.5 g per serving, while only one brand (10%) slightly exceeded this standard, at 0.51 g per serving. Most of the popular bubble milk tea products examined had TFA levels within the legal standard limit. However, this assessment was limited to TFA content only; consumers should remain mindful of sugar and saturated fat content, which were beyond the scope of this study. Continuous surveillance by regulatory authorities is recommended to ensure long-term consumer food safety.

Keywords: Bubble tea, Trans fatty acid, Non-dairy creamer, Food safety

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตและจำหน่ายไขมันทรานส์ ถือเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมาย ต้องระวางโทษจำคุกตั้งแต่ 6 เดือน ถึง 2 ปี และปรับตั้งแต่ 5,000 บาท ถึง 20,000 บาท ตามที่กระทรวงสาธารณสุขได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ. 2561[1] โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2562 เรื่อง กำหนดอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่ายไขมันทรานส์ ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (Partially Hydrogenated Oils - PHOs) โดยตามกฎหมายระบุไว้ว่ามีได้ตามธรรมชาติ แต่ไม่ควรเกิน 0.5 กรัม/หน่วยบริโภค

องค์การอนามัยโลก (WHO)[2] เล็งเห็นว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันทรานส์เป็นส่วนประกอบ เป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงของกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs = Non-Communicable Disease) เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหลอดเลือดสมอง และโรคหัวใจ เป็นต้น โดยกลุ่มโรค NCDs มีปัจจัยเสี่ยงร่วมหลายด้าน ทั้งพฤติกรรมการบริโภคอาหาร การออกกำลังกาย และปัจจัยทางพันธุกรรม ซึ่งไขมันทรานส์เป็นเพียงหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงเหล่านั้น ทั้งนี้ จากสถิติผู้เสียชีวิตจากกลุ่มโรค NCDs ในปี พ.ศ. 2552 พบว่าเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ ของประชากรโลก และที่สำคัญ 80% ของประชากรทั้งหมดเป็นประชากรของประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งรวมถึงประเทศไทย

การศึกษาเชิงสำรวจปริมาณไขมันทรานส์เครื่องดื่มชาไข่มุกที่จำหน่ายในประเทศไทย ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่าเครื่องดื่มชาไข่มุกนั้นมีส่วนผสมของครีมเทียมและนมข้นหวาน ซึ่งเคยมีการศึกษาวิจัยของจันทิมา โพธิ และคณะ[3]เรื่อง “ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในอาหารและการกำกับดูแลของประเทศไทย” สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าผลิตภัณฑ์ครีมเทียมบางยี่ห้อ (Non-dairy creamer) มีไขมันทรานส์เกินกว่าที่กฎหมายกำหนด นำไปสู่ที่มาของหัวข้อวิจัยฉบับนี้

ดังนั้นผู้วิจัยให้ความสนใจด้านความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค จึงได้ทำการวิเคราะห์ตรวจสอบปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกที่มียอดขายดี 10 อันดับแรก ในเขตกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลและผลการศึกษาที่ได้มาเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาเลือกบริโภคเครื่องดื่มชาไข่มุกให้อยู่ในเกณฑ์ด้านไขมันทรานส์ที่ไม่ควรเกิน 0.5 กรัม/หน่วยบริโภค ตามที่กฎหมายกำหนด[1]

คำถามงานวิจัย: เครื่องดื่มชาไข่มุกที่มียอดขายดี 10 อันดับ ในเขตกรุงเทพมหานครฯ ประเทศไทย มีไขมันทรานส์มากกว่า 0.5 กรัม/หน่วยบริโภค เกินกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย: ตรวจสอบปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกว่ามีปริมาณเท่าใดและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด

ขอบเขตของการวิจัย: สุ่มตรวจตัวอย่างเฉพาะปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกจำนวน 10 ร้านในเขตกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ที่จัดจำหน่ายอยู่ในห้างสรรพสินค้า ซึ่งมีตัวแทนจำหน่ายชาไข่มุกพร้อมดื่มเป็นจำนวนมาก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุกที่จัดจำหน่ายอยู่ในห้างสรรพสินค้า
- เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้บริโภคตระหนักถึงความเสี่ยงจากการบริโภคไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุก
- เพื่อให้ข้อมูลสำหรับหน่วยงานภาครัฐในการกำหนดมาตรการควบคุมไขมันทรานส์ในเครื่องดื่ม

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประวัติความเป็นมาและส่วนประกอบของเครื่องดื่มชาไข่มุก

ชาไข่มุกมีต้นกำเนิดในไต้หวันช่วงทศวรรษ 1980 จากการผสมชานมกับไข่มุก (เม็ดแป้งมันสำปะหลังต้ม) และได้รับความนิยมแพร่หลายทั่วโลกตั้งแต่ปลายทศวรรษ 1990 โดยเฉพาะผ่านกระแสโซเชียลมีเดียในช่วงทศวรรษ 2010[4] ส่วนประกอบหลักได้แก่ ชา นม/ครีมเทียม/นมข้นหวาน น้ำตาล และไข่มุก โดยครีมเทียม (non-dairy creamer) ซึ่งใช้ทดแทนนมเพื่อเพิ่มความเข้มข้นและลดต้นทุน มักประกอบด้วยน้ำมันพืช สารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ ในอดีตมักมีน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (PHOs) ซึ่งเป็นแหล่งของไขมันทรานส์ แม้ปัจจุบันหลายประเทศรวมถึงไทยจะควบคุมและห้ามใช้ PHOs แล้วก็ตาม

มูลค่าตลาดและความนิยมในประเทศไทย

ชาไข่มุกเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมในไทย โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร มีมูลค่าตลาดสูงถึง 2.5 พันล้านบาท และมีแนวโน้มเติบโตต่อเนื่อง[5] ข้อมูลจาก GrabFood ระบุว่าคนไทยบริโภคเฉลี่ยสูงถึง 6 แก้วต่อคนต่อเดือน ซึ่งสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

โภชนาการของเครื่องดื่มชาไข่มุกที่มีผลต่อสุขภาพ

เครื่องดื่มชาไข่มุกขนาดมาตรฐาน (500–700 มล.) ให้พลังงานประมาณ 300–450 กิโลแคลอรี่ และมีน้ำตาลสูงถึง 50–80 กรัมต่อแก้ว (เทียบเท่า 10–16 ช้อนชา) ซึ่งเกินคำแนะนำขององค์การอนามัยโลกที่ไม่เกิน 6 ช้อนชาต่อวัน จากการสุ่มตรวจ 25 แบรนด์ในกรุงเทพมหานคร พบว่ามีเพียง 2 แบรนด์ที่มีน้ำตาลต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว[7] และพลังงานรวมส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 291–760 กิโลแคลอรี่ต่อแก้ว[8] ความมันของเครื่องดื่มมาจากไขมันในครีมเทียมและนมข้นหวานเป็นหลัก (ประมาณ 10–20 กรัมต่อแก้ว) ซึ่งบางผลิตภัณฑ์อาจยังมีไขมันทรานส์หลงเหลืออยู่ในปริมาณเล็กน้อย

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับไขมันทรานส์

ไขมันทรานส์ (Trans Fatty Acid) คือกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีโครงสร้างต่างจากไขมันธรรมชาติแบบซิส (cis) ทำให้ร่างกายนำไปใช้และกำจัดได้ยากกว่า[9] มีที่มา 3 แหล่งหลัก ได้แก่ (1) จากธรรมชาติ พบในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ปริมาณน้อย และบางชนิดอาจมีประโยชน์ต่อสุขภาพ[10] (2) จากความร้อนสูง/การทอดซ้ำขึ้นกับชนิดน้ำมัน โดยน้ำมันทานตะวันและถั่วเหลืองเกิดไขมันทรานส์มากกว่าน้ำมันมะกอกและปาล์ม[11] และ (3) จากกระบวนการอุตสาหกรรม (PHOs) ซึ่งมีปริมาณสูงสุด (25–45% ของไขมันทั้งหมด) นิยมใช้ในเนยเทียม ครีมเทียม เบเกอรี่ และของทอด ถือเป็นแหล่งหลักที่มีผลเสียต่อสุขภาพมากที่สุด และเป็นชนิดที่กฎหมายไทยห้ามใช้ตั้งแต่ปี 2562[12,13]

แหล่งที่มาของไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชาไข่มุก

แหล่งหลักคือครีมเทียม (non-dairy creamer) ซึ่งอาจมี สูตรชาไข่มุกมาตรฐาน (500 มล.) มักประกอบด้วยชาดำเข้มข้น ครีมเทียม นมข้นหวาน ไซรัป ไข่มุก และน้ำแข็ง แม้ผู้ผลิตครีมเทียมในประเทศส่วนใหญ่ปรับสูตรเลิกใช้ PHOs แล้ว แต่ยังมีความเสี่ยงจากครีมเทียมนำเข้า โดยเฉพาะจากบางประเทศที่อาจยังใช้ PHOs อยู่ และการนำเข้าวัตถุดิบมักไม่จำเป็นต้องแสดงฉลากโภชนาการอย่างครบถ้วน ทำให้ตรวจสอบคุณภาพได้ยาก

ผลกระทบของไขมันทรานส์ต่อสุขภาพ

ไขมันทรานส์ (โดยเฉพาะ elaidic acid จากอุตสาหกรรม) แทรกตัวในเยื่อหุ้มเซลล์แทนกรดไขมันซิส ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์แข็งตัว และกระตุ้นการอักเสบผ่านวิถี NF-**κ**B เพิ่มไซโตไคน์อักเสบ (IL-6, TNF-**α**)[14,15] ก่อให้เกิดผลกระทบสำคัญ ได้แก่

- ภาวะดื้ออินซูลินและเบาหวานชนิดที่ 2 – ไขมันทรานส์ขัดขวางสัญญาณอินซูลินผ่านวิถี IRS-1 ทำให้เกิดการสะสมไขมันในตับและกล้ามเนื้อดื้ออินซูลิน[16,17]
  โรคหัวใจและหลอดเลือด – เพิ่ม LDL-C ลด HDL-C เพิ่มการอักเสบของผนังหลอดเลือดและเร่งการเกิดคราบพลัค การเพิ่มพลังงานจากไขมันทรานส์ 2% ของพลังงานรวมต่อวัน สัมพันธ์กับความเสี่ยงโรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้น 20–30%[14,18]
- การเสื่อมของตับและระบบทางเดินอาหาร – ผ่านกลไก gut–liver axis ทำให้เกิดภาวะ dysbiosis และนำไปสู่โรคไขมันพอกตับ (MASLD/NAFLD)[19] โดยรวมไขมันทรานส์จากอุตสาหกรรมถือเป็นตัวเร่งกระบวนการแก่ชราเชิงเมตาบอลิก (metabolic aging) ที่ชัดเจนกว่าไขมันทรานส์จากธรรมชาติ[17]

มาตรการควบคุมไขมันทรานส์ระดับนานาชาติ

องค์การอนามัยโลก[20] ริเริ่มโครงการ REPLACE เพื่อขจัดไขมันทรานส์อุตสาหกรรมทั่วโลกภายในปี 2023 หลายประเทศได้ออกมาตรการควบคุม เช่น สหรัฐอเมริกาและแคนาดาห้ามใช้ PHOs ตั้งแต่ปี 2018 สหภาพยุโรปจำกัดไม่เกิน 2% ของไขมันรวม เดนมาร์กเป็นประเทศแรกที่ควบคุมตั้งแต่ปี 2003 และสิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ก็มีกฎหมายบังคับใช้ที่เข้มงวด ขณะที่ญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ยังพึ่งพาความสมัครใจของอุตสาหกรรม ส่วนอินเดีย บังกลาเทศ และอินโดนีเซียยังอยู่ระหว่างพัฒนานโยบาย ทั้งนี้ WHO ได้รับรองประเทศที่ประสบความสำเร็จในการขจัด PHOs รุ่นแรกในปี 2024 ได้แก่ เดนมาร์ก ลิทัวเนีย โปแลนด์ ซาอุดีอาระเบีย และไทย[21] และรุ่นที่สองในปี 2025 ได้แก่ ออสเตรีย นอร์เวย์ โอมาน และสิงคโปร์[22] หากภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิกนำนโยบายมาตรฐานมาใช้ทั่วถึง คาดว่าจะช่วยชีวิตคนได้มากกว่า 300,000 คนต่อปี[20]

มาตรการควบคุมไขมันทรานส์ในประเทศไทย

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ. 2561[1] มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ 9 มกราคม 2562 ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่ายน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (PHOs) กำหนดให้ผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป

มีไขมันทรานส์ไม่เกิน 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค มีโทษจำคุก 6 เดือน–2 ปี และ/หรือปรับ 5,000–20,000 บาท กำกับดูแลโดย อย. กรมอนามัย และสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล[23] มาตรการนี้ทำให้ไทยได้รับการรับรองจาก WHO เป็น 1 ใน 5 ประเทศแรกที่ประสบความสำเร็จในการขจัดไขมันทรานส์อุตสาหกรรมในปี 2024[21]

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารของห้องปฏิบัติการ

วิธีมาตรฐานที่นิยมใช้คือ Gas Chromatography ร่วมกับ Flame Ionization Detector (GC-FID) ตามมาตรฐาน AOAC 996.06 โดยสกัดไขมันและแปลงเป็น Fatty Acid Methyl Esters (FAMEs) ก่อนวิเคราะห์[12] นอกจากนี้ยังมี FTIR (รวดเร็วแต่แม่นยำน้อยกว่า) และ HPLC (ใช้กับตัวอย่างซับซ้อน) ในประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการที่รับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ให้บริการวิเคราะห์ เช่น สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) และห้องปฏิบัติการเอกชน เช่น ALS, SGS และ Intertek

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศไทยที่เกี่ยวข้อง 4 งานวิจัย (1) งานวิจัยของจันทิมา โพธิ และคณะ[3] พบว่าผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และของทอดบางชนิดที่ใช้ PHOs มีไขมันทรานส์เกิน 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค ขณะที่ (2) การศึกษาของกมลกาญจน์ จิญกาญจน์ และคณะ[24] พบว่าอาหารทอด ขนมอบ และไขมันบางชนิดที่ใช้ PHOs มีไขมันทรานส์สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำมันธรรมดา สอดคล้องกับ (3) นันทยา จงใจเทศ และคณะ[25] ที่พบว่าไทยมีไขมันทรานส์ต่ำกว่าต่างประเทศแต่มีไขมันอิ่มตัวสูงกว่า ด้าน (4) พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และอาทิตา สาหัดสะตำ[26] เปรียบเทียบครีมเทียม เนยเทียม และเนยขาวก่อน–หลังประกาศกระทรวงสาธารณสุขฯ พบว่าไขมันทรานส์ลดลงอย่างชัดเจนหลังมีการบังคับใช้กฎหมาย แม้ไขมันอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นเป็นการทดแทนงานวิจัยต่างประเทศอีก 6 งานวิจัย เช่น (5) Lin และคณะ[27] ศึกษาชาไข่มุกในไต้หวัน และ Centre for Food Safety[28] ศึกษาไขมันทรานส์ในอาหารท้องถิ่นฮ่องกง พบว่าเครื่องดื่มและอาหารกลุ่มนี้มีน้ำตาลและพลังงานสูงจนจัดเป็น sugar-sweetened beverages แต่ไม่ได้รายงานปริมาณไขมันทรานส์โดยตรงในทุกกรณี ด้านกลไกทางชีวการแพทย์ (6) Mozaffarian และคณะ[14] และ (7) de Souza และคณะ[18] ยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างไขมันทรานส์อุตสาหกรรมกับความเสี่ยงโรคหัวใจและการเสียชีวิต ขณะที่การวิเคราะห์แบบ pooled cohort ใน (8) FORCE consortium[29] พบว่าความสัมพันธ์กับเบาหวานชนิดที่ 2 อ่อนลงหลังหลายประเทศลดการใช้ PHOs สอดคล้องกับการทดลองระดับเซลล์ของ (9) Iwata และคณะ[15] ที่พบว่า elaidic acid กระตุ้นการอักเสบและทำให้เซลล์เยื่อบุหลอดเลือดทำงานผิดปกติ ส่วน (10) Zhao และคณะ[19] พบว่าไขมันทรานส์ในหนูทดลองก่อให้เกิดภาวะ gut dysbiosis ซึ่งอาจเชื่อมโยงกับโรคอ้วนและเมตาบอลิก จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ยังไม่มีการศึกษาปริมาณไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชานมไข่มุกในประเทศไทยโดยเฉพาะ แม้จะมีการศึกษาในผลิตภัณฑ์อาหารกลุ่มอื่นที่พบว่าครีมเทียมและไขมันผ่านการเติมไฮโดรเจนบางส่วนเป็นแหล่งเสี่ยงหลัก[3,24] การศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการเติมเต็มช่องว่างองค์ความรู้ดังกล่าว

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบงานวิจัยและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวางร่วมกับการตรวจวัดตัวอย่างทางห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชานมไข่มุกรสดั้งเดิม (ขนาดแก้วกลาง ความหวานมาตรฐาน 100%) ที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ในเขตกรุงเทพมหานคร คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จาก 10 แบรนด์ที่มียอดขายสูงสุด (แบรนด์ละ 1 ตัวอย่าง รวม 10 ตัวอย่าง) โดยใช้รหัส Brand 1–10 แทนชื่อทางการค้าเพื่อรักษาความลับ ทั้งนี้ขนาดตัวอย่างพิจารณาจากข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลา ควบคู่กับความต้องการครอบคลุมแบรนด์หลักในตลาด

การเก็บตัวอย่างและห้องปฏิบัติการ

เก็บตัวอย่างจากสาขาของแต่ละแบรนด์ในห้างสรรพสินค้า ไม่น้อยกว่า 200 มิลลิลิตรต่อแบรนด์ในภาชนะปิดสนิท รักษาความเย็นที่ประมาณ 4°C และนำส่งห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการที่รับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 (ALS Laboratory Group (Thailand)) ด้วยเทคนิค GC-FID ตามวิธีมาตรฐาน AOAC 996.06 โดยสกัดไขมันและแปลงเป็น FAMEs ก่อนวิเคราะห์ รายงานผลเป็นกรัมต่อ 100 กรัมไขมัน

การควบคุมคุณภาพ

ทุกตัวอย่างชงใหม่ บรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิใกล้เคียงกัน และนำส่งตรวจในวันเดียวกันเพื่อลดความแปรปรวนจากระยะเวลาการเก็บ ห้องปฏิบัติการใช้สารมาตรฐานอ้างอิงและสอบเทียบเครื่องมืออย่างสม่ำเสมอตามระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025

การวิเคราะห์ข้อมูล

ห้องปฏิบัติการรายงานปริมาณกรดไขมันทรานส์เป็นหน่วยกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (g/100g) จากนั้นคำนวณปริมาณกรดไขมันทรานส์ต่อหน่วยบริโภค (กรัม/แก้ว) โดยนำค่าที่วิเคราะห์ได้คูณกับปริมาตรจริงต่อแก้วของแต่ละแบรนด์ (มิลลิลิตร) ภายใต้สมมติฐานว่าความหนาแน่นของเครื่องดื่มใกล้เคียงกับน้ำ ($\rho \approx 1$ g/mL) จึงใช้ค่าปริมาตร (มล.) แทนน้ำหนัก (กรัม) โดยประมาณในการคำนวณ แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กฎหมายไทยและองค์การอนามัยโลกกำหนด คือ ไม่เกิน 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค (ยกเว้นไขมันทรานส์จากธรรมชาติ) นำเสนอผลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่ามัธยฐาน ค่าสูงสุด–ต่ำสุด)

ตัวแปรการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ เครื่องดื่มชานมไข่มุก; ตัวแปรตาม คือ ปริมาณกรดไขมันทรานส์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่ม ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่มชานมไข่มุกที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยรหัสแบรนด์ ประเภทเมนู ปริมาตรต่อแก้ว (ไม่รวมน้ำแข็ง) วันที่เก็บตัวอย่าง และหมายเหตุเกี่ยวกับส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับไขมัน เช่น การใช้ครีมเทียมหรือนมข้นหวาน

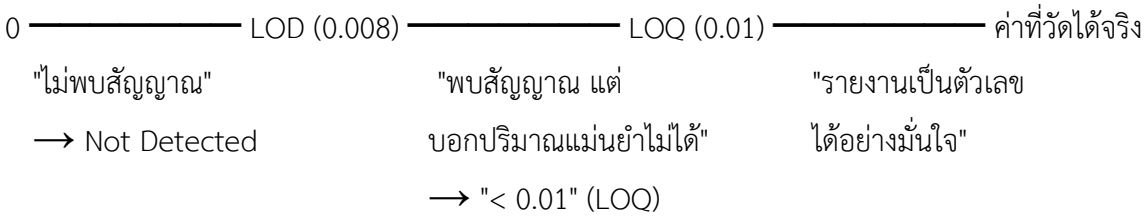
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเครื่องดื่มชานมไข่มุกที่ใช้ในการศึกษา

รหัสแบรนด์	ประเภทเมนู	ขนาดแก้ว/มล. (ไม่รวมน้ำแข็ง)	วันที่เก็บตัวอย่าง	หมายเหตุส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับไขมัน
Brand 1	ชานมไข่มุก original	470	24/03/2026	ครีมเทียม
Brand 2	ชานมไข่มุก original	290	24/03/2026	ครีมเทียม
Brand 3	ชานมไข่มุก original	230	24/03/2026	นมข้นหวาน
Brand 4	ชานมไข่มุก original	320	24/03/2026	ครีมเทียม
Brand 5	ชานมไข่มุก original	290	24/03/2026	ครีมเทียม,วิปครีม
Brand 6	ชานมไข่มุก original	240	24/03/2026	นมข้นหวาน
Brand 7	ชานมไข่มุก original	340	24/03/2026	ครีมเทียม,วิปครีม
Brand 8	ชานมไข่มุก original	330	24/03/2026	ครีมเทียม, นมข้นหวาน
Brand 9	ชานมไข่มุก original	270	24/03/2026	ครีมเทียม
Brand 10	ชานมไข่มุก original	220	24/03/2026	ครีมเทียม

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเมนูชานมไข่มุกรสดั้งเดิม ขนาดแก้วมาตรฐานประมาณ 450–550 มิลลิลิตร โดยมีการใช้ครีมเทียมและนมข้นหวานเป็นส่วนประกอบในหลายแบรนด์ ซึ่งเป็นแหล่งไขมันและอาจเกี่ยวข้องกับการมีกรดไขมันทรานส์ในเครื่องดื่ม.

ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในตัวอย่างเครื่องดื่ม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันทรานส์ (TFA) ในตัวอย่างเครื่องดื่มชานมไข่มุกทั้ง 10 แบรนด์ ได้จากห้องปฏิบัติการ ALS Laboratory Group (Thailand) ด้วยวิธีวิเคราะห์ FO0088 ซึ่งพัฒนาจากวิธีมาตรฐาน AOAC (2023) 996.06 โดยรายงานผลเป็นหน่วยกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง (g/100g) ห้องปฏิบัติการรายงานผลตามระดับความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง โดยอ้างอิงค่าสำคัญ 2 ค่า คือ ขีดจำกัดการตรวจพบ (Limit of Detection: LOD) เท่ากับ 0.008 กรัม/100 กรัม และ ขีดจำกัดการหาปริมาณ (Limit of Quantitation: LOQ) เท่ากับ 0.01 กรัม/100 กรัม ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังภาพประกอบต่อไปนี้



LOD = 0.008 g/100g, LOQ = 0.01 g/100g (วิธี FO0088 based on AOAC (2023) 996.06) กล่าวคือ หากตัวอย่างมีปริมาณ TFA ต่ำกว่า 0.008 กรัม/100 กรัม จะถูกรายงานว่า "Not Detected" ซึ่งหมายความว่ายังไม่สามารถยืนยันได้ว่ามีสารดังกล่าวอยู่หรือไม่ ไม่ใช่การยืนยันว่ามีปริมาณเท่ากับศูนย์อย่าง

แน่นอน ส่วนค่าที่ตรวจพบและมีปริมาณตั้งแต่ 0.01 กรัม/100 กรัมขึ้นไป ถือว่าอยู่ในระดับที่ห้องปฏิบัติการสามารถรายงานเป็นตัวเลขที่แม่นยำได้ ทั้งนี้ ห้องปฏิบัติการมิได้ให้ข้อมูลค่า Recovery และ Precision ของวิธีวิเคราะห์มาด้วย จึงไม่มีข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดไขมันทรานส์ (กรัม/100กรัม) ในตัวอย่างเครื่องดื่มชานมไข่มุกแต่ละแบรนด์

รหัสตัวอย่าง	ผลตรวจ (g/100g)	การแปลผลเทียบกับ LOD/LOQ
Brand 1	0.02	สูงกว่า LOQ
Brand 2	Not Detected	ต่ำกว่า LOD
Brand 3	0.02	สูงกว่า LOQ
Brand 4	Not Detected	ต่ำกว่า LOD
Brand 5	Not Detected	ต่ำกว่า LOD
Brand 6	Not Detected	ต่ำกว่า LOD
Brand 7	0.15	สูงกว่า LOQ
Brand 8	0.01	เท่ากับ LOQ
Brand 9	Not Detected	ต่ำกว่า LOD
Brand 10	Not Detected	ต่ำกว่า LOD

จากตารางที่ 2 พบว่าปริมาณกรดไขมันทรานส์ในตัวอย่างที่ตรวจพบมีค่าอยู่ในช่วง 0.01–0.15 กรัม/100 กรัม โดยมีจำนวน 6 ตัวอย่างจาก 10 ตัวอย่าง ที่ให้ผลต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจพบของวิธี GC-FID แสดงผลรายงานเป็น "Not Detected" และมีเพียง 4 ตัวอย่างจาก 10 ตัวอย่าง ที่ตรวจพบปริมาณกรดไขมันทรานส์ในระดับที่สามารถรายงานเป็นตัวเลขได้อย่างแม่นยำ

ปริมาณกรดไขมันทรานส์ต่อหน่วยบริโภค

เพื่อนำผลไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ตามกฎหมายไทยและคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก จึงคำนวณปริมาณกรดไขมันทรานส์ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค โดยใช้ค่าปริมาณกรดไขมันทรานส์ต่อ 100 กรัม จากตารางที่ 2 คูณกับปริมาตรจริงของเครื่องดื่มในแก้วขนาดกลางของแต่ละแบรนด์ ภายใต้สมมติฐานว่าความหนาแน่นของเครื่องดื่มใกล้เคียงกับน้ำ $\rho \approx 1$ g/mL ตามที่ระบุไว้ในหัวข้อ 3.4 ผลการคำนวณแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันทรานส์ต่อหน่วยบริโภคของเครื่องดื่มชานมไข่มุกแต่ละแบรนด์และการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค

รหัสแบรนด์	ปริมาตรต่อแก้ว (มล.)	TFA (กรัม/100กรัม)	TFA ต่อแก้ว (กรัม/หน่วยบริโภค)	เกิน 0.5 กรัม/หน่วยบริโภคหรือไม่?
Brand 1	470	0.02	0.094	ไม่เกิน
Brand 2	290	Not Detected	Not Detected	ตรวจไม่พบ
Brand 3	230	0.02	0.046	ไม่เกิน
Brand 4	320	Not Detected	Not Detected	ตรวจไม่พบ
Brand 5	290	Not Detected	Not Detected	ตรวจไม่พบ
Brand 6	240	Not Detected	Not Detected	ตรวจไม่พบ
Brand 7	340	0.15	0.51	เกิน
Brand 8	330	0.01	0.033	ไม่เกิน
Brand 9	270	Not Detected	Not Detected	ตรวจไม่พบ
Brand 10	220	Not Detected	Not Detected	ตรวจไม่พบ

จากตารางที่ 3 พบว่าปริมาณกรดไขมันทรานส์ต่อหน่วยบริโภค (แก้วขนาดกลาง) อยู่ในช่วง 0.033–0.51 กรัม/แก้ว ค่าเฉลี่ย 0.171 กรัม/แก้ว และค่ามัธยฐาน 0.07 กรัม/แก้ว เมื่อเทียบกับเกณฑ์ 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค พบว่ามีเพียง 1 แบรนด์ที่เกินเกณฑ์ ส่วนที่เหลืออยู่ต่ำกว่าหรือตรวจไม่พบ บ่งชี้ว่าควรเฝ้าระวังเป็นรายแบรนด์ โดยเฉพาะแบรนด์ที่มีค่าเกินเกณฑ์

สถิติสรุปของปริมาณกรดไขมันทรานส์

เพื่อสรุปภาพรวมของข้อมูล ได้คำนวณค่าสถิติเชิงพรรณนาของปริมาณกรดไขมันทรานส์ทั้งในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัม และกรัมต่อหน่วยบริโภค ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สถิติสรุปของปริมาณกรดไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชานมไข่มุกที่ศึกษา

ตัวชี้วัด	TFA (g/100g)*	TFA ต่อแก้ว (g/หน่วยบริโภค)*
ค่าเฉลี่ย (Mean)	0.050	0.171
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	0.067	0.228
ค่ามัธยฐาน (Median)	0.02	0.07
ค่าต่ำสุด (Min)	0.01	0.033
ค่าสูงสุด (Max)	0.15	0.51
n (ตรวจพบ)	4	4
n (Not Detected)	6	6

จากตารางที่ 4 โดยสรุป ค่าปริมาณกรดไขมันทรานส์เฉลี่ยต่อหน่วยบริโภคของตัวอย่างที่ตรวจพบ (n = 4) เท่ากับ 0.171 ± 0.228 กรัม/แก้ว (ช่วง 0.033–0.51 กรัม/แก้ว) ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์ 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภคแล้ว แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีปริมาณกรดไขมันทรานส์อยู่ในระดับที่กฎหมายยอมรับได้ ภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนตัวอย่างและช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้สำรวจปริมาณกรดไขมันทรานส์ในเครื่องดื่มชานมไข่มุก 10 แบรนด์ยอดนิยมในเขตกรุงเทพมหานคร ด้วยเทคนิค GC-FID ตามมาตรฐาน AOAC 996.06 พบว่าในจำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบ (n=4) ปริมาณไขมันทรานส์ต่อ 100 กรัมของตัวอย่างมีค่าเฉลี่ย 0.05 กรัม/100 กรัม เมื่อคำนวณต่อหน่วยบริโภค (แก้วขนาดกลาง) พบค่าอยู่ในช่วง 0.033–0.51 กรัมต่อแก้ว (เฉลี่ย 0.171 ± 0.228 กรัม) โดยมีเพียง 1 แบรนด์ (Brand 7) เท่านั้นที่เกินเกณฑ์ 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภคตามที่กระทรวงสาธารณสุขและองค์การอนามัยโลกกำหนด โดยมีปริมาณไขมันทรานส์ 0.51 กรัมต่อแก้ว ผลนี้สอดคล้องกับแนวโน้มหลังการห้ามใช้ PHOs ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ. 2561[1] ทั้งในและต่างประเทศที่พบว่าปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แม้จะพบเพียงหนึ่งแบรนด์ที่เกินเกณฑ์ แต่การศึกษานี้ถือเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ชุดแรกๆ ในไทยที่ตรวจวัดไขมันทรานส์ในชานมไข่มุกจริงในห้องปฏิบัติการ จึงมีคุณค่าทั้งเชิงวิชาการและการกำกับดูแลเชิงนโยบายด้านสาธารณสุขในระยะยาวต่อไป

อภิปรายผล

ความเสี่ยงด้านสุขภาพอื่นๆ ที่ยังคงมีอยู่

แม้ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในชานมไข่มุกจะอยู่ในระดับต่ำ 9 ใน 10 แบรนด์ อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด 0.5 กรัม/หน่วยบริโภค สามารถบริโภคได้ แต่การบริโภคเครื่องดื่มชาไข่มุกเกิน 1 แก้ว/วัน ก็จะได้รับปริมาณไขมันทรานส์สูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ สัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจ ภาวะดื้ออินซูลิน และโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) จากข้อมูลข้างต้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องบริโภคเครื่องดื่มชาไข่มุกด้วยความระมัดระวัง โดยควบคุมปริมาณการบริโภคให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ไม่ควรเกินวันละ 1 แก้ว หรือน้อยกว่านั้น เพราะถึงแม้การศึกษานี้จะสรุปได้ว่าความเสี่ยงจาก "กรดไขมันทรานส์" ในชานมไข่มุกยอดนิยมอยู่ในระดับต่ำ แต่ไม่ได้หมายความว่าการบริโภคชาไข่มุกบ่อยครั้งจะปลอดภัยต่อสุขภาพโดยรวม ทั้งปริมาณไขมันและน้ำตาลที่จะได้รับก็ยังพบค่าที่สูงเกินปริมาณที่องค์การอนามัยโลกแนะนำอยู่มาก นั่นก็ยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพอยู่ดี ผู้บริโภคและผู้กำหนดนโยบายยังจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการจำกัดปริมาณการบริโภคเครื่องดื่มกลุ่มนี้ควบคู่กันไปด้วย เพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพในระยะยาวของประชาชน

เปรียบเทียบกับงานวิจัยชาไข่มุกในต่างประเทศ

เมื่อเทียบกับงานวิจัยชาไข่มุกในภูมิภาคเดียวกัน พบว่า Lin และคณะ[27] ที่ศึกษาคุณภาพเครื่องดื่มชาไข่มุกในไต้หวัน และ Centre for Food Safety[28] ที่สำรวจปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารท้องถิ่นฮ่องกง ต่างระบุตรงกันว่าเครื่องดื่มกลุ่มนี้มีความเสี่ยงหลักด้านน้ำตาลและพลังงานมากกว่าไขมันทรานส์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าปริมาณไขมันทรานส์อยู่ในระดับต่ำเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ทบทวนได้ในการศึกษานี้ยังไม่พบข้อมูลปริมาณไขมันทรานส์ในชาไข่มุกของสิงคโปร์และจีนโดยเฉพาะ จึงยังไม่สามารถเปรียบเทียบได้อย่างครบถ้วน และเป็นช่องว่างที่งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เห็นภาพระดับภูมิภาคที่สมบูรณ์ขึ้น

ประเด็นไขมันอิ่มตัวที่มาทดแทน (Saturated Fat Substitution)

ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาควบคู่กันคือ ภายหลังผู้ผลิตหลายรายปรับสูตรลดหรือเลิกใช้น้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วน (PHOs) มักหันไปใช้น้ำมันที่มีสัดส่วนไขมันอิ่มตัวสูงขึ้นแทน เช่น น้ำมันปาล์ม (palm oil) หรือไขมันมะพร้าว (coconut fat) ซึ่งแม้จะปราศจากไขมันทรานส์ แต่ไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูงก็ยังคงเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อระดับ LDL-cholesterol และโรคหัวใจและหลอดเลือดได้เช่นกัน ดังนั้น การที่เครื่องดื่มชานมไข่มุกส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ "อยู่ในเกณฑ์ด้านไขมันทรานส์" จึงไม่ควรถูกตีความว่าเครื่องดื่มดังกล่าวดีต่อสุขภาพโดยรวม เพราะยังไม่ได้ประเมินชนิดและปริมาณไขมันอิ่มตัวที่อาจเพิ่มขึ้นจากการทดแทนนี้ ซึ่งเป็นประเด็นที่งานวิจัยในอนาคตควรตรวจวัดควบคู่กันไป

ข้อจำกัดของการศึกษา

การศึกษานี้มีข้อจำกัดที่ควรระบุไว้อย่างชัดเจน ได้แก่ (1) ขนาดตัวอย่างมีจำนวนน้อย (10 แบรนด์ แบรนด์ละ 1 ตัวอย่าง) และเก็บเพียงครั้งเดียวต่อแบรนด์ โดยไม่มีการทำซ้ำตัวอย่าง (replicate sampling) จึงไม่สามารถประเมินความแปรปรวนภายในแบรนด์เดียวกันได้ (2) ห้องปฏิบัติการมิได้รายงานค่า Recovery

และ Precision ของวิธีวิเคราะห์ ทำให้ไม่สามารถยืนยันความแม่นยำของวิธีในเชิงสถิติได้อย่างสมบูรณ์ (3) การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบเจาะจง (purposive sampling) จาก 10 แบรนด์ที่มียอดขายสูงสุดในห้างสรรพสินค้าเขตกรุงเทพมหานครเท่านั้น จึงไม่สามารถเป็นตัวแทนของตลาดชาไข่มุกทั้งหมดในประเทศไทยได้ และ (4) การเก็บตัวอย่างดำเนินการในช่วงเวลาสั้น (ณ จุดเวลาเดียว) จึงไม่ได้สะท้อนความผันแปรของปริมาณไขมันทรานส์ตามฤดูกาลหรือรอบการผลิตที่อาจเกิดขึ้นจริง ผลการศึกษานี้จึงควรตีความในลักษณะข้อมูลพื้นฐาน (baseline study) มากกว่าการสรุปอ้างอิงถึงตลาดชาไข่มุกทั้งหมดในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาต่อยอดโดยเพิ่มขนาดตัวอย่างและทำซ้ำตัวอย่าง (replicate) เพื่อประเมินความแปรปรวน ตรวจสอบ Recovery/Precision ของวิธีวิเคราะห์ให้ครบถ้วน และขยายขอบเขตให้ครอบคลุมแบรนด์และพื้นที่มากขึ้น รวมถึงควรวัดปริมาณไขมันอิ่มตัวควบคู่ไปกับไขมันทรานส์ เพื่อให้ได้ภาพรวมความเสี่ยงด้านสุขภาพจากเครื่องดื่มชานมไข่มุกที่ครบถ้วนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ.2561 เรื่อง กำหนดอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่าย. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข; 2561.
2. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013–2020. Geneva: World Health Organization; 2013.
3. จันทิมา โพธิ, วิสิฐ จะวะสิต, วันทนีย์ เกรียงสินยศ, มยุรี ดิษย์เมธาโรจน์. ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในอาหารและการกำกับดูแลของประเทศไทย. วารสารโภชนาการ. 2562;54(1):85–93.
4. Oumpranee O. Factors Influencing Consumer's Preference in Choosing Bubble Tea in Bangkok, Thailand [independent study]. Bangkok: College of Management, Mahidol University; 2022.
5. Bussara B. A Study of Consumer Behavior and Selection Criteria in Purchasing Bubble Tea for Females in Bangkok [thesis]. Bangkok: Thammasat University; 2019.
6. DataSpring. Bubble tea consumption in Southeast Asia (per person per month) [Internet]. Singapore: Grab; 2019 [cited 2025 May 26]. Available from: https://www.grab.com/sg/blog/bubble-tea-craze-on-grabfood/
7. มูลนิธิเพื่อผู้บริโภค. ผลทดสอบปริมาณพลังงาน น้ำตาล และข้อมูลโภชนาการอื่นๆ ในเครื่องดื่ม "ชานมไข่มุก" 25 ยี่ห้อ. กรุงเทพฯ: มูลนิธิเพื่อผู้บริโภค; 2562.
8. Manager Online. ผลวิจัยชาไข่มุก 25 ยี่ห้อ พบน้ำตาลเกินเกณฑ์ WHO "โคโค่" สูงสุด 18.5 ช้อนชา [Internet]. กรุงเทพฯ: ผู้จัดการออนไลน์; 2562 Jul 10 [cited 2025 Mar 5]. Available from: https://mgronline.com/onlinesection/detail/9620000066193
9. Nutrientsreview.com. Cis and Trans-Fatty Acids [Internet]. [place unknown]: Nutrientsreview.com; [date unknown] [cited 2024 May 4]. Available from: https://www.nutrientsreview.com/
10. Chinnadurai K, Tyagi A. Conjugated linoleic acid: A milk fatty acid with unique health benefit properties. In: Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health [Internet]. [place unknown]: IntechOpen; 2011 [cited 2025 May 26]. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/19746
11. Szabo Z, Marosvölgyi T, Szabo E, Koczka V, Verzar Z, Figler M, et al. Effects of repeated heating on fatty acid composition of plant-based cooking oils. Foods. 2022;11(2):192.
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. Rome: FAO; 2010.

13. Mozaffarian D, Aro A, Willett WC. Health effects of trans-fatty acids: experimental and observational evidence. Eur J Clin Nutr. 2009;63(Suppl 2):S5–21.
14. Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. Trans fatty acids and cardiovascular disease. N Engl J Med. 2006;354(15):1601–1613.
15. Iwata NG, Pham M, Rizzo NO, Cheng AM, Maloney E, Kim F. Trans fatty acids induce vascular inflammation and reduce vascular nitric oxide production in endothelial cells. Atherosclerosis. 2011;219(1):296–303.
16. Oteng AB, Kersten S. Mechanisms of action of trans fatty acids. Adv Nutr. 2020;11(3):697–708.
17. Hirata K, Yamano S, Moriguchi T, Tamura H, Harada N, Kato R, et al. Molecular mechanisms underlying toxic actions of trans-fatty acids and prevention of related diseases. Yakugaku Zasshi. 2020;140(12):1443–1451.
18. de Souza RJ, Mente A, Maroleanu A, Cozma AI, Ha V, Kishibe T, et al. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all-cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: systematic review and meta-analysis of observational studies. BMJ. 2015;351:h3978.
19. Zhao L, Zhang Q, Ma W, Tian F, Shen H, Zhou M. Dietary trans fatty acids and gut microbiota: a potential link to obesity. Molecules. 2016;21(6):705.
20. World Health Organization. REPLACE: Trans fat free by 2023. Geneva: World Health Organization; 2018.
21. World Health Organization. WHO awards countries for progress in eliminating industrially produced trans fats for first time [Internet]. Geneva: WHO; 2024 Jan 29.
22. World Health Organization. WHO recognizes four countries with life-saving trans fat elimination policies [Internet]. Geneva: WHO; 2025 May 19.
23. สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. โครงการประเทศไทยปลอดไขมันทรานส์. นครปฐม: สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2561.
24. กมลกาญจน์ จิญกาญจน์, บังอร บุญชู, วิภาวรรณ ศรีมุข. การสำรวจเบื้องต้น: ปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารทอด ขนมอบ ไขมันและน้ำมันสำหรับบริโภค นมและผลิตภัณฑ์นม. Bull Appl Sci. 2557;3(3):81–87.
25. นันทยา จงใจเทศ, ภัทธิรา ยิ่งเลิศรัตนะกุล, ปิยนันท์ เผ่าม่วง, วารีทิพย์ พึ่งพันธ์. ปริมาณไขมันทรานส์ในอาหารอบและทอด. รายงานการศึกษาวิจัย. กรุงเทพฯ: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข; 2550.

26. พัชรินทร์ ภักดีฉนวน, อาทิตา สาหัดสะตำ. ปริมาณกรดไขมันทรานส์ในผลิตภัณฑ์ครีมเทียม เนยเทียม และเนยขาว ที่จำหน่ายในพื้นที่จังหวัดปัตตานี. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 2564;13(1):1–11.
27. Lin CS, Yang CJ, Chen PJ, Liu KW, Lin HP, Lin CC, et al. Assessment of microbiological and chemical quality of bubble tea beverages vended in Taiwan. J Food Prot. 2019;82(8):1384–1389.
28. Centre for Food Safety. Trans fatty acids in local foods (III). Risk Assessment Studies Report No. 38. Hong Kong: Food and Environmental Hygiene Department, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region; 2009.
29. Lai HTM, Imamura F, Ardisson Korat AV, et al. Trans Fatty Acid Biomarkers and Incident Type 2 Diabetes: Pooled Analysis of 12 Prospective Cohort Studies in the Fatty Acids and Outcomes Research Consortium (FORCE). Diabetes Care. 2022;45(4):854–863.

การประเมินความสอดคล้องระหว่างปริมาณโพรไบโอติกที่ระบุบนฉลากกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่จำหน่ายในประเทศไทย

EVALUATION OF THE CONSISTENCY BETWEEN LABELED AND ACTUAL VIABLE PROBIOTIC COUNTS IN DIETARY SUPPLEMENT PRODUCTS IN THAILAND

ธีรศักดิ์ สุราภา*

TEERASAK SURAPHA

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130449@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Thunnawat Wattanaseth, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทย โดยรายงานผลในรูปหน่วย Colony Forming Units (CFU) และเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้จริงกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์ รวมถึงประเมินว่าปริมาณโพรไบโอติกดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทยกำหนดหรือไม่ การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา โดยเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกจำนวน 10 รายการจากช่องทางจำหน่ายในประเทศไทย ครอบคลุมผลิตภัณฑ์รูปแบบผงกรอกปากและแคปซูล จากนั้นตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ รายงานผลเป็น CFU ต่อกรัม และคำนวณเป็น CFU ต่อหน่วยบริโภคเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลบนฉลาก ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้มีความแตกต่างกันระหว่างผลิตภัณฑ์ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 10^6–10^{11} CFU/g ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างจำนวน 10 รายการ คิดเป็นร้อยละ 100 ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ซึ่งกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 1×10^6 CFU ต่อหน่วยบริโภค อย่างไรก็ตาม ไม่พบผลิตภัณฑ์ใดที่มีปริมาณโพรไบโอติกสอดคล้องกับข้อมูลบนฉลากตามเกณฑ์ที่กำหนด คิดเป็นร้อยละ 0 และมีเพียงร้อยละ 40 ของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณอยู่ในช่วงที่แนะนำเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงความแปรผันของปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทย และชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการตรวจสอบคุณภาพเชิงปริมาณและความถูกต้องของข้อมูลบนฉลาก เพื่อสนับสนุนการคุ้มครองผู้บริโภคและการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกในอนาคต

คำสำคัญ : โพรไบโอติก, Colony Forming Unit (CFU), ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร, การตรวจสอบฉลาก

Abstract

This study aimed to determine the viable probiotic content, expressed as Colony Forming Units (CFU), in probiotic dietary supplements marketed in Thailand and to compare the measured values with the label claims. In addition, the measured probiotic counts were evaluated against the minimum requirement established by the Thai Food and Drug Administration (Thai FDA). This descriptive study included ten commercially available probiotic dietary supplements, comprising oral powder and capsule formulations. Viable probiotic counts were determined using the culture-based method on MRS agar. The results were expressed as CFU per gram and subsequently converted to CFU per serving for comparison with the declared label values. The measured probiotic counts ranged from 10^6 to 10^{11} CFU/g. All products (100%) met the minimum Thai FDA requirement of ≥ 1×10^6 CFU per serving. However, none of the products (0%) showed agreement with the declared label claims according to the predefined acceptance criterion, while only 40% of the products contained probiotic levels within the recommended range for health promotion (10^9–10^{11} CFU/day). These findings demonstrate considerable variation in the viable probiotic content among commercially available probiotic dietary supplements in Thailand. The study highlights the importance of routine quantitative quality assessment to verify label accuracy, thereby supporting consumer protection and contributing to the improvement of quality standards for probiotic dietary supplements.

Keywords: Probiotics, Colony Forming Unit (CFU), Dietary supplements, Label inspection

บทนำ

โพรไบโอติก (Probiotic) คือ จุลินทรีย์มีชีวิตที่เมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะต่อระบบทางเดินอาหาร การปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ และการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ทั้งนี้ จุลินทรีย์ที่จัดเป็นโพรไบโอติกควรมีการระบุสายพันธุ์อย่างชัดเจน และมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์รองรับประโยชน์ต่อสุขภาพ[1]

ปัจจุบันตลาดผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกในประเทศไทยมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยมีมูลค่าตลาดประมาณ 239.6 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี พ.ศ. 2568 (ค.ศ. 2025) และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 355.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) หรือมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปี (Compound Annual Growth Rate; CAGR) 8.19% ตลอดช่วงการคาดการณ์ สะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มผู้บริโภคชาวไทย โดยมีปัจจัยสนับสนุนสำคัญ ได้แก่ การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ความตระหนักด้านสุขภาพเชิงป้องกัน และการขยายตัวของช่องทางการจำหน่ายผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ดังนั้น การประเมินคุณภาพและความถูกต้องของข้อมูลที่แสดงบนฉลากผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญต่อการคุ้มครองผู้บริโภคและการกำกับดูแลคุณภาพผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดมากยิ่งขึ้น[2]

อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต ณ เวลาที่บริโภค โดยทั่วไปผู้ผลิตมักระบุปริมาณโพรไบโอติกบนฉลากในหน่วย Colony Forming Unit หรือ CFU ซึ่งเป็นหน่วยที่ใช้วัดจำนวนจุลินทรีย์มีชีวิตที่สามารถเจริญเติบโตและสร้างโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม[3] ในประเทศไทย การกำกับดูแลผลิตภัณฑ์ที่มีโพรไบโอติกอยู่ภายใต้การกำกับของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ซึ่งได้กำหนดหลักเกณฑ์เกี่ยวกับการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร รวมถึงกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ต้องมีปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตไม่น้อยกว่า 1×10^6 CFU ต่อหน่วยบริโภคตลอดอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้ ผู้ผลิตต้องสามารถแสดงหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนความปลอดภัยและประโยชน์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ การกำหนดมาตรฐานดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคและส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของหน่วยงานกำกับดูแล[4] ดังนั้น ปริมาณ CFU ที่ระบุบนฉลากจึงเป็นข้อมูลสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ แม้ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกจะได้รับความนิยมมากขึ้น แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสายพันธุ์จุลินทรีย์ กระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์ สภาวะการเก็บรักษา อุณหภูมิ ความชื้น และระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งอาจทำให้จำนวนจุลินทรีย์มีชีวิตลดลงก่อนถึงเวลาบริโภค[5] ส่งผลให้ปริมาณโพรไบโอติกที่ผู้บริโภคได้รับจริงอาจไม่สอดคล้องกับค่าที่ระบุไว้บนฉลาก

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาความสอดคล้องระหว่างปริมาณโพรไบโอติกที่ระบุบนฉลากกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่จำหน่ายในประเทศไทย เพื่อประเมินคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และความถูกต้องของข้อมูลบนฉลาก รวมถึงใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการกำกับดูแลผลิตภัณฑ์เสริม

อาหารกลุ่มโพรไบโอติก อันจะช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภคและสนับสนุนการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ในอนาคต

คำถามงานวิจัย

1. ปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่จำหน่ายในประเทศไทยมีความสอดคล้องกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์หรือไม่
2. ปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงเป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทย และอยู่ในช่วงปริมาณที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพหรือไม่

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโพรไบโอติกในรูปหน่วย Colony Forming Unit (CFU) ที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่จำหน่ายในประเทศไทย
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากของผลิตภัณฑ์
3. เพื่อประเมินว่าปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงเป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทย ซึ่งกำหนดไว้ไม่น้อยกว่า 1×10^6 CFU ต่อหน่วยบริโภค[6]
4. เพื่อประเมินว่าปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงอยู่ในช่วงปริมาณที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ (ประมาณ 1×10^9–1×10^{11} CFU ต่อวัน) หรือไม่[7]

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

ผู้วิจัยได้ทบทวนข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้องของข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก ปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตที่ตรวจวัดได้จริง และความสอดคล้องระหว่างค่าที่ระบุบนฉลากกับผลการตรวจวิเคราะห์ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติก เนื่องจากผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกจำเป็นต้องมีจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตในปริมาณที่เพียงพอ ณ เวลาบริโภค หากปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตที่ตรวจพบจริงไม่ตรงกับข้อมูลบนฉลากอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพ ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ และการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค

ในปี 2554 ที่ประเทศแคนาดา J. S. Weese และ H. Martin ได้ตีพิมพ์บทความ Assessment of commercial probiotic bacterial contents and label accuracy โดยศึกษาและประเมินปริมาณแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกเชิงพาณิชย์ รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลบนฉลาก ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์บางรายการมีปริมาณแบคทีเรียและข้อมูลที่แสดงบนฉลากไม่สอดคล้องกัน สะท้อนให้เห็นว่าค่าที่ระบุบนฉลากอาจไม่สามารถรับรองได้ว่าผู้บริโภคจะได้รับปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตตามที่กล่าวอ้างเสมอไป[8]

ในปี 2559 ที่ประเทศจีน T. Chen และคณะ ได้ตีพิมพ์บทความ Assessment of commercial probiotic products in China for labelling accuracy and probiotic characterization of selected isolates โดยประเมินผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกเชิงพาณิชย์ในประเทศจีน ทั้งด้านความถูกต้องของฉลากและลักษณะ

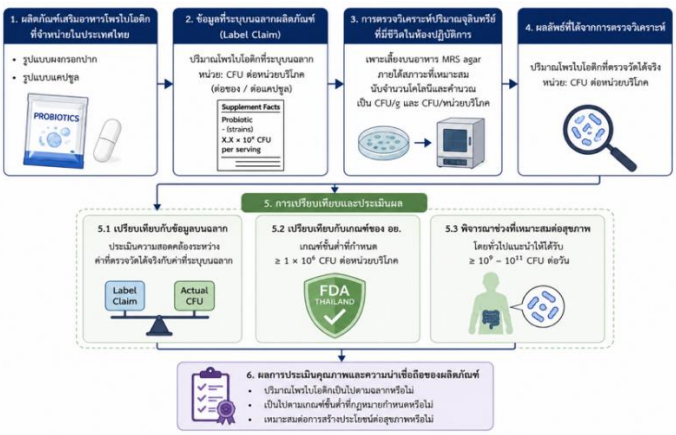
ของเชื้อโพรไบโอติกที่แยกได้จากผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์บางรายการมีความไม่สอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ระบุบนฉลากกับผลการตรวจสอบจริง ทั้งในด้านการแสดงข้อมูลและคุณลักษณะของจุลินทรีย์ที่พบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการ[9]

ในปี 2564 V. Fusco และคณะ ได้ตีพิมพ์บทความ Authenticity of probiotic foods and dietary supplements: A pivotal issue to address โดยทบทวนประเด็นด้านความแท้จริงและความถูกต้องของผลิตภัณฑ์อาหารและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติก ผลการทบทวนชี้ให้เห็นว่าความถูกต้องของฉลาก การระบุชนิดหรือสายพันธุ์จุลินทรีย์ และปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิต เป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการตรวจสอบอย่างจริงจัง เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคและยกระดับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก[10]

ในปี 2567 ที่ประเทศมาเลเซีย C. L. L. Chua และคณะ ได้ตีพิมพ์บทความ Evaluation of commercial probiotic supplements in Malaysia for registration status, labelling compliance, and probiotic contents โดยประเมินผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกเชิงพาณิชย์ในประเทศมาเลเซีย ทั้งด้านสถานะการขึ้นทะเบียน ความสอดคล้องของฉลาก และปริมาณโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกบางรายการยังมีปัญหาด้านความถูกต้องของฉลากและปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบจริงเมื่อเทียบกับข้อมูลที่แสดงต่อผู้บริโภค[11]

ในปี 2568 ที่ประเทศกานา M. Fredua-Agyeman และ A. O. Larbi ได้ตีพิมพ์บทความ Accuracy of probiotic labelling and content of commercial products in Accra, Ghana โดยศึกษาความถูกต้องของฉลากและปริมาณโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่จำหน่ายในเมืองอักกรา ประเทศกานา ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์บางรายการมีข้อมูลฉลากและปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบจริงไม่สอดคล้องกัน ซึ่งสนับสนุนความจำเป็นของการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกในแต่ละประเทศอย่างต่อเนื่อง[12]

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกอาจได้รับผลกระทบจากกระบวนการผลิต การเก็บรักษา และระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้จริงอาจแตกต่างจากข้อมูลที่ระบุบนฉลาก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยโดยมุ่งเปรียบเทียบปริมาณโพรไบโอติกที่ระบุบนฉลากกับค่าที่ตรวจวัดได้จริง และประเมินผลตามเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดงานวิจัย (Conceptual Framework)

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโพรไบโอติกในรูปหน่วย Colony Forming Units (CFU) ที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทย และเปรียบเทียบกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์ รวมถึงประเมินว่าปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงเป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทยกำหนดไว้ คือไม่น้อยกว่า 1×10^6 CFU ต่อหน่วยบริโภค และเปรียบเทียบกับช่วงปริมาณที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 1×10^9 ถึง 1×10^{11} CFU ต่อวันหรือไม่

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่วางจำหน่ายในประเทศไทย จำนวน 10 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากช่องทางออนไลน์ 5 ตัวอย่าง และจากร้านค้าทั่วไป 5 ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษาต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการระบุปริมาณโพรไบโอติกบนฉลากอย่างชัดเจน และอยู่ในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ยังไม่หมดอายุ โดยครอบคลุมรูปแบบผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผงกรอกปาก และแคปซูล (ตารางที่1)

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	รหัสตัวอย่าง	รูปแบบผลิตภัณฑ์	วันผลิต	วันหมดอายุ	ปริมาณ CFU ตามฉลาก	หน่วยบริโภค	อุณหภูมิขณะรับ	วันรับตัวอย่าง
1	ONLINE1	ผงกรอกปาก	11/02/69	10/02/71	32 BCFU	1 ซอง (4 กรัม)	31 °C	10/03/26
2	ONLINE2	ผงกรอกปาก	06/02/69	06/02/71	10 BCFU	1 ซอง (3 กรัม)	31 °C	26/01/26
3	ONLINE3	ผงกรอกปาก	08/09/68	07/09/70	20 BCFU	1 ซอง (2 กรัม)	29 °C	27/01/69
4	ONLINE4	ผงกรอกปาก	17/11/68	18/11/70	12.5 BCFU	1 ซอง (3 กรัม)	31 °C	28/01/69
5	ONLINE5	ผงกรอกปาก	06/01/69	05/01/71	15 BCFU	1 ซอง (3 กรัม)	31 °C	28/01/69
6	OFFLINE1	ผงกรอกปาก	18/08/68	17/08/70	16 BCFU	1 ซอง (3 กรัม)	32 °C	30/01/69
7	OFFLINE2	ผงกรอกปาก	31/10/68	31/10/70	1000 BCFU	1 ซอง (2 กรัม)	32 °C	30/01/69
8	OFFLINE3	ผงกรอกปาก	30/10/68	29/10/70	12 BCFU	1 ซอง (3 กรัม)	32 °C	10/03/26
9	OFFLINE4	ผงกรอกปาก	08/12/68	07/12/70	13.5 BCFU	1 ซอง (3 กรัม)	32 °C	10/03/69
10	OFFLINE5	เม็ดแคปซูล	15/10/68	15/10/70	75 BCFU	1 เม็ด (0.6 กรัม)	32 °C	10/03/69

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์และผลการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา โดยข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย รูปแบบผลิตภัณฑ์ ปริมาณที่ระบุบนฉลาก ปริมาณต่อหน่วยบริโภค ผลการตรวจนับจำนวนโคโลนี และค่าปริมาณโพรไบโอติกที่คำนวณได้ในรูป CFU ต่อกรัม และ CFU ต่อหน่วยบริโภค จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทย จำนวน 10 ตัวอย่าง จากช่องทางออนไลน์และร้านค้าทั่วไป โดยเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีการระบุปริมาณโพรไบโอติกบนฉลากอย่างชัดเจน

และยังไม่หมดอายุ จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ โดยละลายตัวอย่างตามปริมาณที่แนะนำต่อหนึ่งหน่วยบริโภคด้วยน้ำเกลือปราศจากเชื้อ 0.85% NaCl แล้วทำการเจือจางแบบต่อเนื่อง เพื่อให้จำนวนจุลินทรีย์อยู่ในช่วงที่สามารถนับโคโลนีได้อย่างเหมาะสม ประมาณ 30–300 CFU ต่อจาน หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการเจือจางไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe agar หรือ MRS agar โดยหยอดตัวอย่างลงบนจานเพาะเชื้อในปริมาตรที่เหมาะสม และเกลี่ยให้กระจายอย่างสม่ำเสมอด้วยแท่งเกลี่ยรูปตัว L ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ จากนั้นนำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 ± 1°C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ตามแนวทางมาตรฐาน ISO 15214:1998 แล้วจึงตรวจนับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ศึกษา

การประเมินปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตในผลิตภัณฑ์อ้างอิงตามหลักเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการกล่าวอ้างว่าเป็นโพรไบโอติกต้องมีปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตไม่น้อยกว่า 1×10^6 CFU ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์[4] ดังนั้นในการศึกษานี้จึงใช้ค่าดังกล่าวเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับประเมินว่าผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างมีปริมาณโพรไบโอติกเป็นไปตามข้อกำหนดของประเทศไทยหรือไม่ และเปรียบเทียบกับช่วงปริมาณที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ คือประมาณ 1×10^9 ถึง 1×10^{11} CFU ต่อวัน หรือ 1–100 BCFU[5] โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปแบบตารางและสถิติเชิงพรรณนา

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทย และเปรียบเทียบกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์ โดยทำการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์จำนวน 10 ตัวอย่าง ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงและนับจำนวนโคโลนีในหน่วย Colony Forming Unit (CFU) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ de Man, Rogosa and Sharpe agar (MRS agar) ตามวิธีมาตรฐาน ISO 15214:1998 จากนั้นนำผลที่ได้มาคำนวณเป็น CFU ต่อกรัม และ BCFU ต่อหน่วยบริโภค เพื่อใช้ประเมินความสอดคล้องกับฉลาก เกณฑ์ขั้นต่ำของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และช่วงปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภค

เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้กับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลาก พบว่าผลิตภัณฑ์หลายตัวอย่างมีความคลาดเคลื่อนจากฉลาก โดย ONLINE1 มีค่าเบี่ยงเบน -91.50%, ONLINE2 -94.00%, ONLINE3 +380.00%, ONLINE4 -90.88%, ONLINE5 -90.20%, OFFLINE1 +4212.5%, OFFLINE2 -99.98%, OFFLINE3 -95.50%, OFFLINE4 -96.89% และ OFFLINE5 มีค่าต่ำกว่าฉลากอย่างมาก โดยผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงไม่สอดคล้องกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลากผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 2

ตาราง 2 ผลการคำนวณปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้ในรูปหน่วย BCFU ต่อหน่วยบริโภค และการเปรียบเทียบกับค่าที่ระบุบนฉลาก

ตัวอย่าง	รูปแบบ	BCFU /Serving	หน่วยบริโภคตามฉลาก	น้ำหนักต่อ serving (g)	CFU/g ที่คำนวณได้	ผลที่ตรวจได้ (BCFU/serving)	Deviation (%)
ONLINE1	ผงกรอกปาก	32	1 ซอง	4.0	6.8 $X10^{8}$	2.72	-91.50%
ONLINE2	ผงกรอกปาก	10	1 ซอง	3.0	2.0 $X10^{8}$	0.60	-94.00%
ONLINE3	ผงกรอกปาก	20	1 ซอง	2.0	4.8 $X10^{10}$	96.00	+380.00%
ONLINE4	ผงกรอกปาก	12.5	1 ซอง	3.0	3.8 $X10^{8}$	1.14	-90.88%
ONLINE5	ผงกรอกปาก	15	1 ซอง	3.0	4.9 $X10^{8}$	1.47	-90.20
OFFLINE1	ผงกรอกปาก	16	1 ซอง	3.0	2.3 $X10^{11}$	690	+4212.5%
OFFLINE2	ผงกรอกปาก	1000	1 ซอง	2.0	1.1 $X10^{8}$	0.22	-99.98%
OFFLINE3	ผงกรอกปาก	12	1 ซอง	3.0	1.8 $X10^{8}$	0.54	-95.50%
OFFLINE4	ผงกรอกปาก	13.5	1 ซอง	3.0	1.4 $X10^{8}$	0.42	-96.89%
OFFLINE5	เม็ดแคปซูล	75	1 เม็ด	0.6	2.0 $X10^{6}$	0.0012	-99.998%

เมื่อนำผลการตรวจวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ขั้นต่ำ 1×10^{6} CFU ต่อหน่วยบริโภค พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ตัวอย่างผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำดังกล่าว คิดเป็นร้อยละ 100 ของตัวอย่างที่ประเมินได้ โดยแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษายังคงมีปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้สำหรับผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก (ตารางที่ 3)

ตาราง 3 การจำแนกผลิตภัณฑ์ตามเกณฑ์ขั้นต่ำ 1×10^{6} CFU ต่อหน่วยบริโภค

ตัวอย่าง	ปริมาณที่ระบุตามฉลาก (BCFU/serving)	CFU/g ที่คำนวณได้	ผลการประเมิน
ONLINE1	32	6.8 $X10^{8}$	ผ่าน
ONLINE2	10	2.0 $X10^{8}$	ผ่าน
ONLINE3	20	4.8 $X10^{10}$	ผ่าน
ONLINE4	12.5	3.8 $X10^{8}$	ผ่าน
ONLINE5	15	4.9 $X10^{8}$	ผ่าน
OFFLINE1	16	2.3 $X10^{11}$	ผ่าน
OFFLINE2	1000	1.1 $X10^{8}$	ผ่าน
OFFLINE3	12	1.8 $X10^{8}$	ผ่าน
OFFLINE4	13.5	1.4 $X10^{8}$	ผ่าน
OFFLINE5	75	2.0 $X10^{6}$	ผ่าน

อย่างไรก็ตาม เมื่อประเมินเทียบกับช่วงปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งอยู่ในช่วง 1–100 BCFU ต่อวัน พบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในช่วงดังกล่าวจำนวน 4 ตัวอย่าง ได้แก่ ONLINE1, ONLINE3, ONLINE4 และ ONLINE5 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ต่ำกว่าช่วงดังกล่าว ได้แก่ ONLINE2, OFFLINE2, OFFLINE3, OFFLINE4 และ OFFLINE5 ขณะที่ OFFLINE1 มีค่าสูงกว่าช่วงที่เหมาะสม โดยมีค่าที่ตรวจวัดได้ 690.00 BCFU/serving (ตารางที่ 4)

ตาราง 4 ปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้ในหน่วย BCFU ต่อหน่วยบริโภค และการประเมินเทียบกับช่วงปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภค

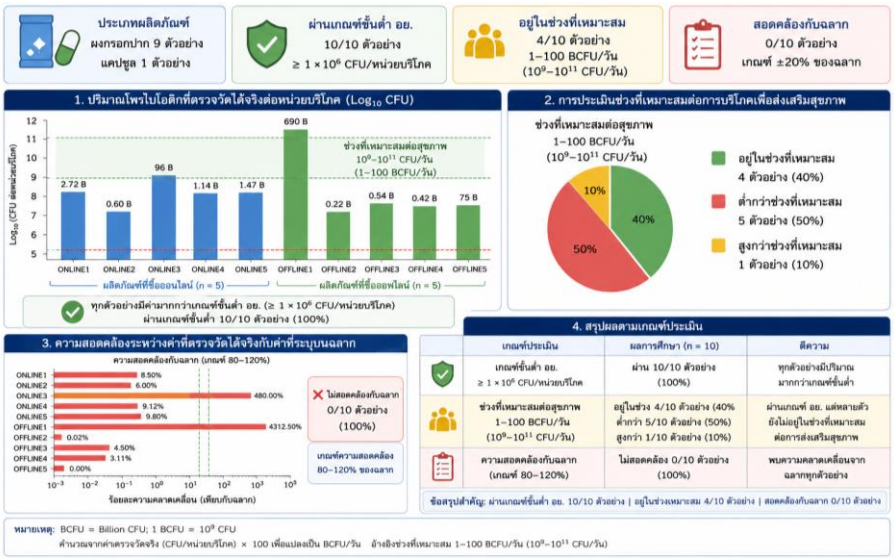
ตัวอย่าง	ปริมาณที่ระบุตามฉลาก (BCFU/serving)	CFU/g ที่คำนวณได้	BCFU/serving ที่คำนวณได้	ผลการประเมิน (ช่วง 1-100 BCFU/วัน)
ONLINE1	32	6.8×10^{8}	2.72	อยู่ในช่วง
ONLINE2	10	2.0×10^{8}	0.60	ต่ำกว่าช่วง
ONLINE3	20	4.8×10^{10}	96.00	อยู่ในช่วง
ONLINE4	12.5	3.8×10^{8}	1.14	อยู่ในช่วง
ONLINE5	15	4.9×10^{8}	1.47	อยู่ในช่วง
OFFLINE1	16	2.3×10^{11}	690.00	สูงกว่าช่วง
OFFLINE2	1000	1.1×10^{8}	0.22	ต่ำกว่าช่วง
OFFLINE3	12	1.8×10^{8}	0.54	ต่ำกว่าช่วง
OFFLINE4	13.5	1.4×10^{8}	0.42	ต่ำกว่าช่วง
OFFLINE5	75	2.0×10^{6}	0.0012	ต่ำกว่าช่วง

ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แม้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกทั้งหมดที่นำมาศึกษาจะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ 1×10^{6} CFU ต่อหน่วยบริโภค แต่เมื่อพิจารณาความสอดคล้องกับฉลากและช่วงปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภค พบว่าผลิตภัณฑ์หลายรายการยังมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณโพรไบโอติกที่ตรวจวัดได้จริงเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ระบุไว้บนฉลาก และไม่ได้อยู่ในช่วงปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภคทุกตัวอย่าง ส่งผลให้การตรวจสอบคุณภาพเชิงปริมาณของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกเป็นสิ่งสำคัญต่อการคุ้มครองผู้บริโภคและการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์.

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทย จำนวน 10 ตัวอย่าง พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนดไว้ คือไม่น้อยกว่า 1×10^{6} CFU ต่อหน่วยบริโภค อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ระบุบนฉลาก พบว่าหลายผลิตภัณฑ์มีค่าที่ตรวจวัดได้จริงไม่สอดคล้องกับข้อมูลบนฉลาก ทั้งในลักษณะที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่าที่ระบุไว้

เมื่อประเมินเทียบกับช่วงปริมาณที่เหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ คือประมาณ 1–100 BCFU ต่อวัน พบว่ามีเพียงบางผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในช่วงดังกล่าว ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงสะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทยยังมีความแปรผันของปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิต และควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลบนฉลากอย่างต่อเนื่อง เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคและยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ในอนาคต ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สรุปผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณโพรไบโอติกในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่จำหน่ายในประเทศไทย

อภิปรายผลการทดลอง

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกจำเป็นต้องมีจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตในปริมาณเพียงพอ ณ เวลาที่ผู้บริโภครับประทาน เนื่องจากความมีชีวิตของจุลินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพ ความน่าเชื่อถือ และโอกาสในการเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกทั้ง 10 ตัวอย่างผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทยกำหนดไว้ คือไม่น้อยกว่า 1×10^6 CFU ต่อหน่วยบริโภค อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่ระบุไว้บนฉลาก พบว่าหลายผลิตภัณฑ์มีค่าที่ตรวจวัดได้จริงแตกต่างจากข้อมูลบนฉลากอย่างชัดเจน ทั้งในลักษณะที่ต่ำกว่าและสูงกว่าค่าที่ระบุไว้

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Weese และ Martin ที่พบว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกเชิงพาณิชย์หลายรายการมีปริมาณจุลินทรีย์และชนิดของเชื้อไม่ตรงกับข้อมูลบนฉลาก[8] รวมถึงสอดคล้องกับการศึกษาของ Chen และคณะ ซึ่งรายงานว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกบางรายการมีความคลาดเคลื่อนทั้งด้านปริมาณจุลินทรีย์และความถูกต้องของข้อมูลฉลาก[9] นอกจากนี้ Fusco และคณะ ยังชี้ให้เห็นว่าความถูกต้องของฉลากและความแท้จริงของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการตรวจสอบอย่างจริงจัง เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความเชื่อมั่นของผู้บริโภคและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์[10]

ความแตกต่างระหว่างค่าที่ตรวจวัดได้จริงกับค่าที่ระบุบนฉลากอาจเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การระบุปริมาณโพรไบโอติก ณ วันที่ผลิตแทนปริมาณที่คงเหลือ ณ วันหมดอายุ การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งที่ไม่เหมาะสม การสัมผัสกับอุณหภูมิหรือความชื้นสูง รวมถึงความแตกต่างของเทคโนโลยีการผลิตและบรรจุภัณฑ์ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์บางรายการอาจมีการเติมจุลินทรีย์ในปริมาณสูงกว่าฉลากในช่วงเริ่มต้นการผลิต เพื่อชดเชยการลดลงของจำนวนเชื้อระหว่างอายุการเก็บรักษา ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าทำไมบางตัวอย่างจึงตรวจพบปริมาณโพรไบโอติกสูงกว่าค่าที่ระบุไว้บนฉลากอย่างมาก

เมื่อพิจารณาช่วงปริมาณที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ คือประมาณ 1×10^9 ถึง 1×10^{11} CFU ต่อวัน หรือ 1–100 BCFU ต่อวัน พบว่ามีผลิตภัณฑ์เพียง 4 ตัวอย่างที่อยู่ในช่วงดังกล่าว ขณะที่ 5 ตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม และ 1 ตัวอย่างมีค่าสูงกว่าช่วงดังกล่าว ผลนี้แสดงให้เห็นว่า แม้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามกฎหมาย แต่การผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำไม่ได้หมายความว่าผลิตภัณฑ์ทุกตัวจะมีปริมาณโพรไบโอติกอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ดังนั้น การพิจารณาคุณภาพผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกจึงไม่ควรพิจารณาเพียงการผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำเท่านั้น แต่ควรประเมินร่วมกับข้อมูลบนฉลาก ปริมาณต่อหน่วยบริโภค และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสายพันธุ์ของจุลินทรีย์

เมื่อพิจารณาตามช่องทางการจำหน่าย พบว่าผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายผ่านช่องทางออฟไลน์มีแนวโน้มตรวจพบปริมาณโพรไบโอติกต่ำกว่าช่วงที่แนะนำมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ แม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะไม่ได้ออกแบบเพื่อวิเคราะห์สาเหตุโดยตรง แต่ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านการจัดเก็บและการกระจายสินค้า เช่น ระยะเวลาการวางจำหน่ายบนชั้นสินค้า การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในร้านค้า ตลอดจนสภาพแวดล้อมระหว่างการขนส่งและการจัดเก็บ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่มีรายงานว่าส่งผลต่อความมีชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติก อย่างไรก็ตาม ประเด็นดังกล่าวยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมภายใต้การออกแบบการวิจัยที่สามารถควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้อย่างเหมาะสม

จากผลการศึกษานี้ หน่วยงานกำกับดูแลควรส่งเสริมให้มีการสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกในท้องตลาดอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ ซึ่งผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่ายและมีความหลากหลายสูง นอกจากนี้ ควรกำหนดแนวทางให้ผู้ผลิตระบุปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต ณ วันสิ้นอายุการเก็บรักษาอย่างชัดเจน รวมถึงควรระบุวิธีการตรวจวิเคราะห์หรือมาตรฐานที่ใช้ในการยืนยันปริมาณ CFU เพื่อเพิ่มความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือของข้อมูลบนฉลาก

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาอยู่ในระดับจำกัด และเป็นการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น จึงอาจยังไม่สามารถสะท้อนภาพรวมของผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกทั้งหมดในประเทศไทยได้ นอกจากนี้ การศึกษานี้ใช้วิธีการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์และนับจำนวนโคโลนี ซึ่งสามารถประเมินได้เฉพาะจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อภายใต้สภาวะที่กำหนดเท่านั้น แต่ไม่สามารถจำแนกสายพันธุ์ในระดับ strain-level หรือประเมินจุลินทรีย์ที่อยู่ในภาวะ viable but non-culturable ได้

โดยสรุป ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทยยังมีความแปรผันของปริมาณจุลินทรีย์มีชีวิตค่อนข้างมาก แม้ทุกตัวอย่างจะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำตามกฎหมาย แต่หลายผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลบนฉลากหรือไม่อยู่ในช่วงที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ จึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพเชิงปริมาณอย่างต่อเนื่อง เพื่อสนับสนุนการคุ้มครองผู้บริโภคและยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่จำหน่ายในประเทศไทยมีความแตกต่างระหว่างปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจวัดได้จริงกับข้อมูลที่ระบุบนฉลาก แม้ว่าทุกผลิตภัณฑ์จะผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ดังนั้น หน่วยงานกำกับดูแลควรมีการสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกในท้องตลาดอย่างสม่ำเสมอ เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลบนฉลากและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ขณะเดียวกัน ผู้ผลิตควรระบุข้อมูลบนฉลากให้ครบถ้วน โดยเฉพาะปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิต ณ วันสิ้นอายุการเก็บรักษา รวมถึงชนิดและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มความโปร่งใสและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์

การศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์และล็อตการผลิตที่หลากหลายมากขึ้น รวมทั้งศึกษาปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความมีชีวิตของโพรไบโอติก เช่น สภาวะการเก็บรักษา การขนส่ง และระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนี้ ควรใช้เทคนิคทางชีววิทยาระดับโมเลกุล เช่น Polymerase Chain Reaction (PCR) หรือ Whole Genome Sequencing (WGS) ร่วมกับการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ เพื่อยืนยันชนิดและสายพันธุ์ของโพรไบโอติก และเพิ่มความครอบคลุมในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

1. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, Morelli L, et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2014;11(8):506–514.
2. Mordor Intelligence. *Thailand Probiotics Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2025–2030)*. Hyderabad: Mordor Intelligence; 2025.
3. International Organization for Standardization. Microbiology of food and animal feeding stuffs — General requirements and guidance for microbiological examinations. ISO; 2007.
4. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกในอาหาร. นนทบุรี: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา; 2560.
5. Tripathi MK, Giri SK. Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage. *J Funct Foods.* 2014;9:225–241
6. Ministry of Public Health. Notification of the Ministry of Public Health regarding probiotic microorganisms in foods. Nonthaburi: FDA Thailand; 2017.
7. FAO/WHO. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization; 2002.
8. Weese JS, Martin H. Assessment of commercial probiotic bacterial contents and label accuracy. *Can Vet J*. 2011;52(1):43–46.
9. Chen T, Shi X, Zhang Y, Jin Y, Chen D, Zhao X. Assessment of commercial probiotic products in China for labelling accuracy and probiotic characterization of selected isolates. *Food Control*. 2016;66:123–130. doi:10.1016/j.foodcont.2016.01.037.
10. Fusco V, Fanelli F, Chieffi D, Gallone A, Mita G, Picariello G, et al. Authenticity of probiotic foods and dietary supplements: A pivotal issue to address. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 2021;62(1):1–18. doi:10.1080/10408398.2021.1907300.
11. Chua CLL, Lee SY, Yeo SK. Evaluation of commercial probiotic supplements in Malaysia for registration status, labelling compliance, and probiotic contents. *Malaysian Journal of Nutrition*. 2024;31(1):1–18. doi:10.31246/mjn-2024-0030.
12. Fredua-Agyeman M, Larbi AO. Accuracy of probiotic labelling and content of commercial products in Accra, Ghana. *PLOS ONE*. 2025;20(3):e0322194. doi:10.1371/journal.pone.0322194.

การศึกษาสารเคอร์คูมินในน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่ม (Functional drink) ที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์

STUDY OF CURCUMIN CONTENT IN READY-TO-DRINK TURMERIC BEVERAGES (FUNCTIONAL DRINKS) AVAILABLE THROUGH ONLINE DISTRIBUTION CHANNELS

ปิญารมณ์ เจริญวัชกุล*

PIYAROM JAROENWATCHAKUL

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130713@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย**

PHAWIT NORCHAI

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com

บทคัดย่อ

เคอร์คูมินคือส่วนประกอบที่พบมากที่สุดในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ที่พบในขมิ้นชัน ซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมสูงในพืชสมุนไพร และได้มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมถึงเครื่องดื่มน้ำขมิ้นชัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคอร์คูมินที่อยู่ในเครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์ เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ผู้บริโภคใช้ในตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องดื่มสุขภาพ โดยทำการสุ่มตรวจน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์ ด้วยกระบวนการสุ่มแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 14 ตัวอย่าง โดยผู้วิจัยเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการรับรองจากองค์การอาหารและยาที่ถูกผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย จากการศึกษาพบว่าเครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่ม (Functional Drink) จำนวน 14 ตัวอย่าง มีปริมาณสารเคอร์คูมินอยู่ในช่วงปริมาณ 0 – 1.177 mg/ml โดยทุกเครื่องดื่มที่มีปริมาณเคอร์คูมินที่มีความคลาดเคลื่อนกับปริมาณเคอร์คูมิน (ระบุเป็น Turmeric) โดยตัวอย่างที่มีปริมาณเคอร์คูมินสูงที่สุดคือตัวอย่าง A7 (1.177± 0.0008) และตัวอย่างที่ตรวจไม่พบเคอร์คูมินคือเครื่องหมายการค้าที่ 4 (A4, B4) หากเรียงลำดับผลการตรวจพบหากเรียงลำดับปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบต่อหนึ่งหน่วยบริโภคจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ตัวอย่าง A7, ตัวอย่าง A1, ตัวอย่าง A5, ตัวอย่าง B7, ตัวอย่าง B5, ตัวอย่าง B1, ตัวอย่าง B3, ตัวอย่าง A3, ตัวอย่าง A6, ตัวอย่าง B6, ตัวอย่าง A2, ตัวอย่าง B2 และตัวอย่าง A4, B4 เมื่อหาความสัมพันธ์กับตัวแปร ได้แก่ ลักษณะบรรจุภัณฑ์ สีของน้ำ และค่าความเป็นกรดด่าง (PH) พบว่า สีของน้ำที่บ่งบอกถึงปริมาณเคอร์คูมินมากต้องเป็นสีเหลืองสว่างมากกว่าสีอื่น ๆ ส่วนบรรจุภัณฑ์ทึบแสงจะพบเคอร์คูมินมากกว่าภัณฑ์จุภัณฑ์แบบใส แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วยเช่น การใส่เคอร์คูมินปริมาณมากกว่าฉลากเพื่อป้องกันการสูญสลายจากสภาพแวดล้อมก็สามารถพบเคอร์คูมินได้ปริมาณสูงได้เช่นกัน และเมื่อทดสอบความเป็นกรดด่างจะพบว่าเคอร์คูมินเมื่อถูกเก็บในสภาวะเป็นกรดมากจะพบเคอร์คูมินปริมาณมากกว่ากรดน้อยหรือภาวะกลาง-เบส

คำสำคัญ: ขมิ้นชัน,เคอร์คูมิน, เครื่องดื่มขมิ้นชัน

Abstract

Curcumin, the principal compound in the curcuminoid group found in turmeric, has gained increasing popularity as an herbal ingredient. It has been widely developed into various products, including turmeric-based beverages. This study aimed to determine the curcumin content of ready-to-drink turmeric beverages marketed on online platforms, to provide consumers with essential information for making informed decisions about health drink selection. A purposive sampling method was employed to select 14 products that were approved by the Thai Food and Drug Administration and manufactured and distributed in Thailand. The results revealed that curcumin content ranged from 0 to 1.177 mg/mL across all samples. All products demonstrated discrepancies between the measured curcumin content and the labeled turmeric content. The highest curcumin content was observed in sample A7 (1.177 ± 0.0008 mg/mL), while no curcumin was detected in samples A4 and B4. When ranked by curcumin content per serving, the order from highest to lowest was A7, A1, A5, B7, B5, B1, B3, A3, A6, B6, A2, B2, and A4/B4. Additionally, factors influencing curcumin levels were examined, including packaging type, beverage color, and pH value. Bright yellow coloration was associated with higher curcumin content, and opaque packaging tended to preserve higher levels compared to transparent packaging. However, these factors may also be influenced by formulation strategies, such as adding excess curcumin to compensate for degradation. Furthermore, curcumin was found to be more stable and present in higher quantities under acidic conditions compared to neutral or alkaline environments.

Keywords: Turmeric, Curcumin, Functional Drink

บทนำ

โรคไม่ติดต่อ (Noncommunicable Diseases: NCDs)[1] เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของประชากรไทยและทั่วโลกจำนวน 40 ล้านคนต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 74 ของจำนวนการเสียชีวิตทั้งหมดทั่วโลก ซึ่งพบว่าสาเหตุหลักของโรคไม่ติดต่อ (Noncommunicable Diseases: NCDs) คือเกิดการอักเสบของเนื่อเยื่อและหลอดเลือดตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ส่งผลให้เกิดโรคที่เกิดจากกระบวนการอักเสบ เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคไต โรคมะเร็ง โรคทางพันธุกรรมยังรวมถึงโรคไขมัน เป็นต้น ปัจจุบันมีการใช้สมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านอักเสบในการป้องกันและรักษาโรคมากขึ้น ซึ่งสมุนไพรสามอันดับต้น ๆ ที่คนนิยมใช้มากที่สุดนั่นก็คือ “ขมิ้นชัน”

ขมิ้นชัน[2-5] เป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์ Anti-Inflammatory, Antioxidant, NF-KB modulation, Nrf2 activation, Anti-fibrotic, Anti-metabolic syndrome จึงมีงานวิจัยมากมายที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับพืชชนิดนี้ที่ช่วยชะลอการเป็นโรคกระดูกพรุน Osteoarthritis, รักษาและบรรเทาโรคกระเพาะ Dyspepsia, ไขมันพอกตับ NAFLD เป็นต้น ซึ่งขมิ้นชันนั้นเป็นพืชสมุนไพรที่พบได้ในแถบเขตร้อนของทวีปเอเชีย มีวิจัยทั้งในไทยและต่างประเทศเกี่ยวกับประโยชน์ของขมิ้นชัน ซึ่งมีสารสำคัญเรียกว่าเคอร์คูมินอยด์ เป็นกลุ่มสารสีเหลืองส้มประกอบด้วยสารสำคัญ 3 ชนิดได้แก่ เคอร์คูมิน, เดเมทอกซี่เคอร์คูมิน และบิสเดเมททอกซี่เคอร์คูมิน ซึ่งสารที่ออกฤทธิ์หลักคือ เคอร์คูมิน (Curcumin) สามารถพบได้ในพืชตระกูลเหง้า และพบมากที่สุดในขมิ้นชัน การบริโภคขมิ้นชันในชีวิตประจำวันนั้นนอกจากจะได้จากอาหารโดยธรรมชาติแล้ว ปัจจุบันยังมีการนำขมิ้นชันมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น แบบผงชงดื่ม ผงอัดเม็ด และที่น่าสนใจคือรูปแบบ เครื่องดื่มฟังก์ชัน เพราะเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในช่วงปีที่ผ่านมา และพบข้อมูลเกี่ยวกับตลาดเครื่องดื่มฟังก์ชัน[6] พบว่าปี 2024 เครื่องดื่มฟังก์ชันทั่วโลกกำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว รวมถึงการตลาดในไทย[7] ในปี 2566 มีมูลค่าสูงถึง 7,000 ล้านบาท ซึ่งการเติบโตนี้เกิดจากความต้องการของผู้บริโภค ที่หันกลับมาให้ความสำคัญต่อสุขภาพมากขึ้นโดยเฉพาะเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น เครื่องดื่มให้พลังงาน น้ำผลไม้เสริมวิตามิน เครื่องดื่มโพรไบโอติกส์ เป็นต้น

ขมิ้นชันแบบชนิดน้ำบรรจุขวดพร้อมดื่ม จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของกลุ่มคนที่ไม่สะดวกที่จะรับประทานแบบผงแคปซูล แต่การสูญเสียคุณค่าของเคอร์คูมินซึ่งเป็นสารออกฤทธ์ที่อยู่ในน้ำขมิ้นชันนั้นเป็นประเด็นที่น่าสนใจและควรพิจารณาในแง่ของกระบวนการผลิตและเก็บรักษา เนื่องจากเคอร์คูมินนั้นมีสารประกอบทางเคมีที่ไม่ทนต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งส่งผลต่อความเสถียรและประสิทธิภาพของสารนี้ได้

คำถามและวัตถุประสงค์งานวิจัย

เนื่องจากเครื่องดื่มมีการระบุปริมาณของขมิ้นชันบนฉลากจึงเกิดคำถามว่าเคอร์คูมินที่อยู่ในน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่ม เมื่อถึงมือผู้บริโภคจะมีปริมาณสารเคอร์คูมิน คงเหลือตรงตามที่ระบุไว้ข้างฉลากบรรจุภัณฑ์หรือไม่ โดยวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาสารเคอร์คูมินในผลิตภัณฑ์น้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ที่ถูกผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยและทำการส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการด้วยวิธี HPLC

ทบทวนวรรรกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ทดลองเกี่ยวการสลายตัวของเคอร์คูมิน

จากการทดลองในปี 2016 ในประเทศไทย[8] ทำการสกัดเคอร์คูมินจากขมิ้นชันแห้ง ที่ควบคุมอุณหภูมิต่าง ๆ (25, 40 และ 50 องศาเซลเซียส) ด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดทั้ง Methanol และ Ethanol โดยใช้ระยะเวลาการสกัดที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารเคอร์คูมิน พบว่าหากใช้อุณภูมิในการสกัดที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ความเข้มข้นของสารเคอร์คูมินที่สกัดได้จะมีแนวโน้มลดลง

ในปี 2016 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ศึกษาผลกระทบของค่า pH[9] โดยเคอร์คูมินบริสุทธิ์จะแสดงความไม่เสถียรต่อการสลายตัวทางเคมีในสารละลายน้ำด่าง (pH ≥ 7.0) และมักจะตกผลึกออกจากสารละลายกรด (pH < 7) ผลกระทบเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของเคอร์คูมินภายใต้เงื่อนไข pH ที่แตกต่างกัน โดยผลึกของเคอร์คูมินที่เกิดขึ้นมีขนาดค่อนข้างใหญ่ (10–50 ไมครอน) ซึ่งทำให้เคอร์คูมินตกตะกอนอย่างรวดเร็ว การนำเคอร์คูมินมาผสมในอิมัลชันที่มีน้ำและน้ำมันเป็นส่วนผสม พบว่าช่วยเพิ่มความสามารถในการคงสภาพและคงความเสถียรทางเคมีของเคอร์คูมิน หลังจากการควบคุมให้อยู่ภายใต้อุณหภูมิ 37 °C เป็นเวลา 1 เดือน พบว่าเคอร์คูมินยังคงความเสถียรในสภาวะความเป็นกรด (pH < 7) มากกว่า 85% ในขณะที่เก็บที่ pH 7.0, 7.4 และ 8.0 มีการคงอยู่ของเคอร์คูมิน 62%, 60% และ 53% ตามลำดับ สีของอิมัลชันที่มีเคอร์คูมินยังคงมีสีเหลืองเมื่อเก็บในสภาวะกรด แต่สีเหลืองจะจางหายไปเมื่อเก็บในสภาวะด่าง

ในปี 2013 ที่ประเทศเกาหลีใต้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเสถียรของเคอร์คูมินภายใต้รังสีอัลตราไวโอเลต (UV)[10] ได้รับการวิเคราะห์โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดคือ น้ำกลั่น (DW) และ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (PBS) จากงานวิจัยพบว่าเคอร์คูมินมีความเสถียรน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสัมผัสกับรังสีอัลตราไวโอเลตทั้งในสภาพตัวทำละลายน้ำกลั่น และฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ยังพบอีกว่าอัตราการสลายตัวของเคอร์คูมินเร็วยิ่งขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของ pH รังสี UV ทำให้เคอร์คูมินที่เหลือในทุกสภาพ pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสรุปคือรังสี UV มีส่วนเร่งการสลายตัวที่ pH สูงขึ้น โดยหลังจากการสัมผัสรังสี UV เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่ pH[8] พบว่าเคอร์คูมินถูกทำลายไปประมาณ 70%

ในปี 2013 ที่ประเทศอินเดียได้ศึกษาการสลายตัวของเคอร์คูมิน[11] พบว่าเคอร์คูมินเป็นสารไฟโตเคมิคอลสีเหลืองที่ได้จาก Curcuma Longa จากการศึกษาพบว่าเคอร์คูมินไม่ละลายในน้ำและไวต่อสภาวะที่มีค่า pH สูงงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาความไวของเคอร์คูมินในน้ำและในสภาวะ pH ต่าง ๆ ทั้งในที่มืดและเมื่อได้รับแสง มีการเลือกใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ได้แก่ 1, 1.2, 6.8, 7 และ 7.4 ผลการศึกษาพบว่าการสลายตัวของเคอร์คูมินขึ้นอยู่กับค่า pH โดยการสลายตัวเกิดขึ้นเร็วขึ้นภายใต้สภาวะที่เป็นกลางถึงด่าง ในขณะที่เคอร์คูมินมีความเสถียรมากกว่าในสภาวะที่เป็นกรดและความเสถียรจะลดลงเมื่อค่า pH เพิ่มขึ้น

ในปี 2016 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทำการศึกษาการสลายตัวของเคอร์คูมิน ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนหรือสารก่อปฏิกิริยาออกซิเดชัน[12] เช่น เอนไซม์ออกซิเดส หรืออนุมูลอิสระ

(Reactive Oxygen Species: ROS) การย่อยสลายของเคอร์คูมินเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระที่มีการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของกระบวนการออกซิเดชันจากออกซิเจน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการตรวจเคอร์คูมิน วิธีการตรวจวิเคราะห์สารเคอร์คูมิน (Curcumin)[13] มีหลายวิธีที่ได้รับการพัฒนาเพื่อวัดปริมาณหรือวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของสารเคอร์คูมินในตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อาหาร เครื่องสำอาง และงานวิจัย โดยทั่วไป วิธีการตรวจสอบสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มหลัก ดังนี้ (1) High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและแม่นยำที่สุดในการวิเคราะห์เคอร์คูมิน ใช้แยกและวัดปริมาณสารออกฤทธิ์ในตัวอย่างได้อย่างละเอียด โดยเฉพาะเมื่อใช้คอลัมน์ C18 และตรวจวัดด้วย UV-Vis Detector (ที่ความยาวคลื่นประมาณ 425-450 นาโนเมตร) ข้อดีของวิธี HPLC คือมีความแม่นยำและความละเอียดสูงสามารถตรวจสารระดับต่ำได้ สามารถแยกสารประกอบที่คล้ายคลึงกัน เช่น Curcumin, Desmethoxycurcumin และ Bisdemethoxycurcumin

ในปี 2017 ที่ประเทศไทยได้ศึกษาและวิจัยความใช้ได้ของวิธีทดสอบหาปริมาณเคอร์คูมินในตัวอย่างขมิ้นชันผงด้วยเทคนิค High-Performance Thin-Layer Chromatography (HPTLC)[13] โดยใช้ HPTLC Plate Silica Gel 60 ใช้สารละลายเฟสเคลื่อนที่คือ Toluene : Dichloromethane: Ethanol: Acetic Acid (39: 59: 2: 2, v/v/v/v) ค่าการตรวจวัดที่ 420 nm พบว่ามีความเป็นเส้นตรงที่ระดับความเข้มข้น 50 -150 µg/mL ได้ค่า Correlation Coefficient (r) เท่ากับ 0.9993 การทดสอบความแม่น มีร้อยละการคืนกลับอยู่ในช่วง 99.10 – 101.47 การทดสอบความเที่ยง (Repeatability) อยู่ ในช่วง 0.17 – 0.59 และ Intermediate Precision เท่ากับ 0.48 % RSD มีระดับต่ำสุดที่สามารถวัดปริมาณเคอร์คูมินได้ในตัวอย่าง (LOQ) เท่ากับ 50 µg/mL และสามารถแยกเคอร์คูมินออกจาก Bisdemethoxycurcumin และ Demethoxycurcumin ได้ ดังนั้นจากผลการทดสอบความใช้ได้ของวิธีอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ สามารถนำไปทดสอบหาปริมาณสารสำคัญ เคอร์คูมินในตัวอย่างขมิ้นชันผงได้ (2) Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) ใช้สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการเปลี่ยนรูปให้อยู่ในรูปสารที่ระเหยได้ ข้อดีคือเหมาะกับการตรวจสารตกค้าง แต่ข้อเสียคือไม่เหมาะสำหรับตัวอย่างที่ไม่ระเหย (3) วิธีทางสเปกโตรสโคปี (Spectroscopy) UV-Vis Spectroscopy ใช้วัดการดูดกลืนแสงของเคอร์คูมินที่ช่วงความยาวคลื่นเฉพาะ (ประมาณ 420 นาโนเมตร) ข้อดีคือใช้ง่าย รวดเร็วเหมาะสำหรับการทดสอบเบื้องต้น แต่ข้อเสียคือความแม่นยำต่ำเมื่อเทียบกับ HPLC (4) วิธีทางชีวภาพ (Bioanalytical Methods) Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ใช้แอนติบอดีเฉพาะเจาะจงต่อเคอร์คูมิน ข้อดีคือเหมาะสำหรับตัวอย่างชีวภาพ แต่ข้อเสียคือต้องใช้แอนติบอดีที่เฉพาะเจาะจง โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธี HPLC เป็นวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา ซึ่งสะดวก แม่นยำ ใช้เวลาในการตรวจประมาณ 25 นาทีต่อการตรวจ 1 ครั้ง ถือเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นงานวิจัยขั้นปฐมภูมิ (Primary Research) ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มฟังก์ชันทั้งหมดที่จำหน่ายทางช่องทางออนไลน์ ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกมีจำนวน 7 เครื่องหมายการค้า 14 ตัวอย่าง (เครื่องหมายการค้าละ 2 ตัวอย่าง) ลักษณะขวดต่างๆทั้งเป็นพลาสติกและแก้ว ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบได้ทั่วไปจากช่องทางออนไลน์ ผลิตภัณฑ์ต้องได้รับการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) มีข้อมูลบนฉลากครบถ้วน ได้แก่ วันผลิต วันหมดอายุ หมายเลขล็อตการผลิตต้องล็อตเดียวกันใน (ผลิตใหม่อายุภายใน 1 เดือนก่อนส่งห้องปฏิบัติการ) ส่วนประกอบสำคัญ แหล่งผลิตรวมทั้งบรรจุภัณฑ์อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และมีปริมาตรไม่น้อยกว่า 50 ml. เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณขั้นต่ำของห้องปฏิบัติการ

เมื่อได้ตัวอย่างครบถ้วนผู้วิจัยได้ทำการบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ มีการปกปิดเครื่องหมายการค้าโดยการแกะฉลากออกทั้งหมด ติดรหัสตัวอย่างที่บรรจุภัณฑ์ A1-A7(เครื่องหมายการค้า 1-7 ตรวจครั้งที่1), B1-B7 (เครื่องหมายการค้า 1-7 ตรวจครั้งที่ 2) ถูกจัดเก็บในที่เย็นและพ้นแสง โดยตัวอย่างเครื่องดื่มจะไม่ถูกเปิดผนึกจนกว่าจะถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการของบริษัทวิสไบโอจำกัด ห้อง 7910 ชั้น 9 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์: 098-635-4197, 089-056-5651, 062-395-1996 โดยใช้วิธีตรวจ HPLC เครื่องมือทดสอบคือ HITACHI Primade วิธีทดสอบ (1) นำตัวอย่างทดสอบทั้ง 14 ตัวอย่างเจือจาง 1 เท่า และ 10 เท่า (2) นำสารละลายตัวอย่างทำการกรองด้วย Syring Filter 0.22 ไมโครกรัม จากนั้นทำการฉีดสารละลายตัวอย่างปริมาตร 5 ไมโครลิตรเข้าสู่คอลัมน์ชนิดที่ C18 (3) วิเคราะห์ปริมาณสารเปรียบเทียบกับสารมาตราฐานเคอร์คูมิน โดยการนำพื้นที่ใต้กราฟที่ตรงกับสารมาตราฐานวิเคราะห์หาปริมารสาร โดยในแต่ละตัวอย่างจะได้รับการตรวจ 3 ครั้ง ดังนั้นใน 1 เครื่องหมายการค้าจะได้รับการตรวจทั้งหมด 6 ครั้ง ซึ่งการศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเคอร์คูมินกับลักษณะบรรจุภัณฑ์ สีของน้ำขมิ้นชันและความเป็นกรดด่าง

อภิปรายผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินในผลิตภัณฑ์น้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มจำนวน 7 เครื่องหมายการค้า รวม 14 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิค HPLC พบว่าปริมาณสารเคอร์คูมินมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างตัวอย่าง โดยบางผลิตภัณฑ์ตรวจพบสารเคอร์คูมินในระดับสูง ขณะที่บางตัวอย่างไม่สามารถตรวจพบสารดังกล่าวได้ในช่วงการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์[9]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคอร์คูมินในเครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่ม (Functional Drink)

ลำดับ	รหัสตัวอย่าง	ค่า PH	ปริมาณของสารเคอร์คูมิน (mg/ml)	ปริมาณน้ำขมิ้นชัน/หน่วยบริโภค (ml)	ปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (mg)	ปริมาณสารเคอร์คูมินต่อหนึ่งหน่วยบริโภคที่ระบุไว้บนฉลาก (mg)	เปรียบเทียบสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบต่อสารเคอร์คูมินที่ระบุบนฉลาก (%)
1	A1	2.51	0.557 ± 0.0016	150	83.55	3.6 - 12	สูงกว่าฉลาก 596% - 2220% (6-22 เท่า)
2	A2	4.5	0.003 ± 0.0007	30	0.09	0.5 - 1.7	น้อยกว่าฉลาก 82–95% (5.6–18.9 เท่า)
3	A3	2.89	0.395 ± 0.0127	30	11.85	90 - 300	น้อยกว่าฉลาก 86.8–96.1% (7.6 ถึง 25 เท่า)
4	A4	4.91	0	100	0	0.24 - 0.8	น้อยกว่าฉลาก 100%
5	A5	1.92	0.916 ± 0.0009	90	82.44	240 - 266	น้อยกว่าฉลาก 66–69% (2.9–3.2 เท่า)
6	A6	2.2	0.222 ± 0.0020	50	11.1	70 - 200	น้อยกว่าฉลาก 84–94% (6.3 -18.0 เท่า)
7	A7	2.27	1.177 ± 0.0008	100	117.7	980 – 2,800	น้อยกว่าฉลาก 88–96% (8–24 เท่า)
8	B1	2.49	0.491 ± 0.0025	150	73.65	3.6 - 12	สูงกว่าฉลาก 614% - 2046% (6-22 เท่า)
9	B2	4.54	0.002 ± 0.0007	30	0.06	0.5 - 1.7	น้อยกว่าฉลาก 88–96% (8–28 เท่า)
10	B3	2.9	0.406 ± 0.0329	30	12.18	90 - 300	น้อยกว่าฉลาก 4.3–14.2% (7–23 เท่า)
11	B4	4.84	0	100	0	0.24 - 0.8	น้อยกว่าฉลาก 100%
12	B5	2.04	0.830 ± 0.0085	90	74.4	240 - 266	น้อยกว่าฉลาก 69–72% (3.2–3.6 เท่า)
13	B6	2.15	0.196 ± 0.0020	50	9.8	70 - 200	น้อยกว่าฉลาก 86–95% (7–20 เท่า)
14	B7	2.27	0.810 ± 0.0064	100	81	980 – 2,800	น้อยกว่าฉลาก 91.7–97.1% (12–35 เท่า)

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารเคอร์คูมินในแต่ละตัวอย่าง พบว่าตัวอย่าง A7 และ B7 มีปริมาณสารเคอร์คูมินสูงที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆในการศึกษา ในขณะที่ตัวอย่าง A4 และ B4 ตรวจไม่พบสารเคอร์คูมิน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่มีวัตถุดิบจากขมิ้นชัน[10] เมื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบกับข้อมูลที่ระบุบนฉลากผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่มีปริมาณสารเคอร์คูมินต่ำกว่าที่ระบุไว้บนฉลากโดยมีค่าความแตกต่างตั้งแต่ประมาณ 69% จนถึงมากกว่า 90% และบางตัวอย่างมีค่าความแตกต่างถึง 100% เนื่องจากไม่สามารถตรวจพบสารเคอร์คูมินได้[11] และหากนำตัวอย่าง A1 – B7 มาหาค่าเฉลี่ยและสรุปผลแยกเป็นแต่ละเครื่องหมายการค้า 1-7 และนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์แต่ละตัวแปรของสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบ

เครื่องหมายการค้า	สีของน้ำ	ลักษณะภาชนะบรรจุ	การจัดเก็บ/การขนส่ง	ค่า PH	ปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (mg)	%เคอร์คูมินที่ตรวจพบเทียบกับฉลาก
1		ขวดแก้วใส	ไม่ทราบ/ออนไลน์	2.46	78.6	907.70%
2		ขวดพลาสติกใส	ไม่ทราบ/ออนไลน์	4.52	0.08	-93.20%
3		ขวดพลาสติกขาวขุ่น	ไม่ทราบ/ออนไลน์	2.9	12.02	-93.80%
4		ขวดพลาสติกสีเขียวขุ่น	ไม่ทราบ/ออนไลน์	4.88	0	-100.00%
5		ขวดพลาสติกขาวขุ่น	ไม่ทราบ/ออนไลน์	1.98	78.42	-69.00%
6		ขวดแก้วสีชา	ไม่ทราบ/ออนไลน์	2.21	10.45	-92.30%
7		อลูมิเนียมทึบ	ไม่ทราบ/ออนไลน์	2.25	99.35	-94.70%

เมื่อนำมาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของบรรจุภัณฑ์กับปริมาณเคอร์คูมิน พบว่า ภาชนะสีชาหรือสีทึบทำให้คงเสถียรภาพของเคอร์คูมิน เพราะช่วยป้องกันแสง แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตว่าใส่ปริมาณเคอร์คูมินมากน้อยเพียงใด หากใส่ในปริมาณที่น้อยมาก ๆ ในผลิตภัณฑ์สีชาหรือทึบแสงก็อาจตรวจพบเคอร์คูมินน้อยหรือตรวจไม่พบดังเครื่องหมายการค้าที่ 4 และ 6 ในทางกลับกันถ้าถูกบรรจุในภาชนะใสแต่ผู้ผลิตใส่เคอร์คูมินปริมาณมาก และยังถูกจัดเก็บในที่มืดหรือทึบแสงก็จะสามารถตรวจพบเคอร์คูมินได้สูงเช่นกัน ดังตัวอย่างเครื่องหมายการค้าที่ 1

เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับสีของน้ำขมิ้นชันกับปริมาณเคอร์คูมินที่ตรวจพบของแต่ละเครื่องหมายการค้า พบว่าสีของน้ำบ่งบอกถึงปริมาณและความเข้มข้นของเคอร์คูมิน กล่าวคือ ถ้าน้ำขมิ้นชันมีสีเหลืองอร่ามจะมีเคอร์คูมินมากกว่าน้ำขมิ้นชันที่มีสีเหลืองออกน้ำตาลหรือสีดำ โดยเครื่องหมายการค้าที่ 1 ที่มีค่าเคอร์คูมินสูงมากกว่าฉลาก 907.7% สีของน้ำขมิ้นชันมีสีเหลืองอร่ามที่บ่งบอกถึงลักษณะของเคอร์คูมินชัดเจน และเครื่องหมายการค้าที่ 4 ตรวจไม่พบเคอร์คูมินหรือน้อยกว่าฉลาก 100% น้ำขมิ้นชันมีสีดำ ดังนั้นจากตัวอย่างทั้ง 7 เครื่องหมายการค้า หากน้ำขมิ้นชันมีโทนสีเหลืองสว่างจะตรวจพบเคอร์คูมินมากกว่าน้ำสีอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติของเคอร์คูมินที่เป็นรงควัตถุสีเหลืองตามธรรมชาติในขมิ้นชัน[10]

เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับการจัดเก็บและขนส่ง ความสัมพันธ์กับการจัดเก็บและขนส่งทั้ง 7 เครื่องหมายการค้า 14 ตัวอย่างเป็นตัวอย่างที่ผ่านการขนส่งทางออนไลน์ระยะเวลาการจัดเก็บไม่ทราบแน่ชัดว่าถูกจัดเก็บในที่มืดหรือมีแสงมากน้อยเพียงใด ซึ่งปัจจัยนี้เกินความควบคุมของผู้วิจัย แต่การขนส่งแต่ละตัวอย่างใช้ระยะเวลาเพียง 1-2 วัน เพราะได้กำหนดให้ใช้ขนส่งด่วน เพื่อต้องการให้เคอร์คูมินคงสภาพเดิมให้มากที่สุด

เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่าง (PH) ของน้ำขมิ้นชันพบว่าทุก 7 เครื่องหมายการค้ามีความเป็นกรดทั้งหมดโดยค่า PH อยู่ระหว่าง 1.98 - 4.91 โดยเครื่องหมายการค้าที่มีความเป็นกรดมาก จะพบปริมาณสารเคอร์คูมินอยู่มาก (เครื่องหมายการค้าที่ 1, 5, 7) และเครื่องหมายการค้าที่มีความเป็นกรดน้อยจะพบประมาณสารเคอร์คูมินได้น้อย (เครื่องหมายการค้าที่ 2, 4) จึงสรุปว่าสภาวะความเป็นกรดมากจะคงเสถียรภาพเคอร์คูมินได้มากกว่าสภาวะความเป็นกรดน้อยหรือภาวะด่างนั่นเอง[11]

จากการเทียบความสัมพันธ์ข้างต้นนั้นปริมาณสารเคอร์คูมินจะถูกตรวจพบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย สามารถอธิบายความเป็นไปได้โดยแบ่งเป็นกลุ่มสาเหตุหลัก ๆ ได้ดังนี้ (1) ความแปรปรวนของวัตถุดิบตัวอย่างอาจมีความเข้มข้นของเคอร์คูมินอยด์แตกต่างกันตามแหล่งดินและการเพาะปลูก ทำให้บางตัวอย่างสูงกว่าที่ระบุหรือบางล็อตต่ำกว่า และหากบางยี่ห้อใช้วัตถุดิบคุณภาพต่ำหรือใส่ในปริมาณน้อยก็ทำให้ตรวจพบน้อย หรือตรวจไม่พบ (2) ความไม่สม่ำเสมอของการผสมและการบรรจุทำให้มีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ (Non-Uniformity) ทำให้แต่ละหน่วยมีปริมาณต่างกัน นี่อาจอธิบายทั้งกรณีมากกว่าและน้อยกว่าได้ (3) การสูญเสียจากการการสลายตัวระหว่างการผลิตและเก็บรักษาเช่น อุณหภูมิ แสง สามารถลดปริมาณเคอร์คูมินในบางล็อต ทำให้น้อยกว่ากว่าฉลาก (4) การใช้สารเสริมปรุงแต่งที่มาตรฐานที่ต่างกัน ซึ่งผู้ผลิตจะระบุปริมาณของวัตถุดิบเป็นเปอร์เซนต์ ต่างจากค่าที่วิเคราะห์ในครั้งนี้ที่ตรวจวัดเฉพาะสารเคอร์คูมินเดี่ยว ๆ

(5) การบิดเบือนฉลาก (Labeling Practices): ฉลากอาจระบุค่าที่เป็น “Nominal” หรือค่าทฤษฎี ไม่ใช่ค่าจริงหลังการผลิต หรือใส่มากกว่าปกติเพื่อป้องกันการสูญสลายของเคอร์คูมิน

จากผลตรวจที่พบว่ามีเคอร์คูมินสูงกว่าฉลากนั้นอาจเกิดจากสาเหตุที่เคอร์คูมินมีการสูญสลายได้ง่าย ผู้ประกอบการจึงมองเห็นจุดด้อยตรงนี้จึงอาจมีการเติมสารเคอร์คูมินในปริมาณสูงเพื่อป้องกันการสลายตัวไปตามธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และเมื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับวิจัยที่ระบุการใส่ปริมาณสูงเพื่อป้องกันการสูญสลายของเคอร์คูมินในประเทศไทยยังไม่พบ แต่มีการศึกษาเกี่ยวกับวิตามินซีที่มีความอ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม และพบว่ามีการเติมสารวิตามินซีสูงกว่าฉลากจำนวนหลายเครื่องหมายการค้า[19]

ในด้านสุขภาพการประยุกต์ใช้ แม้ผู้บริโภคไม่ทราบระดับเคอร์คูมินที่แท้จริงเลือกซื้อน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มโดยพิจารณาเลือกซื้อเบื้องต้นจาก (1) เครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันที่สังเกตเห็นสีว่ามีสีเหลืองสว่างซึ่งบ่งบอกถึงความเข้มข้นของเคอร์คูมินมากกว่าน้ำขมิ้นชันที่มีสีอื่น ๆ เช่น สีดำ (2) เครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันที่บรรจุภัณฑ์มีสีเข้มทึบแสง มีฝาปิดสนิทเพื่อลดการกระทบจากแสงซึ่งเร่งการสูญสลายตัวของเคอร์คูมิน (3) หลีกเลี่ยงการซื้อเครื่องดื่มขมิ้นชันพร้อมดื่มที่มีช่องการจำหน่าย/การจัดเก็บเครื่องดื่มขณะวางจำหน่ายที่มีอุณหภูมิสูงและมีโอกาสถูกความร้อน หรือการสั่งซื้อควรพิจารณาอย่างมากหากต้องการสั่งซื้อในช่องทางออนไลน์ที่ไม่ทราบวิธีการจัดเก็บรวมจนถึงระยะเวลาขนส่งอาจนานเกินไปกว่าจะมาถึงมือผู้บริโภค ซึ่งเป็นการเร่งการสูญสลายของเคอร์คูมิน (4) ผู้บริโภคควรซื้อผลิตภัณฑ์ที่เพิ่งผลิต เพราะเคอร์คูมินที่ผลิตนานกว่า 1 เดือน โดยไม่มีการควบคุมให้อยู่ในสภาวะเป็นกรดและถูกแสง UV จะทำให้การสลายตัวของเคอร์คูมินอย่างรวดเร็ว (5) ผู้บริโภคควรคำนึงถึงปริมาณเคอร์คูมินที่ได้รับในหนึ่งวันเพื่อให้ได้ประโยชน์ในเรื่องป้องกันและรักษาโรคปริมาณที่องค์การอนามัยโลก The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)[18] แนะนำคือ 150-200 mg/day (ปริมาณออกฤทธิ์ 3mg/kg/day) และควรคำนึงถึงอันตรายที่ได้รับปริมาณที่เกินกว่ากำหนด สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้มีประกาศ[20] ลงวันที่ 7 สิงหาคม 2560 ระบุว่าให้ใช้สารเคอร์คูมินอยด์ (เคอร์คูมิน) จากเหง้าขมิ้นที่สกัดด้วยน้ำ และสกัดด้วยเอทานอลในปริมาณไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัม/วัน หากได้รับปริมาณสูงมากจะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยที่มีปัญหาในเรื่องท่อน้ำดีอุดตันเดิมเพราะขมิ้นชันมีฤทธิ์กระตุ้นการหลั่งของน้ำดีจะทำให้น้ำดีไปอุดตันมากขึ้น ควรปรึกษาแพทย์ก่อนการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากขมิ้นชัน

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารเคอร์คูมินในเครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มมีความแปรปรวนระหว่างผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของแหล่งวัตถุดิบ กระบวนการสกัด และเทคโนโลยีการผลิตที่ใช้ในแต่ละผู้ผลิต ส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญที่ตรวจพบแตกต่างกันในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์[8] ความแตกต่างระหว่างปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบกับข้อมูลที่ระบุบนฉลากอาจสะท้อนถึงความไม่สม่ำเสมอของการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสารเคอร์คูมินมีความไวต่อปัจจัยด้านแสง ความร้อน และสภาวะออกซิเดชัน ซึ่งสามารถส่งผลต่อความคงตัวของสารระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาได้[9,10] นอกจากนี้รูปแบบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มยังอาจมีผลต่อปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจพบ เนื่องจากเคอร์

คูมินมีคุณสมบัติละลายในไขมันได้ดีแต่ละลายในน้ำได้จำกัด ทำให้ประสิทธิภาพของการกระจายตัวของสารในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มอาจแตกต่างกันตามสูตรตำรับ[14]

ดังนั้นการกำหนดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์สมุนไพรแปรรูปจึงมีความสำคัญ เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและสามารถใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้อย่างเหมาะสม[8]

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องดื่มน้ำขมิ้นชันพร้อมดื่มที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์มีความแปรปรวนของปริมาณสารเคอร์คูมินอย่างมีนัยสำคัญ ผู้บริโภคควรให้ความสำคัญกับการเลือกซื้อโดยบางผลิตภัณฑ์ตรวจพบสารเคอร์คูมินในระดับต่ำหรือไม่สามารถตรวจพบได้ ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรเชิงพาณิชย์[9] นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารเคอร์คูมินที่ตรวจวัดได้ในผลิตภัณฑ์บางชนิดไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่ระบุบนฉลากผลิตภัณฑ์ ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรตลอดห่วงโซ่อุปทาน เช่น มีการกำหนดมาตราฐานสารเคอร์คูมิน การติดฉลากสารสำคัญรวมถึงมีการตรวจสอบหลังวางจำหน่าย เป็นต้น เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์และคุ้มครองผู้บริโภคในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ[15]

ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ Purposive Sampling และเป็นการเลือกซื้อจากออนไลน์เท่านั้น ทำให้ไม่สามารถอ้างอิงถึงตลาดทั้งหมดได้ ข้อเสนอแนะเกี่ยวการตรวจทางห้องปฏิบัติการในการวิจัยครั้งต่อไปควรตรวจ Curcuminoid Profile ทั้งระบบได้แก่ Desmethoxycurcumin (ดีเมทอกซี่เคอร์คูมิน) โครงสร้างคล้ายเคอร์คูมินแต่มีหมู่เมทอกซี่น้อยกว่า 1 ตำแหน่ง และ Bisdemethoxycurcumin (บิสดีเมทอกซี่เคอร์คูมิน) โครงสร้างคล้ายเคอร์คูมินแต่ไม่มีหมู่เมทอกซี่ ทั้งนี้วิจัยนี้เป็นเพียงการการศึกษานำร่อง ในอนาคตอาจศึกษาเกี่ยวกับการประเมินคุณภาพในมิติอื่นเพิ่มเติม เช่น การประเมินสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัว รวมถึงการคงตัวของสารเคอร์คูมิน เพื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสมุนไพรให้มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้นและเกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภคอย่างสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization. Noncommunicable diseases [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024 [cited 2025 Mar 20]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases
2. Stohs SJ, Chen O, Ray SD, Ji J, Bucci LR, Preuss HG. Highly bioavailable forms of curcumin and promising avenues for curcumin-based research and application: a review. Molecules. 2020;25(6):1397. doi:10.3390/molecules25061397
3. Prasad S, DuBourdieu D, Srivastava A, Kumar P, Lall R. Metal–curcumin complexes in therapeutics: an approach to enhance pharmacological effects of curcumin. Int J Mol Sci. 2021;22(13):7094. doi:10.3390/ijms22137094
4. Hewlings SJ, Kalman DS. Curcumin: a review of its effects on human health. Foods. 2017;6(10):92. doi:10.3390/foods6100092.
5. Ngu MH, Norhayati MN, Rosnani Z, et al. Curcumin as adjuvant treatment in patients with non-alcoholic fatty liver (NAFLD) disease: a systematic review and meta-analysis. Complementary Therapies in Medicine. 2022;68:102843. doi:10.1016/j.ctim.2022.102843
6. Department of International Trade Promotion. อนาคตตลาดเครื่องดื่มฟังก์ชันยังคงสดใส [Internet]. [cited 2025 Mar 20]. Available from: https://www.dft.go.th/th-th/NewsList/News-DFT/Description-News-DFT/ArticleId/26449/26449
7. Kasikorn Research Center. เครื่องดื่มไร้แอลกอฮอล์ไทยปี 2568 ยังโตได้ในประเทศและตลาดนอก [Internet]. [cited 2025 Mar 20]. Available from: https://www.kasikornresearch.com/th/analysis/k-social-media/Pages/Non-Alcoholic-Drinks-IAO109-FB-2024-12-02.aspx
8. สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม. อิทธิพลของอุณหภูมิ เวลา และตัวทำละลายที่มีต่อการสกัดสารเคอร์คูมินจากขมิ้นชัน. วิศวกรรมสาร มข. 2549;33(3):225-236.
9. Kharat M, Du Z, Zhang G, McClements DJ. Physical and Chemical Stability of Curcumin in Aqueous Solutions and Emulsions: Impact of pH, Temperature, and Molecular Environment. J Agric Food Chem. 2017 Mar 1;65(8):1525-1532. Doi: 10.1021/acs.jafc.6b04815.
10. Lee, B.H., Choi, H.A., Kim, MR. et al. Changes in chemical stability and bioactivities of curcumin by ultraviolet radiation. Food Sci Biotechnol 22, 279–282 (2013). Doi:10.1007/s10068-013-0038-4

11. Kumavat SD, Chaudhari YS, Borole P, Mishra P, Shenghani K, Duvvuri P. Degradation studies of curcumin. Int J Pharm Rev Res. 2013;3(2):50-55. Available from: https://www.ijprr.com/File_Folder/50-55.pdf
12. Ganguly A, Chattopadhyay I. Bioavailability enhancement of curcumin: a review on the pharmacological and clinical aspects. Curr Drug Deliv. 2013;10(3):245-257.
13. ชูศักดิ์ อาจสูงเนิน, สุนันท์ กิตติจารุวัฒนา, นครรัช อ่องพิมาย, ศศิกานต์ วุฒิกานต์นนท์ และรัตนาภรณ์ ชนประชา. การพัฒนาและพิสูจน์ความใช้ได้ของวิธีทดสอบ curcumin ในตัวอย่างขมิ้นชันผงด้วยเทคนิค HPLC [อินเทอร์เน็ต]. กลุ่มตรวจสอบคุณภาพยาสัตว์และวัตถุอันตรายด้านการปศุสัตว์; 2565 Available from: https://qcontrol.dld.go.th/images/Prototype/knowledge/analysis/2565/07.pdf
14. Aggarwal BB, Sundaram C, Malani N, Ichikawa H. Curcumin: the Indian solid gold. Adv Exp Med Biol. 2007;595:1-75. doi: 10.1007/978-0-387-46401-5_1.
15. Li S, Yuan W, Deng G, Wang P, Yang P, Aggarwal BB. Chemical composition and product quality control of turmeric (Curcuma longa L.). Pharm Crops. 2011;2:28-54. doi:10.2174/2210290601102010028.
16. Schneider C, Gordon ON, Edwards RL, Luis PB. Degradation of curcumin: from mechanism to biological implications. J Agric Food Chem. 2015;63(35):7606-7614. doi:10.1021/acs.jafc.5b00244.
17. Srinivasan M. Turmeric (Curcuma longa) and curcumin: biological actions and medicinal applications. Indian J Exp Biol. 2016;54(2):102-112.
18. World Health Organization. Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) [Internet]. Geneva: World Health Organization; [cited 2025 Mar 25]. Available from: https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/638
19. ฐิติรัตน์ สวัสดิ์ตยวงศ์. การศึกษาปริมาณของวิตามินซีใน Functional Drink กลุ่มวิตามินซีปริมาณสูง [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2564. หน้า 38-40. เข้าถึงได้จาก: https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Thitirat.Saw.pdf
20. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง รายชื่อพืชที่ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา; 2560 [เข้าถึงเมื่อ 20 มี.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-fda-129

ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการกระตุ้นด้วย Icoone® ในการปรับลดไขมันใต้คาง: การศึกษาแบบสุ่มควบคุม ฝั่งใบหน้าแบบแยก (split-face) ในระยะนำร่อง

EVALUATION OF THE EFFICACY AND SAFETY OF ICOONE® STIMULATION FOR SUBMENTAL FAT REDUCTION: A RANDOMIZED SPLIT-FACE PILOT STUDY

ศุภลักษณ์ ตั้งตรงผล*

SUPALAK TANGTRONGPHON

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130549@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการใช้ Icoone® ในการลดปริมาตรบริเวณใต้คางและปรับคุณภาพผิวบริเวณใต้คางในผู้หญิงไทย โดยใช้รูปแบบการศึกษาแบบ randomized split-face controlled pilot study อาสาสมัครหญิงไทยอายุ 25–40 ปี ที่มีภาวะไขมันใต้คางระดับปานกลางถึงรุนแรงจำนวน 15 ราย ได้รับการรักษาด้วย Icoone® ที่ด้านหนึ่งของบริเวณใต้คาง ขณะที่อีกด้านได้รับการนวดแบบปิดพลังงานเป็นกลุ่มควบคุม โดยทำการรักษา 30 นาทีสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ต่อเนื่อง 5 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 10 ครั้ง และติดตามผลที่สัปดาห์ที่ 0, 5, 9 และ 13 ผลลัพธ์หลักประเมินจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรบริเวณใต้คางด้วย Quantificare 3D LifeViz® Mini ส่วนผลลัพธ์รองประกอบด้วยความยืดหยุ่นของผิวจาก Cutometer®, ความชุ่มชื้นผิวจาก Corneometer®, การประเมินทางคลินิกด้วย Submental Fat Rating Scale (SMFRS), การประเมินภาพถ่ายโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแบบ blinded evaluation, Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS), ระดับความเจ็บปวด และอาการไม่พึงประสงค์ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ paired t-test, Wilcoxon signed-rank test และ longitudinal mixed-effects model ตามลักษณะของข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า ภายหลังสิ้นสุดการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5 ด้านที่ได้รับการรักษา มีการลดลงของปริมาตรบริเวณใต้คางมากกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ -12.78 ± 9.83 mL เทียบกับ -4.06 ± 4.84 mL ($p = 0.005$) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวลดลงในช่วงติดตามผลสัปดาห์ที่ 9 และไม่พบความแตกต่างที่สัปดาห์ที่ 13 ด้านความยืดหยุ่นของผิวพบว่าด้านทดลองมีค่า Cutometer R2 สูงกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่สัปดาห์ที่ 13 ($p = 0.041$) ขณะที่ค่าความชุ่มชื้นผิวและคะแนน SMFRS ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การประเมินภาพถ่ายแบบ blinded evaluation และคะแนน GAIS แสดงแนวโน้มความพึงพอใจที่ดีขึ้นภายหลังการรักษา โดยไม่พบอาการไม่พึงประสงค์รุนแรงตลอดการศึกษา สรุปได้ว่า Icoone® อาจเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยและมีศักยภาพในการลดปริมาตรบริเวณใต้คางและปรับคุณภาพผิวในระยะสั้น อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์มีแนวโน้มลดลงชั่วคราวหลังสิ้นการรักษา และเนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาในระยะนำร่อง จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และระยะติดตามที่ยาวนานขึ้นเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในระยะยาว

คำสำคัญ: Icoone®, submental fat, mechanical microstimulation, split-face study, skin elasticity

Abstract

This study aimed to evaluate the efficacy and safety of Icoone® stimulation for submental volume reduction and skin quality improvement in Thai women using a randomized split-face controlled pilot study design. Fifteen Thai female participants aged 25–40 years with moderate-to-severe submental fat were enrolled. One side received active device treatment, while the contralateral side received sham treatment with the energy mode turned off. Treatments were performed 30 minutes twice weekly for 5 consecutive weeks, totaling 10 sessions, with follow-up assessments at weeks 0, 5, 9, and 13. The primary outcome was the change in submental volume measured using Quantificare 3D LifeViz® Mini. Secondary outcomes included skin elasticity assessed by Cutometer®, skin hydration assessed by Corneometer®, clinical assessment using the Submental Fat Rating Scale (SMFRS), blinded photographic evaluation by expert physicians, Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS), pain scores, and adverse events. Statistical analyses were performed using paired t-test, Wilcoxon signed-rank test, and longitudinal mixed-effects models, as appropriate. The results demonstrated that, at week 5, the Icoone®-treated side showed a significantly greater reduction in submental volume compared with the sham-control side, with mean volume changes of -12.78 ± 9.83 mL and -4.06 ± 4.84 mL, respectively ($p = 0.005$). However, the difference gradually diminished during follow-up at week9 and was no longer statistically significant at week 13. Regarding skin quality, the treated side demonstrated significantly higher Cutometer R2 values at week 13 ($p = 0.041$), indicating improved skin elasticity. No statistically significant differences were observed in skin hydration or SMFRS scores. Blinded photographic evaluation and GAIS demonstrated favorable aesthetic improvement and participant satisfaction following treatment. No serious adverse events were observed throughout the study. In conclusion, Icoone® stimulation may represent a safe and promising non-surgical option for short-term submental volume reduction and skin quality improvement. However, there may be temporary effects after the completion treatment. As this was a pilot study, further studies with larger sample sizes and longer follow-up periods are warranted to confirm long-term efficacy and clinical benefits.

Keywords: Icoone®, submental fat, mechanical microstimulation, split-face study, skin elasticity

บทนำ

ในปัจจุบันรูปลักษณ์ของใบหน้าและสัดส่วนเชิงมิติมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นใจและภาพลักษณ์ของบุคคล ซึ่งทำให้ผู้คนตระหนักถึงรายละเอียดของใบหน้ามากขึ้น ภาวะไขมันสะสมบริเวณใต้คางหรือ submental fat เป็นปัญหาที่พบบ่อย ส่งผลให้แนวขากรรไกรไม่คมชัด มุมคอ-คางกว้างขึ้น และทำให้ใบหน้าดูมีอายุมากขึ้น แม้จะไม่ใช่ความผิดปกติทางการแพทย์ที่รุนแรง แต่สามารถกระทบต่อความมั่นใจและคุณภาพชีวิตได้อย่างชัดเจน

แนวทางการรักษา submental fat ในปัจจุบันมีทั้งแบบผ่าตัดและไม่ผ่าตัด การผ่าตัด เช่น liposuction และ neck lift สามารถกำจัดไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีระยะพักฟื้นและความเสี่ยงจากการผ่าตัด ขณะที่หัตถการแบบไม่ต้องผ่าตัดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากเจ็บน้อยและไม่ต้องพักฟื้น ดังนั้น เทคนิคที่อาศัย mechanical stimulation เพื่อกระตุ้นการไหลเวียนเลือดและน้ำเหลือง รวมถึงส่งเสริมกระบวนการเมตาบอลิซึมของไขมันจึงเป็นที่นิยม แนวคิดดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยี Icoone® ซึ่งใช้ระบบไมโครอัลวีโอลาร์ (Roboderm® technology) ร่วมกับ LED 650 นาโนเมตร และ near-infrared laser diode 915 นาโนเมตร ซึ่งอาจมีผลต่อ ระบบ microstimulation และ lymphatic drainage ช่วยลด edema และ fluid shift บริเวณใต้คางได้

แม้ Icoone® จะถูกนำมาใช้ในด้านการยกกระชับและปรับคุณภาพผิวอย่างแพร่หลาย แต่งานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาตรบริเวณใต้คางยังมีจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของ Icoone® ในการลด submental volume

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้เครื่อง Icoone® ในการลดปริมาตรบริเวณใต้คาง เมื่อเทียบกับการนวดแบบปิดพลังงาน ในผู้หญิงไทยอายุ 25–40 ปี
2. การใช้เครื่อง Icoone® สามารถเพิ่มคุณภาพผิวบริเวณใต้คาง (เช่น ความยืดหยุ่นของผิวและลักษณะผิวโดยรวม) ได้ดีกว่าการนวดแบบปิดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
3. การใช้เครื่อง Icoone® มีความปลอดภัยในระดับที่ยอมรับได้ และไม่พบอาการไม่พึงประสงค์รุนแรงในอาสาสมัครระหว่างและหลังการรักษา

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงการรักษาจัดอยู่ใน DEPTh Model ประเภท Therapeutic Research ที่ออกแบบในรูปแบบ pilot randomized controlled trial โดยใช้ split-face design เพื่อเปรียบเทียบผลการรักษาระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้านควบคุมภายในอาสาสมัครรายเดียวกัน การออกแบบลักษณะนี้ช่วยลดความแปรปรวนระหว่างบุคคล (inter-subject variability) และเพิ่มความแม่นยำในการประเมินผลการรักษาในระยะนำร่อง

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

บริเวณใต้คาง (submental region) เป็นพื้นที่กายวิภาคที่อยู่ระหว่างขอบล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง (mandible) กระดูกไฮออยด์ (hyoid bone) และขอบหน้าของกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid ทั้งสองข้าง พื้นที่รูปสามเหลี่ยมนี้มีบทบาทสำคัญต่อรูปลักษณ์ของใบหน้าส่วนล่างโดยเฉพาะความเด่นของคาง ความชัดของแนวกราม และมุมคาง–คอ (cervicomental angle) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของความอ่อนเยาว์และความสมดุลของโครงหน้า การเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของปริมาตรไขมันหรือความหย่อนคล้อยในบริเวณนี้สามารถทำให้ภาพรวมของใบหน้าดูแตกต่างอย่างชัดเจนได้[1-3]

ชั้นเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังบริเวณ submental region ประกอบด้วยชั้นผิวหนัง ชั้นไขมันใต้ผิวหนัง ชั้นกล้ามเนื้อ platysma และโครงสร้างลึก เช่น กล้ามเนื้อ mylohyoid กล้ามเนื้อ digastric และต่อมน้ำลายใต้ขากรรไกร (submandibular gland) ในมุมมองด้านไขมัน สามารถแบ่งไขมันใต้คางออกเป็นสองชั้นหลัก ได้แก่ preplatysmal fat และ subplatysmal fat ซึ่งมีลักษณะทางกายวิภาค ความสัมพันธ์กับโครงสร้างรอบข้าง และพฤติกรรมต่อการรักษาแตกต่างกันอย่างชัดเจน[4-5]

กล้ามเนื้อ platysma เป็นกล้ามเนื้อแผ่นบางที่วางตัวอยู่ใต้ผิวหนังชั้นตื้นของคอและส่วนล่างของใบหน้า พาดจากบริเวณไหล่และทรวงอกส่วนบนขึ้นสู่ขอบล่างของกระดูกขากรรไกรล่าง กล้ามเนื้อนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความเรียบตึงของผิวหนังบริเวณคอและ submental area เนื่องจากทำหน้าที่เสมือนโครงสร้างพยุงชั้นไขมันตื้นเหนือกล้ามเนื้อ (preplatysmal fat) เอาไว้ในตำแหน่งเดิม พร้อมทั้งมีบทบาทในการควบคุมการเคลื่อนไหวของผิวหนังคอในขณะแสดงสีหน้า หรือเคลื่อนไหวศีรษะ[6-7]

การสะสมของไขมันใต้คางเป็นผลลัพธ์ของปัจจัยหลายประการที่ทำงานร่วมกัน ทั้งพันธุกรรม การเสื่อมของเนื้อเยื่อจากอายุที่เพิ่มขึ้น และลักษณะท่าทางของคอในชีวิตประจำวัน ปัจจัยเหล่านี้ไม่ได้ทำงานแยกจากกัน แต่เกี่ยวข้องกันในลักษณะที่เสริมให้ submental fullness เกิดขึ้นเร็วขึ้นหรือเด่นชัดกว่าปกติในบางบุคคล แม้ว่าจะมีน้ำหนักตัวปกติหรือมีสุขภาพดี

ปัจจัยทางพันธุกรรมถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุดประการหนึ่ง โดยเฉพาะในประชากรเอเชียที่มักมีความหนาของ preplatysmal fat มากกว่าชาวยุโรปตั้งแต่กำเนิด ลักษณะทางกายวิภาคบางประการ เช่น คางถอยเล็กน้อย (retrogenia) มุมคอ–คางที่กว้างกว่า และลักษณะการยึดติดของไขมันกับ retaining ligaments ใน submental region ทำให้กลุ่มนี้เกิดลักษณะ double chin ได้ง่ายกว่า ในบางคนไขมันชั้นดังกล่าวยึดแน่นกับ fascia และไม่ตอบสนองต่อการลดน้ำหนักแบบ conventional จึงทำให้ลดลงได้ยากกว่าบริเวณอื่นของร่างกาย ปัจจัยทางพันธุกรรมจึงเป็นตัวกำหนดพื้นฐานที่ทำให้ submental fat เด่นชัดหรือ persistent แม้ไม่มีภาวะอ้วนโดยรวม[8-9]

ข้อมูลเชิงเทคนิคของอุปกรณ์ Icoone ใช้เทคโนโลยี Roboderm® เป็นระบบ mechanical microstimulation ที่ใช้แรงดูดสุญญากาศร่วมกับไมโครโรลเลอร์เพื่อกระตุ้นผิวหนังและเนื้อเยื่อใต้ผิวในระดับไมโครอย่างต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มการไหลเวียนเลือด กระตุ้นการระบายน้ำเหลือง ลดการคั่งของของเหลว และส่งเสริมการปรับโครงสร้างของคอลลาเจน อิลาสติน และเนื้อเยื่อไขมัน ส่งผลให้ผิวกระชับขึ้นและช่วยลดความ

หนาของชั้นไขมันเฉพาะบริเวณ นอกจากนี้ยังมีระบบแสง LED 650 nm และ Near-infrared 915 nm เพื่อเสริมการไหลเวียนเลือด กระตุ้นกระบวนการ photobiomodulation และส่งเสริมการสลายไขมัน ทำให้การลดไขมันเฉพาะจุด โดยช่วยเพิ่ม microcirculation, lymphatic drainage และ tissue remodeling อย่างมีประสิทธิภาพในทางคลินิก Icoone® ถูกนำมาใช้ในการปรับรูปหน้า การ contour บริเวณใต้คาง ลดเซลลูไลท์ โดยเป็นหัตถการแบบ non-invasive ที่มีความปลอดภัยสูงและใช้เวลาพักฟื้นน้อย

งานวิจัยและหลักฐานที่เกี่ยวข้อง

Palmieri และคณะ[10] ได้อธิบายแนวคิด micro–multi–alveolar stimulation (MMAS) ซึ่งเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี Icoone® โดยพบว่าการกระตุ้นเชิงกลระดับไมโครสามารถกระตุ้นกระบวนการ mechanotransduction ส่งผลให้ fibroblasts เพิ่มการสร้างคอลลาเจน ปรับโครงสร้าง extracellular matrix (ECM) ลด fibrosis และส่งเสริมการระบายน้ำเหลือง อีกทั้งช่วยเพิ่ม microcirculation ลด edema และปรับคุณภาพผิวให้กระชับขึ้น[10] ด้านการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อไขมัน Zhang และคณะ[11] รายงานว่าการกระตุ้นเชิงกลอย่างสม่ำเสมอสามารถส่งผลต่อ adipocyte metabolism และเพิ่มการ mobilization ของไขมันได้ ซึ่งสนับสนุนแนวคิดว่าการกระตุ้นทางกลอาจช่วยลดความหนาแน่นของชั้นไขมันโดยไม่จำเป็นต้องทำลายเซลล์ไขมันโดยตรง โดยสรุป หลักฐานปัจจุบันสนับสนุนว่า Icoone® อาจช่วยลด submental fullness ผ่านการเพิ่ม microcirculation และ lymphatic drainage การกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและการปรับโครงสร้าง ECM รวมถึงการส่งเสริมการ mobilization ของไขมันและลดการคั่งของของเหลวในเนื้อเยื่อ[10-11]

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยทางคลินิก (Therapeutic Research) แบบนำร่อง (Pilot Study) โดยใช้รูปแบบการศึกษาแบบ split-face, prospective, randomized controlled trial เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง Icoone® ในการลดปริมาตรบริเวณใต้คางในผู้หญิงไทยอายุ 25–40 ปี ที่มีภาวะไขมันสะสมบริเวณใต้คางระดับปานกลางถึงรุนแรง โดยมีระยะเวลาติดตามผลรวม 13 สัปดาห์ อาสาสมัครมีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5–25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร สามารถเข้ารับการรักษาและติดตามผลได้ครบตามกำหนด และให้ความยินยอมเข้าร่วมการวิจัยด้วยตนเอง ผู้ที่เคยได้รับหัตถการลดไขมันใต้คาง การผ่าตัดบริเวณใบหน้าหรือคอภายในระยะเวลาที่กำหนด มีโรคผิวหนังบริเวณรักษา มีโรคประจำตัวที่อาจมีผลต่อการรักษา หรือตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร จะถูกคัดออกจากการศึกษา

ขนาดตัวอย่างกำหนดจำนวนอาสาสมัคร 15 ราย อ้างอิงแนวคิดของ Julious (2005)[12] สำหรับการศึกษานำร่อง จากนั้นผู้วิจัยถ่ายภาพใบหน้ามุมตรง 90 องศา และมุม 45 องศา ซ้าย–ขวาด้วยกล้องตัวเดียวกัน ความสูงและระยะการถ่ายภาพถูกกำหนดให้คงที่ทุกรอบ เพื่อความถูกต้องของการเปรียบเทียบภาพในอนาคต ประเมินปริมาตรไขมันใต้คางด้วยเครื่อง Quantificare 3D LifeViz® Mini โดยใช้แสงและมุมมาตรฐานเดียวกันทุกครั้ง วัดความยืดหยุ่นของผิวด้วย Cutometer® วัดความชุ่มชื้นของผิวด้วย

Corneometer® และประเมินระดับความรุนแรงของไขมันใต้คางด้วย Physician-Assisted Submental Fat Rating Scale (PA-SMFRS)

เมื่อเสร็จสิ้นการประเมินพื้นฐาน อาสาสมัครจะได้รับการสุ่มด้วยวิธี block randomization เพื่อกำหนดด้านของใบหน้าที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้านที่ได้รับการนวดแบบปิดพลังงาน โดยแบ่งด้านซ้าย และ ขวาของใบหน้า โดยใช้ hyoid bone เป็นจุดกึ่งกลางของการแบ่งด้านหัตถการ โดยใช้รูปแบบ split-face design ซึ่งช่วยลดความแปรปรวนระหว่างบุคคล เนื่องจากอาสาสมัครแต่ละรายทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมของตนเอง การรักษาดำเนินการสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ต่อเนื่อง 5 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 10 ครั้ง โดยใช้หัว Robomini บริเวณใต้คางเป็นเวลา 15 นาทีต่อข้าง ในด้านทดลองจะเปิดระบบพลังงานของเครื่อง Icoone® ส่วนด้านควบคุมจะปิดระบบพลังงาน แต่คงรูปแบบการเคลื่อนหัวทรีตเมนต์ ระยะเวลา และแรงกระตุ้นเชิงกลให้เหมือนกันทุกประการ ภายหลังการรักษาแต่ละครั้ง อาสาสมัครจะได้รับการประเมินระดับความเจ็บปวดด้วย Visual Analog Scale (VAS) และติดตามอาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้น การประเมินผลดำเนินการในสัปดาห์ที่ 0, 5, 9 และ 13 โดยอาสาสมัครจะต้องควบคุมน้ำหนัก ไม่ให้น้อยหรือเกินกว่า 5 % จากน้ำหนักตัวเดิมตลอดระยะเวลาการทดลอง ซึ่งอาจส่งผลต่อการลดลงหรือเพิ่มของไขมัน และการประเมินจะใช้เครื่องมือและวิธีการประเมินเดียวกันทุกครั้ง ประกอบด้วยการถ่ายภาพมาตรฐาน การวัดปริมาตรไขมันใต้คาง การประเมินความยืดหยุ่นและความชุ่มชื้นของผิว ตลอดจนการประเมินด้วย PA-SMFRS และ Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) ภาพถ่ายทั้งหมดถูกเข้ารหัสและส่งให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเวชศาสตร์ความงามจำนวน 3 ท่านประเมินโดยอิสระภายใต้กระบวนการ blinded evaluation เพื่อลดอคติในการประเมินผล ขณะเดียวกันอาสาสมัครจะประเมินความพึงพอใจและการเปลี่ยนแปลงที่รับรู้ได้ด้วยตนเองผ่านแบบประเมินมาตรฐาน นอกจากนี้ผู้วิจัยยังติดตามอาการไม่พึงประสงค์และความปลอดภัยตลอดระยะเวลาการศึกษาผ่านการนัดหมายและระบบสื่อสารออนไลน์

ผลการวิจัย

ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการวิจัย (Baseline Characteristics)

การศึกษานี้มีผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมดจำนวน 15 ราย ซึ่งผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและเข้าร่วมการศึกษาครบทุกขั้นตอน โดยอาสาสมัครทั้งหมดสามารถติดตามผลได้ครบจนถึงสัปดาห์ที่ 13 คิดเป็นร้อยละ 100 ผู้เข้าร่วมทั้งหมดเป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 34.33 ± 2.62 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 57.91 ± 4.17 กิโลกรัม และส่วนสูงเฉลี่ย 161.40 ± 2.83 เซนติเมตร ค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ยอยู่ที่ 21.82 ± 1.75 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ปกติตามเกณฑ์การจำแนกขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการวิจัย (n = 15)

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อายุ (ปี)	34.33 ± 2.62
น้ำหนัก (กก.)	57.91 ± 4.17

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ส่วนสูง (ซม.)	161.40 ± 2.83
BMI (กก./ม²)	21.82 ± 1.75

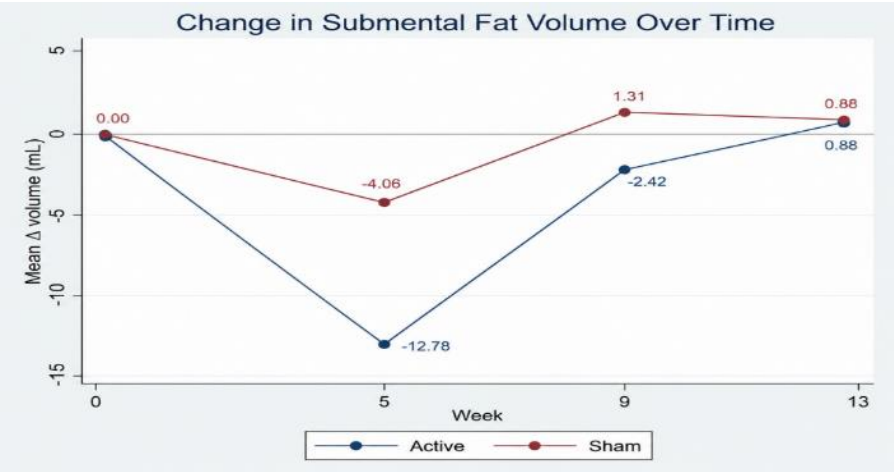
ผลลัพธ์หลัก: การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรไขมันใต้คาง (Primary Outcome)

การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลักจากการประเมินปริมาตรบริเวณใต้คางด้วยเครื่อง Quantificare 3D LifeViz Mini พบว่า ด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีการลดลงของปริมาตรบริเวณใต้คาง (**Δ** volume) มากกว่าด้านควบคุมหลังสิ้นสุดการรักษา ในสัปดาห์ที่ 5 ด้านทดลองมีค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเฉลี่ยเท่ากับ -12.78 ± 9.83 mL ขณะที่ด้านควบคุมมีค่าการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยเท่ากับ -4.06 ± 4.84 mL โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้งสองด้าน (p = 0.005) โดยมี mean difference เท่ากับ -8.72 mL (95% CI: -14.92 ถึง -2.52) และมีขนาดอิทธิพลระดับปานกลางถึงสูง (Cohen's d = 0.78) ในช่วงติดตามผลสัปดาห์ที่ 9 ด้านทดลองยังคงมีแนวโน้มของการลดลงของปริมาตรบริเวณใต้คางมากกว่าด้านควบคุม โดยมี mean difference เท่ากับ -3.74 mL (95% CI: -7.56 ถึง 0.08) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.396) และเมื่อประเมินที่สัปดาห์ที่ 13 ไม่พบความแตกต่างระหว่างสองด้าน โดยมี mean difference เท่ากับ -0.005 mL (95% CI: -4.79 ถึง 4.78; p = 0.999) ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรไขมันใต้คาง (**Δ** volume, mL) ระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุม

ช่วงเวลา	Active (Mean ± SD)	Sham (Mean ± SD)	Mean difference (95% CI)	p-value
Week 5	-12.78 ± 9.83	-4.06 ± 4.84	-8.72 (-14.92 ถึง -2.52)	0.005
Week 9	-2.42 ± 12.38	1.31 ± 11.37	-3.74 (-7.56 ถึง 0.08)	0.396
Week 13	0.88 ± 14.10	0.88 ± 9.99	-0.005 (-4.79 ถึง 4.78)	0.999

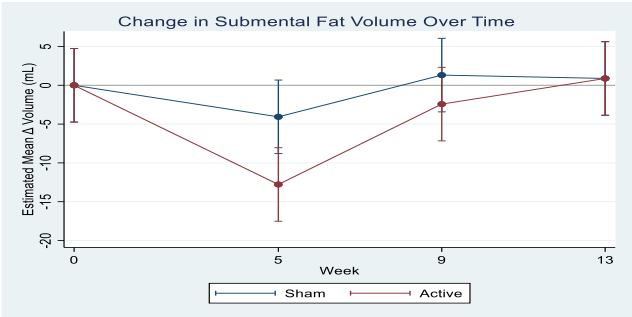
หมายเหตุ: ค่าที่รายงานเป็นการเปลี่ยนแปลงจาก baseline (**Δ** volume) โดยค่าติดลบแสดงถึงการลดลงของปริมาตรไขมันใต้คาง ผลการตรวจสอบ normality ด้วย Shapiro-Wilk test พบว่าข้อมูลปริมาตรไขมันใต้คางมีการแจกแจงที่ไม่แตกต่างจาก normal distribution ($p > 0.05$) จึงใช้ paired t-test ในการเปรียบเทียบระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุม และกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$



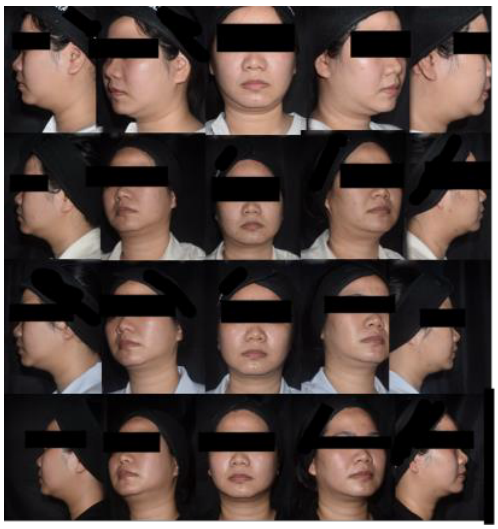
ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของปริมาตรบริเวณใต้คาง (**Δ** volume, mL) ระหว่างด้านที่ได้รับ Icoone® และด้านควบคุมในช่วงติดตามผล 13 สัปดาห์

การวิเคราะห์แบบ longitudinal mixed-effects model

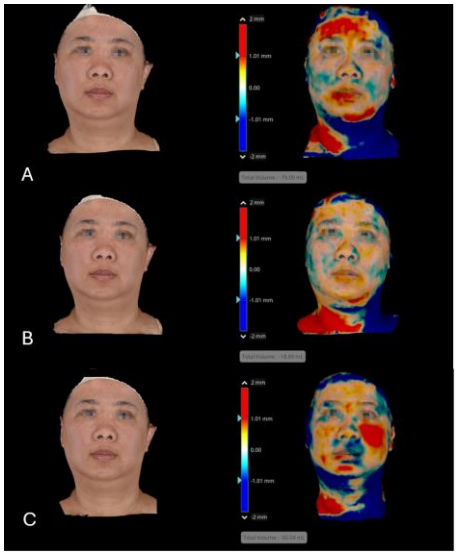
เพื่อประเมินผลของการรักษาตลอดช่วงเวลาการติดตามผล ได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วย longitudinal mixed-effects model โดยคำนึงถึง repeated measurements ภายในผู้เข้าร่วมแต่ละราย ผลการวิเคราะห์พบว่า ด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีการลดลงของปริมาตรบริเวณใต้คางมากกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (coefficient = -8.72, p = 0.002) นอกจากนี้ พบแนวโน้มว่าผลของการรักษาลดลงเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงติดตามผลหลังสิ้นสุดการทำหัตถการ อย่างไรก็ตาม interaction ระหว่างการรักษาและเวลาในสัปดาห์ที่ 13 ไม่พบความแตกต่างนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.999) สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรไขมันใต้คางระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุมอาจดีขึ้นในระยะชั่วคราวหลังการรักษาเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยปริมาตรบริเวณใต้คาง (**Δ** volume, mL) ระหว่างด้านที่ได้รับ Icoone® และด้านควบคุมตลอดช่วงติดตามผล 13 สัปดาห์ จากการวิเคราะห์ด้วย longitudinal mixed-effects model



ภาพที่ 3 ภาพถ่ายทางคลินิกต่อเนื่องของผู้เข้าร่วมตัวอย่างรายที่ 1 ก่อนการรักษา (baseline) และภายหลังการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5, 9 และ 13 แสดงแนวโน้มของการลดลงของความนูนบริเวณใต้คาง (submental fullness) และการเปลี่ยนแปลงของ contour บริเวณกรอบหน้า ภายหลังการรักษาด้วย Icoone® โดยถ่ายภาพในมุมด้านข้าง ด้านเฉียง และด้านตรงภายใต้สภาวะมาตรฐานเดียวกันตลอดการศึกษา



ภาพที่ 4 ภาพการวิเคราะห์ปริมาตรด้วย Quantificare 3D ของผู้เข้าร่วมตัวอย่างรายที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรบริเวณใต้คางเมื่อเปรียบเทียบกับ baseline ที่สัปดาห์ที่ 5 (A), สัปดาห์ที่ 9 (B) และสัปดาห์ที่ 13 (C) ภายหลังการรักษาด้วย Icoone® โดยบริเวณสีน้ำเงินแสดงถึงการลดลงของปริมาตร (volume reduction) บริเวณใต้คางตลอดช่วงติดตามผล

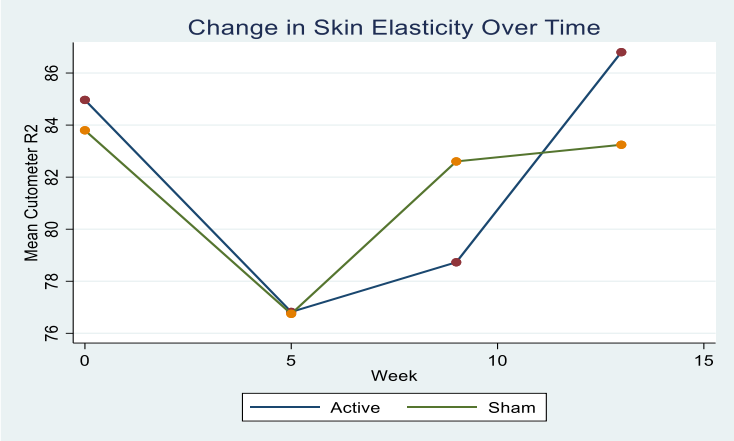
ผลลัพธ์รอง: คุณภาพผิว (Secondary Outcomes)

การประเมินค่าความยืดหยุ่นของผิวด้วย Cutometer (R2) พบว่า ด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีแนวโน้มของค่าความยืดหยุ่นผิวเพิ่มขึ้นในช่วงติดตามผล โดยการวิเคราะห์ด้วย linear mixed-effects model ไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงค่าความยืดหยุ่นผิวระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้าน sham-control ตลอดช่วงเวลาที่ติดตามผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (overall group-by-time interaction, p = 0.475) โดยภายหลังสิ้นสุดการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5 ไม่พบความแตกต่างระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.988) ในช่วงติดตามผลสัปดาห์ที่ 9 ด้านทดลองมีค่าความยืดหยุ่นผิวเฉลี่ยต่ำกว่าด้านควบคุมเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.199) เมื่อประเมินที่สัปดาห์ที่ 13 พบว่าด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีค่าความยืดหยุ่นผิวเฉลี่ยสูงกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยด้านทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 86.80 ± 6.78 ขณะที่ด้านควบคุมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 83.24 ± 7.98 (p = 0.041) ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 5

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของความยืดหยุ่นผิว (R2)

ช่วงเวลา	Active (Mean ± SD)	Sham (Mean ± SD)	Mean Difference (95% CI)	p-value
Baseline	84.97 ± 5.09	83.80 ± 8.44	1.17 (−4.01 to 6.35)	0.650
Week 5	76.82 ± 13.72	76.75 ± 13.64	0.07 (−6.84 to 6.98)	0.988
Week 9	78.73 ± 9.28	82.60 ± 13.54	−3.87 (−9.87 to 2.13)	0.199
Week 13	86.80 ± 6.78	83.24 ± 7.98	3.56 (0.15 to 6.97)	0.041

หมายเหตุ: R2 = Cutometer® gross elasticity ratio (Gr/Uf) โดยค่าที่สูงขึ้นสะท้อนถึงความยืดหยุ่นของผิวที่ดีขึ้น ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) การเปรียบเทียบระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุมในแต่ละช่วงเวลาใช้ linear mixed-effects model โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$



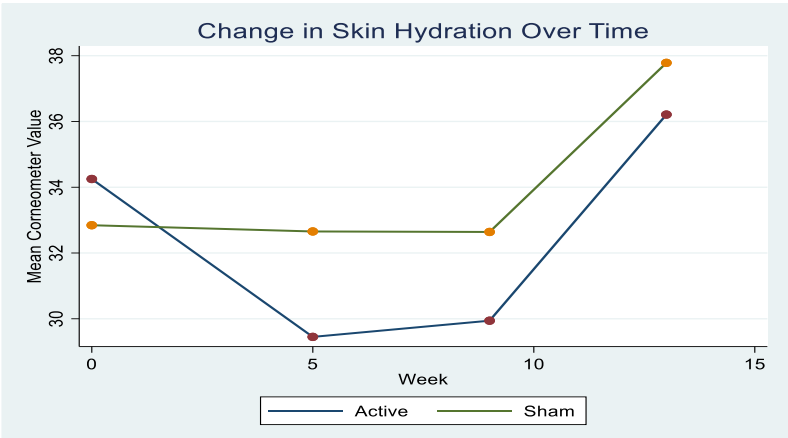
ภาพที่ 5 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความยืดหยุ่นผิว (Cutometer R2) ระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้าน sham-control ในช่วง baseline, สัปดาห์ที่ 5, 9 และ 13

การประเมินค่าความชุ่มชื้นของผิวด้วย Corneometer พบว่า ค่าความชุ่มชื้นผิวของด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้านควบคุมมีแนวโน้มใกล้เคียงกันในทุกช่วงเวลาที่ติดตามผล โดยการวิเคราะห์ด้วย linear mixed-effects model ไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงค่าความชุ่มชื้นผิวระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้าน sham-control ตลอดช่วงเวลาที่ติดตามผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (overall group-by-time interaction, p = 0.569) ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 6

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของความชุ่มชื้นผิว

ช่วงเวลา	Active (Mean ± SD)	Sham (Mean ± SD)	Mean difference (95% CI)	p-value
Baseline	34.25 ± 8.69	32.85 ± 6.62	1.40 (-4.47 ถึง 7.27)	0.622
Week 5	29.45 ± 11.56	32.66 ± 10.41	-3.21 (-7.82 ถึง 1.40)	0.150
Week 9	29.94 ± 10.97	32.64 ± 10.39	-2.70 (-6.28 ถึง 0.88)	0.120
Week 13	36.21 ± 8.23	37.78 ± 8.66	-1.57 (-5.20 ถึง 2.06)	0.367

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) การเปรียบเทียบระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุมในแต่ละช่วงเวลาใช้ linear mixed-effects model โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$



ภาพที่ 6 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าความชุ่มชื้นผิว (Corneometer) ระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® และด้าน sham-control ในช่วง baseline, สัปดาห์ที่ 5, 9 และ 13

ผลการประเมินทางคลินิก (Clinical Assessment)

การประเมินทางคลินิกโดยใช้ Submental Fat Rating Scale (SMFRS) พบว่า คะแนนความรุนแรงของไขมันใต้คางของผู้เข้าร่วมคงที่ตลอดช่วงเวลาการติดตามผล โดยค่ามัธยฐานของคะแนน SMFRS ในทั้งด้านทดลองและด้านควบคุมเท่ากับ 2 (IQR 2–2) ในทุกช่วงการประเมิน และไม่พบความแตกต่างของคะแนน SMFRS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงที่ติดตามผล (p = 1.000) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของคะแนน SMFRS

ช่วงเวลา	Active, median (IQR)	Sham, median (IQR)	p-value
Baseline	2 (2–2)	2 (2–2)	1.000
Week 5	2 (2–2)	2 (2–2)	1.000
Week 9	2 (2–2)	2 (2–2)	1.000
Week 13	2 (2–2)	2 (2–2)	1.000

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงในรูป median และ interquartile range (IQR) การเปรียบเทียบระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุมใช้ Wilcoxon signed-rank test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.05 ค่า IQR = 0 บ่งบอกว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีคะแนน SMFRS เท่ากันในแต่ละช่วงเวลาที่ประเมิน ค่า IQR = 0 สะท้อนว่าคะแนน SMFRS มีการกระจุกตัวในช่วงคะแนนเดียวกัน

การประเมินโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ (Blinded Evaluation)

การประเมินภาพถ่ายทางคลินิกโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่า ภายหลังสิ้นสุดการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5 ผู้ประเมินส่วนใหญ่เลือกด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® ว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านความงามที่ดีกว่าด้านควบคุม คิดเป็นร้อยละ 86.7 เมื่อวิเคราะห์ด้วย exact binomial test พบว่า ในสัปดาห์ที่ 5 จำนวนผู้เข้าร่วมที่ได้รับการประเมินว่าด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีผลลัพธ์ดีกว่าด้านควบคุม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.007) ขณะที่สัปดาห์ที่ 9 และ 13 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการประเมินภาพถ่ายโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแบบ blinded evaluation

ช่วงเวลา	จำนวนที่ประเมินว่า Active side ดีขึ้น (n)	ร้อยละ (%)	p-value*
Week 5	13	86.7	0.007
Week 9	10	66.7	0.302
Week 13	7	46.7	1.000

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงจำนวนและร้อยละของผู้เข้าร่วมที่ได้รับการประเมินว่าด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีผลลัพธ์ด้านความงามดีกว่าด้านควบคุมจาก standardized 2D photographs โดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ภายใต้ blinded evaluation *วิเคราะห์ด้วย exact binomial test โดยกำหนด null hypothesis ว่าความน่าจะเป็นที่ผู้ประเมินเลือกด้านที่ได้รับ Icoone® ดีกว่าด้านควบคุมเท่ากับ 0.5

ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วม (Global Aesthetic Improvement Scale)

การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าร่วม พบว่า ภายหลังสิ้นสุดการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5 ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่รายงานว่ามีการเปลี่ยนแปลงด้านความงามในระดับ “ดีขึ้น” จำนวน 13 ราย และในช่วงติดตามผลสัปดาห์ที่ 9 และ 13 รายงานว่ามีการเปลี่ยนแปลงในเชิงบวกลดลงตามลำดับ

ความปลอดภัยและอาการไม่พึงประสงค์ (Safety Outcomes)

ไม่พบอาการไม่พึงประสงค์รุนแรงจากการรักษาในผู้เข้าร่วมทุกรายตลอดระยะเวลาการศึกษา อาการไม่พึงประสงค์ที่พบส่วนใหญ่เป็นอาการระดับเล็กน้อยและชั่วคราว (transient mild adverse events) และการประเมินระดับความเจ็บระหว่างการรักษาโดยใช้ Visual Analog Scale (VAS) พบว่า ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่รายงานระดับความเจ็บอยู่ในระดับน้อย เมื่อประเมินหลังสิ้นสุดการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5 พบว่าจำนวนผู้เข้าร่วมที่รายงานอาการเจ็บลดลงหลังคุ้นเคยกับการรักษา

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยทางคลินิกแบบนำร่องโดยใช้รูปแบบ split-face randomized controlled trial เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่อง Icoone® ในการลดปริมาตรบริเวณใต้คาง ผลการศึกษาพบว่าภายหลังสิ้นสุดการรักษาที่สัปดาห์ที่ 5 ด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Icoone® มีการลดลงของปริมาตรบริเวณใต้คางมากกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับแนวคิดของเทคโนโลยี microstimulation ที่อาศัยการกระตุ้นเชิงกลระดับจุลภาคเพื่อเพิ่มการไหลเวียนเลือด กระตุ้นการระบายน้ำเหลือง และส่งเสริมการปรับโครงสร้างของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง ส่งผลให้เกิดการลดลงของภาวะบวมน้ำและ fluid shift ของบริเวณใต้คาง ความแตกต่างของปริมาตรไขมันใต้คางระหว่างสองด้านจะลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 9 และ 13 สะท้อนให้เห็นว่า Icoone® อาจทำให้ปริมาตร และการ contour บริเวณใต้คางดีขึ้นชั่วคราวในระยะสั้นหลังการรักษา จึงอาจจำเป็นต้องมีการรักษาแบบต่อเนื่องหรือ maintenance treatment เพื่อคงผลลัพธ์ทางคลินิก

ในด้านคุณภาพผิว พบว่าความยืดหยุ่นของผิวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 13 ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการ tissue remodeling และการกระตุ้น fibroblast ผ่านกลไก mechanotransduction ส่งผลต่อการจัดเรียงตัวของ collagen และ elastin ในชั้นผิวหนัง ขณะที่ค่าความชุ่มชื้นของผิวไม่แตกต่างระหว่างสองด้าน แสดงให้เห็นว่า Icoone® อาจมีผลต่อคุณสมบัติทางกลของเนื้อเยื่อมากกว่าการเปลี่ยนแปลง skin hydration โดยตรง

แม้ว่าคะแนน SMFRS จะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลการประเมินภาพถ่ายโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและผลการประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครแสดงให้เห็นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกในทางที่ดีขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากข้อจำกัดของ SMFRS ซึ่งเป็นมาตรวัดแบบลำดับขั้นที่มีความไวต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ปริมาตรด้วยภาพสามมิติซึ่งสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณได้แม่นยำกว่า

จุดแข็งของการศึกษานี้คือการออกแบบแบบ split-face randomized controlled trial ซึ่งช่วยลดความแปรปรวนระหว่างบุคคล และการใช้ Quantificare 3D volumetric analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดผลเชิงปริมาณที่มีความเป็นปรนัยสูง อย่างไรก็ตาม การศึกษายังมีข้อจำกัด ได้แก่ ขนาดตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อย ระยะเวลาติดตามที่ยังไม่ยาวเพียงพอ และการประเมินปริมาตรไขมันโดยไม่ได้ใช้ ultrasonography หรือ magnetic resonance imaging (MRI) นอกจากนี้ ลักษณะทางกายวิภาคของบริเวณใต้คางที่มีการเชื่อมต่อ

กันของชั้นไขมันและระบบน้ำเหลืองทั้งสองด้าน อาจทำให้เกิด crossover effect ระหว่างด้านทดลองและด้านควบคุมได้

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า Icoone® อาจทำให้ปริมาตรบริเวณใต้คางดีขึ้นชั่วคราวในระยะสั้น และมีแนวโน้มช่วยปรับปรุงความยืดหยุ่นของผิวหนังในระยะติดตามผล นอกจากนี้ ผลการประเมินจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัครยังสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกในทางที่ดีขึ้น แม้ว่าผลลัพธ์บางส่วนจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ทั้งนี้ไม่พบอาการไม่พึงประสงค์รุนแรงจากการรักษา แสดงให้เห็นว่า Icoone® เป็นหัตถการที่มีความปลอดภัยสำหรับการปรับรูปหน้าบริเวณใต้คางในระยะสั้น

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ควรมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีระยะเวลาติดตามผลที่ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ควรใช้เครื่องมือประเมินชั้นไขมันที่มีความแม่นยำสูง รวมถึงศึกษาความจำเป็นและความถี่ที่เหมาะสมของ maintenance treatment ในระยะยาว อีกทั้งควรมีการศึกษาระดับ histologic หรือ molecular เพื่ออธิบายกลไกของ tissue remodeling ที่เกิดขึ้นภายหลังการรักษา นอกจากนี้ การขยายการศึกษาไปยังเพศชายและกลุ่มอายุที่หลากหลายมากขึ้นจะช่วยเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้ผลลัพธ์ในประชากรทั่วไปได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Hatef DA, Koshy JC, Sandoval SE, Echo AP, Izaddoost SA, Hollier LH. The submental fat compartment of the neck. Semin Plast Surg. 2009; 23(4): 288-291. doi: 10.1055/s-0029-1242207.
2. Larson JD, Tierney WS, Ozturk CN, Zins JE. Defining the fat compartments in the neck: a cadaver study. Aesthet Surg J. 2014; 34(4): 499-506. doi: 10.1177/1090820X14526406.
3. Cotofana S, Lachman N. Anatomy of the facial fat compartments and their relevance in aesthetic surgery. J Dtsch Dermatol Ges. 2019; 17(4): 399-413. doi: 10.1111/ddg.13815.
4. Rohrich RJ, Pessa JE. The subplatysmal supramylohyoid fat. Plast Reconstr Surg. 2010; 126(2): 589-595. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181de2453.
5. Gassman AA, Pezeshk R, Scheuer JF 3rd, Sieber DA, Campbell CF, Rohrich RJ. Anatomical and clinical implications of the deep and superficial fat compartments of the neck. Plast Reconstr Surg. 2017; 140(3): 405e-414e. doi: 10.1097/PRS.0000000000003618.
6. de Castro CC. The anatomy of the platysma muscle. Plast Reconstr Surg. 1980; 66(5): 680-683. doi: 10.1097/00006534-198011000-00002.
7. Hwang K, Kim JY, Lim JH. Anatomy of the platysma muscle. J Craniofac Surg. 2017; 28(2): 539-542. doi: 10.1097/SCS.0000000000003318.
8. Bouchard C. Genetic determinants of regional fat distribution. Hum Reprod. 1997; 12(Suppl 1): 1-5. doi: 10.1093/humrep/12.suppl_1.1.
9. Schleinitz D, Bottcher Y, Bluher M, Kovacs P. The genetics of fat distribution. Diabetologia. 2014; 57(7): 1276-1286. doi: 10.1007/s00125-014-3214-z.
10. Palmieri B, Lodi D, Corridori I. A new technology for connective tissue micro alveolar stimulation: Icoone®-H. Gazz Med Ital Arch Sci Med. 2008; 167(6): 311-338.
11. Zhang J, Wang T, Shi Y, Liu Y, Lu T. Abdominal massage ameliorates inguinal fat accumulation via augmentation of PPARγ signaling in high-fat diet-induced obese mice. Diabetes Metab Syndr Obes. 2023; 16: 2409-2418. doi: 10.2147/DMSO.S412218.
12. Julious SA. Sample size of 12 per group rule of thumb for a pilot study. Pharm Stat. 2005; 4(4): 287-291. doi: 10.1002/pst.185.

ประสิทธิผลและความปลอดภัยของเซรั่มเรตินอยด์ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสีที่มีสารสกัดพอลิโพเดียม ลิวโคโทมอส ในผู้ป่วยชาวเอเชียที่เป็นฝ้า: การศึกษาแบบไปข้างหน้าในกลุ่มประชากร

EFFICACY AND SAFETY OF A RETINOID-BASED SERUM COMBINED WITH POLYPODIUM LEUCOTOMOS TINTED SUNSCREEN IN ASIAN PATIENTS WITH MELASMA: A PROSPECTIVE COHORT STUDY

ปณาลี เวชชาภินันท์*

PANALEE WECHAPINAN

โรงเรียนดิเอสเซนส์

The Essence School

นักเรียนมัธยมศึกษา*

High school student

อีเมล: panaleerin@gmail.com

รังสิมา วณิชภักดีเดชา**

RUNGSIMA WANITPHAKDEEDECHA

ภาควิชาตจวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

Department of Dermatogy, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University,

หัวหน้าภาควิชาตจวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล**

Professor Rungsima Wanitphakdeedecha, M.D., M.A., M.Sc., Ph.D.

อีเมล: rungsima.wan@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ฝ้าเป็นความผิดปกติของเม็ดสีผิวหนังที่พบได้บ่อยในชาวไทย ปัจจุบันการรักษาฝ้าประกอบด้วยการรักษาเฉพาะที่ การรักษาด้วยยารับประทาน และหัตถการต่างๆ ซึ่งยาที่ใช้ในการรักษาฝ้า มีโอกาสก่อให้เกิดผลข้างเคียง การระคายเคือง เกิดเป็นผื่นแดง ผิวแห้ง มีอาการคันหรือแสบร้อน และมีโอกาสเกิดผลข้างเคียงถ้าใช้ติดต่อกันเป็นเวลานาน การพัฒนายาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาและลดผลข้างเคียงของการใช้ยาจะส่งผลให้การรักษาฝ้ามีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อศึกษาประสิทธิผลและความปลอดภัยของการใช้เซรั่มกลุ่มเรตินอยด์ที่มีส่วนประกอบของไฮดรอกซีพินาโคโลน เรติโนเอตและเรตินอยด์ในรูปแบบ glycospheres ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสีที่มีสารสกัดพอลิโพเดียม ลิวโคโทมอสในผู้ป่วยชาวเอเชียที่เป็นฝ้า การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบไปข้างหน้า ณ ศูนย์วิจัยแห่งเดียว โดยมีอาสาสมัครจำนวน 30 ราย ซึ่งเป็นผู้ป่วยฝ้าที่มีผิวประเภท Fitzpatrick III–V ใช้เซรั่มเรตินอยด์ทุกคืนเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และใช้ครีมกันแดดชนิดมีสีทุกวันเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลลัพธ์หลัก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีผิวที่ประเมินด้วย Antera3D®, Mexameter® และ Modified Melasma Area and Severity Index (mMASI) ผลลัพธ์รอง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางชีวกายภาพของผิวหนัง รวมถึงการประเมินผลการรักษาโดยผู้ป่วยและแพทย์ ส่วนการประเมินความปลอดภัยพิจารณาจากการติดตามอาการไม่พึงประสงค์ตลอดการศึกษา อาสาสมัครจำนวน 27 รายเข้าร่วมการศึกษาจนครบตามกำหนด ผลการรักษาพบว่าค่าการประเมินเม็ดสีผิวจากทุกเครื่องมือดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ค่าเม็ดสีจาก Antera3D® ค่าดัชนีเมลานินจาก Mexameter® และคะแนน mMASI ซึ่งสอดคล้องกับการดีขึ้นของรอยฝ้าเมื่อประเมินทางคลินิก นอกจากนี้ยังพบว่าความยืดหยุ่นของผิวและความสม่ำเสมอของสีผิวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่น่าสนใจคือ ผลการรักษายังคงอยู่ต่อเนื่องแม้หยุดใช้เซรั่มเป็นเวลา 1 เดือน อาการไม่พึงประสงค์ที่พบส่วนใหญ่เป็นเพียงการระคายเคืองเล็กน้อยและเกิดขึ้นชั่วคราว พบประมาณหนึ่งในสามของผู้เข้าร่วม โดยไม่พบอาการไม่พึงประสงค์รุนแรง การรักษาด้วยเซรั่มกลุ่มเรตินอยด์ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสี สามารถลดความรุนแรงของฝ้าและช่วยปรับคุณภาพผิวในผู้ป่วยชาวเอเชียได้อย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งมีความปลอดภัยและสามารถทนต่อการรักษาได้ดี นอกจากนี้ การคงอยู่ของผลการรักษาหลังหยุดใช้เซรั่มยังบ่งชี้ถึงประสิทธิผลที่ต่อเนื่อง จึงอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการรักษาฝ้าที่ช่วยลดการพึ่งพาไฮโดรควิโนน หรือใช้ร่วมกับการรักษามาตรฐานในการดูแลผู้ป่วยฝ้าได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ฝ้า, ไฮดรอกซีพินาโคโลนเรติโนเอต, เรตินอยด์, พอลิโพเดียม ลิวโคโทมอส, เม็ดสีผิว, ผิวชาวเอเชีย

Abstract

Melasma is one of the most common pigmentary skin disorders among the Thai population. Current treatment options include topical therapies, oral medications, and various procedural interventions. However, medications used for melasma treatment may cause adverse effects such as skin irritation, erythema, dryness, itching, and a burning sensation. In addition, prolonged use may increase the risk of further side effects. Therefore, the development of novel therapeutic agents with improved efficacy and a better safety profile could enhance treatment outcomes while minimizing adverse effects associated with long-term therapy. To evaluate the efficacy and safety of a topical regimen combining a retinoid-based serum containing hydroxypinacolone retinoate and retinol in glycospheres with a tinted sunscreen containing Polypodium leucotomos extract in Asian patients with melasma. In this prospective, single-center cohort study, 30 adults with melasma (Fitzpatrick skin types III–V) applied the retinoid serum nightly for 8 weeks and the tinted sunscreen daily for 12 weeks. Primary outcomes included changes in pigmentation assessed by Antera3D® and Mexameter®, and modified Melasma Area and Severity Index (mMASI). Secondary outcomes included skin biophysical parameters and patient- and physician-reported improvements. Safety was assessed through adverse event monitoring. Twenty-seven participants completed the study. Significant reductions in pigmentation were observed across all objective measures, including Antera3D® pigmentation values, Mexameter® melanin index and Mean mMASI scores, corresponding with progressive clinical improvement. Skin pliability and overall skin tone also improved significantly. Notably, treatment benefits were maintained one month after discontinuation of the serum. Mild, transient irritation occurred in approximately one-third of participants, with no serious adverse events reported. This retinoid-based regimen combined with tinted photoprotection demonstrated significant improvement in melasma severity and skin quality in Asian patients, with good tolerability. The observed maintenance of clinical benefit after treatment cessation suggests potential durability, supporting its role as a practical hydroquinone-sparing alternative or adjunct in melasma management.

Keywords: Melasma, Hydroxypinacolone retinoate, Retinoids, Polypodium leucotomos, Pigmentation, Asian skin

บทนำ

ฝ้า (melasma) เป็นความผิดปกติของเม็ดสีผิวหนังชนิดที่เกิดขึ้นภายหลัง (acquired pigmentary disorder) ซึ่งพบได้บ่อย โดยเฉพาะในสตรีและผู้ที่มีผิวสีเข้ม[1] ลักษณะทางคลินิกของฝ้าจะเป็นรอยปื้นสีน้ำตาล ขอบเขตไม่สม่ำเสมอ มักพบทั้งสองข้างของใบหน้าในตำแหน่งกึ่งกลางใบหน้า โหนกแก้ม และแนวขากรรไกร[2] การวินิจฉัยอาศัยลักษณะทางคลินิกเป็นหลัก ปัจจุบันเชื่อว่าการเกิดฝ้ามีสาเหตุจากหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ การได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตอย่างต่อเนื่อง พันธุกรรม และอิทธิพลของฮอร์โมน[3-7] นอกจากนี้ หลักฐานในปัจจุบันยังแสดงให้เห็นว่า การเกิดฝ้าไม่ได้เกิดจากความผิดปกติของเมลาโนไซต์ (melanocyte) เพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับเคราติโนไซต์ (keratinocyte) ไฟโบรบลาสต์ (fibroblasts) แมสต์เซลล์ (mast cells) และความผิดปกติของหลอดเลือด รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของการแสดงออกของยีน การสร้างหลอดเลือดใหม่ และความผิดปกติของเยื่อบุใต้ฐานของผิวหนัง (basement membrane)[8,9] ความซับซ้อนของพยาธิกำเนิดดังกล่าวจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้การรักษาฝ้ามีข้อจำกัดและมีโอกาสกลับเป็นซ้ำได้บ่อย[4]

แนวทางการรักษาฝ้าในปัจจุบันประกอบด้วยการรักษาเฉพาะที่ การรักษาด้วยยารับประทาน และหัตถการต่างๆ ซึ่งมุ่งออกฤทธิ์ต่อกลไกการเกิดโรคที่แตกต่างกัน[9] ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone) ยังคงเป็นยาทาเฉพาะที่ที่ถือเป็นมาตรฐานในการรักษา เนื่องจากสามารถยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) และลดการสร้างเม็ดสีเมลานิน (melanin) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การใช้ยาอาจทำให้เกิดอาการระคายเคือง เช่น ผื่นแดง ผิวแห้ง อาการคัน หรือแสบร้อน และหากใช้ในความเข้มข้นสูงหรือใช้ต่อเนื่องเป็นเวลานานโดยไม่ได้รับการดูแลจากแพทย์ อาจเกิดภาวะ exogenous ochronosis ได้ จึงจำเป็นต้องใช้อย่างระมัดระวังทั้งในด้านความเข้มข้นและระยะเวลาการรักษา[10-12] อนุพันธ์ของวิตามินเอชนิดทา (topical retinoids) ได้รับการศึกษามาอย่างกว้างขวางในการรักษาฝ้า ทั้งในรูปแบบการใช้เพียงชนิดเดียว (monotherapy) และการใช้ร่วมกับการรักษาอื่น (combination regimens)[13-15] กลไกการออกฤทธิ์ประกอบด้วยการยับยั้งการทำงานและการถอดรหัสยีนของเอนไซม์ไทโรซิเนส การลดการกระจายตัวของเมลานินในชั้นหนังกำพร้า และการยับยั้งการถ่ายโอนเมลาโนโซมจากเมลาโนไซต์ไปยังเคราติโนไซต์[10] นอกจากนี้ เรตินอยด์ยังช่วยเร่งการผลัดเปลี่ยนของเคราติโนไซต์ ส่งผลให้เม็ดสีถูกกำจัดออกจากผิวหนังได้รวดเร็วยิ่งขึ้น[9] สารลดเม็ดสีชนิดทาอื่นๆ ได้แก่ azelaic acid, kojic acid, arbutin, niacinamide และ ascorbic acid ซึ่งออกฤทธิ์ผ่านกลไกการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส การต้านอนุมูลอิสระ หรือการลดการถ่ายโอนเมลาโนโซม[16,17] กรดทรานเอกซามิกชนิดรับประทาน (oral tranexamic acid; TXA) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะการรักษาเสริม โดยออกฤทธิ์ผ่านการยับยั้งกระบวนการ plasminogen–plasmin ส่งผลให้ลดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเมลาโนไซต์และเคราติโนไซต์ ลดการทำงานของแมสต์เซลล์ และลดการสร้างหลอดเลือดใหม่ในชั้นหนังแท้[18,19] นอกจากนี้ แนวทางการรักษาฝ้ายังรวมถึงการทำ chemical peeling และการรักษาด้วยเลเซอร์[5,9,20]

รังสีอัลตราไวโอเลตเอ (UVA) รังสีอัลตราไวโอเลตบี (UVB) และแสงที่มองเห็นได้ (visible light) เป็นปัจจัยกระตุ้นและส่งเสริมให้ฝ้ามีความรุนแรงมากขึ้น โดยคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในปัจจุบันระบุว่าผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยฝ้าควรมี ค่าป้องกันแสงแดด (SPF) สูง สามารถป้องกันรังสี

UVA และ UVB ได้อย่างครอบคลุม (broad-spectrum protection) และมีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงที่มองเห็นได้ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิดมีสี (tinted sunscreen) ที่มีส่วนประกอบของ iron oxides ซึ่งช่วยลดการเกิดเม็ดสีและลดความเสี่ยงของการกลับเป็นซ้ำของฝ้าได้ เนื่องจากฝ้าเป็นโรคที่มีลักษณะเป็นๆหายๆ และมีโอกาสกลับเป็นซ้ำได้บ่อย การรักษาด้วยยาทาเพื่อรักษาฝ้าจึงควรใช้ร่วมกับการป้องกันแสงแดดอย่างเคร่งครัด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาและลดโอกาสการกลับเป็นซ้ำของโรค[21,22]

ดังที่กล่าวข้างต้น เรตินอยด์ (retinoids) เป็นหนึ่งในแนวทางหลักของการรักษาฝ้า โดย tretinoin หรือ all-trans retinoic acid ชนิดดั้งเดิมสามารถช่วยรักษาฝ้าได้ทั้งในรูปแบบการใช้เพียงชนิดเดียว (monotherapy) และให้ผลการรักษาที่สม่ำเสมอมากขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับ hydroquinone และยาคอร์ติโคสเตียรอยด์ชนิดความแรงต่ำ อย่างไรก็ตาม การใช้ tretinoin มักมีข้อจำกัดจากการก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง เช่น ผื่นแดง (erythema) การลอกของผิว (desquamation) และผื่นผิวหนังอักเสบจากเรตินอยด์ (retinoid dermatitis)[14,15,23] แนวทางในการลดการระคายเคืองผิวหนังจากเรตินอยด์ ได้แก่ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพัฒนาตำรับยาขั้นสูง (advanced formulation technologies) เช่น ระบบการห่อหุ้มสารสำคัญ (encapsulation) หรือ ระบบการสร้างสารเชิงซ้อน (complex formation systems) ซึ่งช่วยเพิ่มความคงตัวของตัวยา ควบคุมการปลดปล่อยสารให้ออกฤทธิ์ และเพิ่มประสิทธิภาพในการนำส่งตัวยาสู่ผิวหนัง (dermal delivery) ระหว่างกระบวนการนำส่งยา (drug-delivery process)[23] Hydroxypinacolone retinoate (HPR) เป็นเอสเทอร์ของกรดเรติโนอิก (retinoic acid) ที่มีรายงานว่าสามารถจับกับตัวรับกรดเรติโนอิก (retinoic acid receptors) ได้โดยตรงโดยไม่ต้องผ่านการเปลี่ยนแปลงทางเมแทบอลิซึม อีกทั้งยังมีความคงตัวทางเคมีสูงกว่าและก่อให้เกิดการระคายเคืองน้อยกว่า retinol ในการศึกษาระดับห้องปฏิบัติการที่ใช้แบบจำลองผิวหนัง[24-27] นอกจากนี้ เทคโนโลยีการห่อหุ้มสารสำคัญ เช่น glycospheres ยังช่วยเพิ่มความคงตัวของเรตินอยด์ ควบคุมการปลดปล่อยตัวยา และลดการสัมผัสของหนังกำพร้าต่อเรตินอยด์ในระดับสูงสุด (peak epidermal exposure) ส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถทนต่อการรักษาได้ดีขึ้น[23,27]

Polypodium leucotomos extract (PLE) ซึ่งสกัดจากใบของเฟิร์นในวงศ์ Polypodiaceae[28] อุดมไปด้วยสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (phenolic compounds) โดยมีการศึกษาทั้งในระดับหลอดทดลอง (in vitro) ระดับเซลล์ และการศึกษาทางคลินิกที่แสดงให้เห็นว่า PLE มีคุณสมบัติในการกำจัดอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species) ปกป้องสารพันธุกรรม (DNA) จากความเสียหายที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลต มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และมีความปลอดภัยในการใช้ นอกจากนี้ PLE ยังถูกนำมาใช้เป็นการรักษาเสริมในผู้ป่วยโรคผิวหนังที่ไวต่อแสง (photodermatoses) ฝ้า และความผิดปกติของเม็ดสีผิวหนังอื่นๆ[28-31] มีการศึกษาพบว่าการเติม Polypodium leucotomos extract ความเข้มข้น 1% ลงในผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดที่มีสารกรองรังสี UVA และ UVB สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด โดยเพิ่มค่า SPF เฉลี่ยร้อยละ 14 และค่า UVA protection factor (UVA-PF) ประมาณร้อยละ 9 พร้อมทั้งยังคงประสิทธิภาพการป้องกันรังสีในช่วงกว้าง (broad-spectrum protection) โดยมี critical wavelength ไม่น้อยกว่า 370 นาโนเมตร[32] เนื่องจาก hydroquinone มีข้อจำกัดด้านการใช้ เช่น การระคายเคืองผิวหนัง และความเสี่ยงต่อ

การเกิด exogenous ochronosis จึงมีความสนใจเพิ่มขึ้นในการพัฒนาแนวทางการรักษาทางเลือกที่ให้ประสิทธิภาพดีควบคู่กับการทนต่อการรักษาที่ดียิ่งขึ้น[12] ข้อมูลจากแนวทางปฏิบัติและหลักฐานเชิงประจักษ์ล่าสุดชี้ให้เห็นว่า การรักษาแบบผสมผสาน (combination therapy) ที่ประกอบด้วยเรตินอยด์ที่มีความคงตัวเพิ่มขึ้น ร่วมกับการป้องกันแสงแดดอย่างเหมาะสม เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการรักษาฝ้า[9,21-23,33]

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้เซรั่มกลุ่มเรตินอยด์ที่มีส่วนประกอบของไฮดรอกซีพินาโคโลน เรติโนเอตและเรตินอยด์ในรูปแบบ glycospheres ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสีที่มีสารสกัดพอลิโพเดียม ลิวโคโทมอสในผู้ป่วยชาวเอเชียที่เป็นฝ้า
2. เพื่อศึกษาความปลอดภัยของการใช้เซรั่มกลุ่มเรตินอยด์ที่มีส่วนประกอบของไฮดรอกซีพินาโคโลน เรติโนเอตและเรตินอยด์ในรูปแบบ glycospheres ร่วมกับครีมกันแดดชนิดมีสีที่มีสารสกัดพอลิโพเดียม ลิวโคโทมอสในผู้ป่วยชาวเอเชียที่เป็นฝ้า

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบโคฮอร์ตไปข้างหน้า ณ ศูนย์วิจัยแห่งเดียว (prospective, single-center cohort study) ดำเนินการ ณ ศูนย์เลเซอร์ผิวหนังศิริราช ภาควิชาตจวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

ผู้เข้าร่วมการศึกษา

อาสาสมัครจำนวน 30 รายที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไปได้รับการคัดเลือกเข้าร่วมการศึกษา ผู้เข้าร่วมที่เข้าเกณฑ์ ได้แก่ เพศชายหรือเพศหญิงชาวเอเชียที่มี Fitzpatrick skin type III–V และได้รับการวินิจฉัยฝ้าทางคลินิกโดยแพทย์ผิวหนัง โดยมีรอยโรคบริเวณใบหน้าทั้งสองข้าง เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ หญิงตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร ผู้ที่มีผื่นผิวหนังอักเสบหรือโรคผิวหนังอักเสบอื่นๆ บริเวณใบหน้า ผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยฮอร์โมนหรือยาคุมกำเนิดภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา ผู้ที่มีประวัติได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์หรืออุปกรณ์พลังงานแสงบริเวณใบหน้าภายใน 6 เดือนที่ผ่านมา ผู้ที่ได้รับการรักษาฝ้าด้วยยาทาหรือยารับประทานภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา ผู้ที่ใช้สารลดเม็ดสีชนิดทาภายใน 1 เดือนที่ผ่านมา ผู้ที่มีประวัติแพ้หรือไวต่อ retinoids หรือ Polypodium leucotomos extract ผู้ที่กำลังรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ผู้ที่มีโรคทางจิตเวชรุนแรงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเข้าร่วมการศึกษา และผู้ที่ปฏิเสธการถ่ายภาพทางคลินิกแบบมาตรฐาน

การรักษา

ผู้เข้าร่วมการศึกษาได้รับคำแนะนำให้ทาเซรั่มสำหรับผิวหน้าที่มีส่วนประกอบของ hydroxy pinacolone retinoate และ retinol ในรูปแบบ glycospheres (Neoretin Discrom Control Serum®, Cantabria Labs, Spain) ในปริมาณประมาณ หนึ่งเมล็ดถั่ว (pea-sized amount) ให้ทั่วใบหน้า ทุกคืน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์

การใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานเดียวกันสำหรับผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกราย เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการดูแลผู้ป่วยฝ้าในเวชปฏิบัติ เพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตและแสงที่มองเห็นได้ รวมทั้งลดปัจจัยรบกวนจากผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดที่จำหน่ายทั่วไปซึ่งอาจมีส่วนผสมของสารลดเม็ดสีหรือใช้สารกรองรังสีชนิดแตกต่างกัน โดยในทุกเช้า ผู้เข้าร่วมการศึกษาทาผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดชนิดมีสี (tinted sunscreen) ที่สามารถป้องกันรังสีได้อย่างครอบคลุม (broad-spectrum) มีส่วนประกอบของ Polypodium leucotomos extract ค่า SPF 50+ และ PA++++ (Heliocare 360 Pigment Solution Fluid®, Cantabria Labs, Spain) ในปริมาณ 2 fingertip units เพื่อให้ครอบคลุมทั่วใบหน้า ตลอดระยะเวลาการศึกษา 12 สัปดาห์

ผู้เข้าร่วมการศึกษาได้รับคำแนะนำให้งดใช้ผลิตภัณฑ์ลดเม็ดสีชนิดทาอื่นๆ รวมถึงหลีกเลี่ยงการรักษาฝ้าด้วยวิธีการอื่นตลอดระยะเวลาการศึกษา ทั้งนี้ ความสม่ำเสมอในการใช้ผลิตภัณฑ์ได้รับการติดตามจากการรายงานของผู้เข้าร่วมการศึกษาในทุกครั้งที่มาติดตามผล พร้อมทั้งมีการทบทวนและเน้นย้ำวิธีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องตลอดระยะเวลาการศึกษา เพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการรักษา (treatment adherence) ให้เป็นไปตามแผนการวิจัย

การประเมินผล

การประเมินทั้งหมดดำเนินการก่อนเริ่มการรักษา (baseline) และที่ 1, 2 และ 3 เดือนหลังเริ่มใช้เซรั่ม

การประเมินผลเชิงวัตถุวิสัย (Objective assessment) ดังนี้ ปริมาณเม็ดสีและความแดงบริเวณแก้มได้รับการประเมินด้วยเครื่อง Antera3D® (Miravex, Dublin, Ireland) สำหรับรอยโรคฝ้าที่มีความเข้มที่สุดของผู้เข้าร่วมการศึกษาแต่ละราย ได้ทำการวัด ดัชนีเมลานิน (melanin index) และ ดัชนีความแดง (erythema index) ด้วยเครื่อง Mexameter® (Courage+Khazaka, Germany) คุณสมบัติทางชีวฟิสิกส์ของผิวหนัง (biophysical properties) ประกอบด้วย ความกระชับและความยืดหยุ่นของผิวหนัง ซึ่งประเมินด้วยเครื่อง Cutometer® (Courage+Khazaka, Germany) ความชุ่มชื้นของผิวหนัง ซึ่งประเมินด้วยเครื่อง Corneometer® (Courage+Khazaka, Germany) สีผิวซึ่งแสดงในรูปของ Individual Typology Angle (ITA) วัดด้วยเครื่อง Colorimeter® CL 400 (Courage+Khazaka, Germany) และ การสูญเสียน้ำผ่านผิวหนัง (transepidermal water loss; TEWL) วัดด้วยเครื่อง Tewameter® (Courage+Khazaka, Germany)

การประเมินผลเชิงอัตวิสัย (Subjective assessment) ดังนี้ มีการถ่ายภาพใบหน้าแบบมาตรฐานก่อนเริ่มการรักษา และที่ 1, 2 และ 3 เดือนหลังเริ่มใช้เซรั่ม โดยใช้สภาวะแสงและการตั้งค่ากล้องที่คงที่ตลอดการศึกษา ผลลัพธ์ทางคลินิก รวมถึงการประเมิน modified Melasma Area and Severity Index (mMASI) ได้รับการประเมินโดยแพทย์ผิวหนัง 2 ท่านที่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งไม่ทราบลำดับเวลาของการรักษาและช่วงเวลาที่ถ่ายภาพ (blinded to treatment timepoints and study visits) นอกจากนี้ ในแต่ละการติดตามผู้เข้าร่วมการศึกษายังประเมินการเปลี่ยนแปลงของรอยโรคจากภาพถ่ายของตนเองโดยใช้ Global

Improvement Scale แบบ 6 ระดับ ได้แก่ น้อยกว่า 0% (อาการแย่ลง), 0% (ไม่เปลี่ยนแปลง), 1–25% (ดีขึ้นเล็กน้อย), 26–50% (ดีขึ้นปานกลาง), 51–75% (ดีขึ้นมาก) และ 76–100% (ดีขึ้นอย่างมาก)

การประเมินความปลอดภัย (Safety assessment) ดังนี้ บันทึกอาการไม่พึงประสงค์ (adverse events) ในทุกครั้งที่ผู้เข้าร่วมมาติดตามผล พร้อมจัดระดับความรุนแรงเป็น เล็กน้อย (mild) ปานกลาง (moderate) หรือ รุนแรง (severe) ทั้งนี้ หากผู้เข้าร่วมมีอาการไม่พึงประสงค์ที่ไม่สามารถทนต่อการรักษาได้ จะพิจารณาหยุดการรักษา

การวิเคราะห์ทางสถิติ (Statistical analysis)

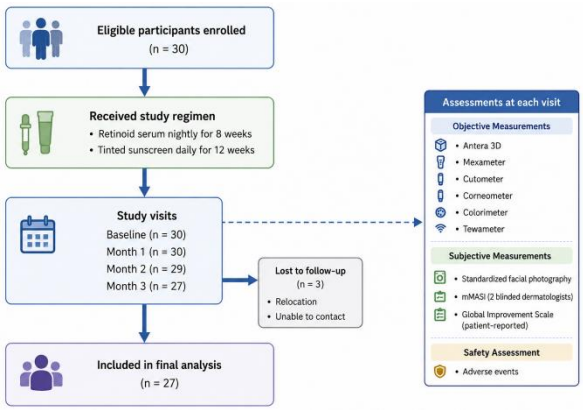
การคำนวณขนาดตัวอย่าง

ขนาดตัวอย่างคำนวณโดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องก่อนหน้า ร่วมกับสมมติฐานที่กำหนดโดยการปรึกษานักสถิติ โดยกำหนดให้ความแตกต่างของคะแนน Melasma Area and Severity Index (MASI) ก่อนและหลังการรักษาเฉลี่ยเท่ากับ 5 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความแตกต่างเท่ากับ 6 คะแนน คิดเป็น standardized effect size เท่ากับ 0.83 การคำนวณโดยใช้การทดสอบแบบ two-sided paired t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.01 และกำลังการทดสอบ (power) ร้อยละ 90 ได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำ 25 ราย เมื่อเผื่อการสูญเสียระหว่างการติดตามร้อยละ 20 จึงกำหนดรับผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 30 ราย

ข้อมูลได้รับการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism version 10.6 (GraphPad Software, San Diego, CA) และ SPSS version 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) ข้อมูลเชิงปริมาณแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± standard deviation; SD) ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพแสดงเป็นจำนวนและร้อยละ การกระจายตัวของข้อมูลได้รับการตรวจสอบด้วย Shapiro–Wilk test

การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามช่วงเวลาประเมินโดยใช้ linear mixed-effects model ร่วมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี restricted maximum likelihood (REML) ในกรณีที่ข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติของแบบจำลองและไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยการแปลงข้อมูล จะใช้ Friedman test (วิเคราะห์เฉพาะข้อมูลที่มีครบทุกช่วงเวลา; complete cases) พร้อมการเปรียบเทียบภายหลัง (post hoc analysis) ที่เหมาะสม

เมื่อพบความแตกต่างโดยรวมของผลการรักษาตามช่วงเวลา จะทำการเปรียบเทียบระหว่างแต่ละช่วงเวลากับค่าก่อนการรักษา (baseline) ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (planned pairwise comparisons) โดยปรับค่าความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบหลายครั้งด้วยวิธี Bonferroni ทั้งนี้ กำหนดให้ค่า $p < 0.05$ (two-sided) มีนัยสำคัญทางสถิติ แผนภาพลำดับขั้นตอนการวิจัยแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลำดับขั้นตอนการวิจัย

ผลการศึกษา

ผู้เข้าร่วมการศึกษาจำนวน 30 รายได้รับการคัดเลือกเข้าสู่การศึกษา โดยมีอายุเฉลี่ย 49.90 ± 6.85 ปี (ช่วงอายุ 40–61 ปี) มีผู้เข้าร่วมการศึกษาจำนวน 27 รายที่ดำเนินการศึกษาจนครบตามกำหนด ขณะที่อีก 3 รายขาดการติดตามเนื่องจากย้ายถิ่นที่อยู่หรือไม่สามารถติดต่อกลับได้ ผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 96.7) และมี Fitzpatrick skin type IV (ร้อยละ 83.3) ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษาแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทางประชากร (Demographic data)

Characteristics		Value (N = 30)
Age (years), mean ± SD* (min to max)		49.90 ± 6.85 (40, 61)
Duration of melasma (years), mean ± SD (min to max)		8.27 ± 6.27 (1, 20)
Sex, n (%)	Female	29 (96.7%)
	Male	1 (3.3%)
Fitzpatrick skin type, n (%)	III	5 (16.7%)
	IV	25 (83.3%)
Sunscreen use, n (%)	always	25 (83.3%)
	sometimes	4 (13.3%)
	never	1 (3.3%)

*SD, standard deviation

การประเมินผลเชิงวัตถุวิสัย (Objective assessments)

พบว่าปริมาณเม็ดสีลดลงอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการศึกษาจากทุกวิธีการประเมินเชิงวัตถุวิสัย ค่าเม็ดสีที่ประเมินด้วยเครื่อง Antera3D® ลดลงจาก 46.63 ± 4.24 ก่อนการรักษา เหลือ 44.43 ± 3.68, 44.91 ± 4.03 และ 44.57 ± 3.82 ที่ 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ (ทุกช่วงเวลา $p < 0.001$) ในทำนองเดียวกัน Melanin Index ที่วัดด้วยเครื่อง Mexameter® ลดลงอย่างต่อเนื่องจาก 262.90 ± 56.93 ก่อนการรักษา เป็น 244.60 ± 55.50, 235.40 ± 56.43 และ 224.60 ± 53.34 ที่ 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ

(ทุกช่วงเวลา p ≤ 0.002) ผลการประเมินที่สอดคล้องกันจากทั้งการวิเคราะห์ภาพและการวัดด้วยหัววัด (probe-based assessment) สนับสนุนว่า การรักษาสามารถลดเม็ดสีได้อย่างสม่ำเสมอและชัดเจน

ความแดงของผิวหนังที่ประเมินด้วยเครื่อง Antera3D® ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการรักษาในทุกช่วงเวลาที่ติดตาม ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม Erythema Index ที่วัดด้วยเครื่อง Mexameter® ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความแตกต่างของผลลัพธ์ดังกล่าวอาจสะท้อนถึงความไวในการตรวจวัดที่แตกต่างกันระหว่างการประเมินด้วยหัววัดเฉพาะตำแหน่งและการวิเคราะห์ภาพทั้งบริเวณ

สำหรับตัวชี้วัดด้านคุณสมบัติทางชีวฟิสิกส์ของผิวหนัง พบว่า Individual Typology Angle (ITA) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 2 และ 3 เดือน ($p < 0.001$) ซึ่งบ่งชี้ถึงการที่สีผิวโดยรวมมีความกระจ่างใสขึ้น นอกจากนี้ ค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง (Cutometer® R0) ยังเปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงท้ายของการติดตาม ($p < 0.05$) สะท้อนถึงการปรับตัวดีขึ้นของคุณสมบัติทางกลของผิวหนัง ในทางตรงกันข้าม ความชุ่มชื้นของผิวหนังลดลงอย่างมีนัยสำคัญระหว่างการรักษา อย่างไรก็ตาม การสูญเสียน้ำผ่านผิวหนัง (transepidermal water loss; TEWL) ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการทำหน้าที่ของเกราะป้องกันผิวหนัง (epidermal barrier function) ยังคงได้รับการคงไว้ แม้จะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของเรตินอยด์

สำหรับค่า Cutometer® R2 การวิเคราะห์โดยรวมพบความแตกต่างตามช่วงเวลาการศึกษา (overall time effect, $p = 0.048$) อย่างไรก็ตาม การเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างแต่ละช่วงเวลากับค่าก่อนการรักษาภายหลังการปรับค่า Bonferroni ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รายละเอียดผลการศึกษาทั้งหมดแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินผลเชิงวัตถุวิสัย (Objective assessments)

Parameter	Baseline	1 month	2 months	3 months	*p*
Pigmentation Antera	46.63 ± 4.24	44.43 ± 3.68 (<0.001) ***	44.91 ± 4.03 (<0.001) ***	44.57 ± 3.82 (<0.001) ***	**<0.001** ***
Redness Antera	27.63 ± 3.10	26.70 ± 3.98 (0.031) *	25.34 ± 2.72 (<0.001) ***	24.85 ± 2.57 (<0.001) ***	**<0.001** ***
Melanin index	262.90 ± 56.93	244.60 ± 55.50 (0.002) **	235.40 ± 56.43 (<0.001)***	224.60 ± 53.34 (<0.001) ***	**<0.001** ***
Erythema index	322.80 ± 65.70	320.90 ± 63.05 (>0.99)	312.40 ± 61.55 (0.453)	306.60 ± 56.00 (0.445)	0.291
Cutometer R0 (mm)	0.46 ± 0.11	0.44 ± 0.10 (0.979)	0.50 ± 0.09 (0.013) *	0.49 ± 0.08 (0.029) *	**<0.001** ***
Cutometer R2 (%)	61.46 ± 12.74	65.84 ± 9.51 (0.095)	61.91 ± 10.66 (>0.99)	62.32 ± 11.42 (>0.99)	**0.048** *
Hydration level	58.41 ± 11.44	50.38 ± 11.15 (<0.001) ***	52.90 ± 13.19 (0.041) *	52.57 ± 14.10 (0.081)	**0.001** ***
ITA	23.14 ± 7.87	23.38 ± 8.88 (>0.99)	26.33 ± 8.12 (<0.001) ***	28.38 ± 6.45 (<0.001) ***	**<0.001** ***
TEWL (g/m²/h)	11.54 ± 3.33	12.42 ± 3.80 (0.073)	12.54 ± 4.13 (0.165)	11.47 ± 2.57 (>0.99)	0.062
mMASI	7.80 ± 3.53	6.55 ± 3.78 (<0.001) ***	6.08 ± 3.27 (<0.001) ***	6.32 ± 3.54 (<0.001) ***	**<0.001** ***

Abbreviations: ITA = Individual typology angle; TEWL = Transepidermal water loss, mMASI = Modified melasma area and severity index $p < 0.05$ (*), $p \leq 0.01$ (**), $p \leq 0.001$ (***)

หมายเหตุ: ค่า *p* ในคอลัมน์ขวาสุดแสดงผลการทดสอบความแตกต่างโดยรวมตามช่วงเวลาการศึกษา (overall time effect) ส่วนค่า *p* ที่แสดงในวงเล็บเป็นผลการเปรียบเทียบแบบรายคู่ระหว่างแต่ละช่วงเวลากับค่าก่อนการรักษา (baseline)

การประเมินผลเชิงอัตวิสัย (Subjective assessments)

ผลการประเมินโดยแพทย์ผิวหนังที่ไม่ทราบช่วงเวลาของการรักษา (blinded evaluators) สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกที่ดีขึ้น โดยพบว่าคะแนน modified Melasma Area and Severity Index (mMASI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 7.80 ± 3.53 ก่อนการรักษา เหลือ 6.55 ± 3.78, 6.08 ± 3.27 และ 6.32 ± 3.54 ที่ 1, 2 และ 3 เดือน ตามลำดับ (ทุกช่วงเวลา $p < 0.001$) ทั้งนี้ แบบจำลอง linear mixed-effects model ยังยืนยันว่ามีความแตกต่างโดยรวมของคะแนน mMASI ตามช่วงเวลาการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่าประสิทธิผลของการรักษายังคงอยู่ต่อเนื่อง แม้หยุดใช้เซรั่มแล้วเป็นเวลา 1 เดือน

ผลการประเมินโดยผู้เข้าร่วมการศึกษา (patient-reported outcomes) แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองต่อการรักษาที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการศึกษา โดยสัดส่วนของผู้เข้าร่วมที่รายงานว่ามีการดีขึ้นในระดับ ดีถึงดีมาก (good-to-excellent improvement; ≥51%) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 41.4 ที่ 1 เดือน เป็นร้อยละ 50.0 ที่ 2 เดือน และยังคงอยู่ในระดับสูงที่ร้อยละ 48.1 ที่ 3 เดือน นอกจากนี้ สัดส่วนของผู้เข้าร่วมที่รายงานว่ามีการตอบสนองในระดับ ดีเยี่ยม (excellent improvement; 76–100%) เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการศึกษา

แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวเลขที่วัดได้อาจดูไม่มากนัก แต่ผลลัพธ์มีความสอดคล้องกันจากการประเมินด้วยวิธีเชิงวัตถุวิสัยหลายรูปแบบ และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางคลินิกที่มีความสำคัญ ซึ่งได้รับการยืนยันทั้งจากการประเมินโดยแพทย์ผู้ประเมินและการประเมินโดยผู้เข้าร่วมการศึกษาเอง

อาการไม่พึงประสงค์ (Adverse effects)

ผู้เข้าร่วมการศึกษาส่วนใหญ่สามารถทนต่อการรักษาได้ดี โดยพบอาการระคายเคืองผิวหนังเล็กน้อยและเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวในผู้เข้าร่วมการศึกษาร้อยละ 33.3 ซึ่งอาการทั้งหมดสามารถหายได้เองโดยไม่จำเป็นต้องได้รับการรักษาเพิ่มเติม ไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ระดับปานกลางหรือรุนแรง และไม่มีผู้เข้าร่วมการศึกษารายใดต้องยุติการรักษาเนื่องจากอาการไม่พึงประสงค์จากการรักษา

อภิปรายผลการวิจัย

ฝ้า (melasma) เป็นความผิดปกติของเม็ดสีผิวหนังที่เกิดขึ้นภายหลัง มีลักษณะเรื้อรัง และมักตอบสนองต่อการรักษาได้ยาก โดยมีลักษณะทางคลินิกเป็นรอยปื้นสีน้ำตาลเข้มที่กระจายตัวอย่างสมมาตรบริเวณกึ่งกลางใบหน้า โหนกแก้ม หรือแนวขากรรไกร การรักษาฝ้าให้ได้ผลดีมักต้องอาศัยการรักษาแบบผสมผสาน (multimodal therapy) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดการสร้างและการสะสมของเม็ดสีที่มากผิดปกติ

เรตินอยด์ (retinoids) ยังคงมีบทบาทสำคัญในการรักษาความผิดปกติของเม็ดสีผิวหนังและภาวะผิวเสื่อมจากแสง (photoaging) เนื่องจากสามารถออกฤทธิ์ในหลายขั้นตอนของกระบวนการเกิดเม็ดสีผิดปกติ ได้แก่ การยับยั้งการทำงานและการแสดงออกของยีนของเอนไซม์ไทโรซิเนส (tyrosinase) การลดการกระจายตัวของเมลานินภายในชั้นหนังกำพร้า การยับยั้งการถ่ายโอนเมลาโนโซมไปยังเคราติโนไซต์ และการเร่งการ

ผลัดเปลี่ยนของเคราติโนไซต์ ส่งผลให้เม็ดสีถูกกำจัดออกจากผิวหนังได้รวดเร็วยิ่งขึ้น[13,15,33] นอกจากผลต่อการลดเม็ดสีแล้ว เรตินอยด์ยังส่งเสริมการปรับโครงสร้างของชั้นหนังแท้ (dermal remodeling) โดยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและช่วยปรับการเรียงตัวของเส้นใยอีลาสตินให้ดีขึ้น ซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้เรตินอยด์มีคุณสมบัติในการชะลอวัยของผิวหนัง (antiaging effects)[33,34] อย่างไรก็ตาม การใช้ tretinoin (all-trans retinoic acid) มักมีข้อจำกัดจากอาการไม่พึงประสงค์ทางผิวหนัง เช่น ผื่นแดง (erythema) การลอกของผิวหนัง (desquamation) อาการแสบร้อน (burning sensation) และผื่นผิวหนังอักเสบจากเรตินอยด์ (retinoid dermatitis) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความร่วมมือของผู้ป่วยในการรักษาระยะยาว (treatment adherence) โดยเฉพาะในผู้ป่วยฝ้า ด้วยเหตุนี้ จึงมีการพัฒนาเรตินอยด์สำหรับเวชสำอาง (cosmeceutical retinoids) และเทคโนโลยีการนำส่งสารออกฤทธิ์รูปแบบใหม่ (novel delivery platforms) เพื่อเพิ่มความสามารถในการทนต่อการรักษา (tolerability) โดยยังคงประสิทธิภาพในการรักษาไว้[23,27]

Hydroxypinacolone retinoate (HPR) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ของกรดเรติโนอิก (retinoic acid) มีรายงานว่ามีความคงตัวทางเคมีสูงกว่าและก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนังน้อยกว่าเรตินอยด์ชนิดดั้งเดิม ขณะเดียวกันยังคงความสามารถในการควบคุมการแสดงออกของยีนที่ตอบสนองต่อเรตินอยด์ (retinoid-responsive genes) และกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ[24,26,27,35] ควบคู่กันนี้ นวัตกรรมด้านระบบนำส่งยาสำหรับผลิตภัณฑ์ทาเฉพาะที่ เช่น liposomes, niosomes, drug carriers และ supramolecular nanoparticles ได้รับการพัฒนาเพื่อให้มีการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์อย่างควบคุม (controlled release) ช่วยลดการสัมผัสของชั้นหนังกำพร้าต่อเรตินอยด์ในระดับสูงสุด (peak epidermal exposure) และเพิ่มประสิทธิภาพการซึมผ่านของสารออกฤทธิ์เข้าสู่ผิวหนัง[23,27] จากแนวคิดดังกล่าว การศึกษานี้จึงประเมินประสิทธิผลของเซรั่มที่ประกอบด้วย HPR ร่วมกับ retinol ในรูปแบบ glycospheres โดยใช้ร่วมกับการป้องกันแสงแดดที่กำหนดเป็นมาตรฐานเดียวกันสำหรับผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกราย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการรักษาฝ้าในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญกับการป้องกันแสงอย่างครอบคลุม (comprehensive photoprotection) ในฐานะองค์ประกอบสำคัญของการรักษาฝ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

การป้องกันแสงแดดอย่างเคร่งครัดถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการรักษาฝ้า โดยคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดที่สามารถป้องกันรังสี UVA, UVB และแสงที่มองเห็นได้ (visible light) อย่างครอบคลุม พร้อมทั้งระบุว่าการเติมสารต้านอนุมูลอิสระและ/หรือสารลดเม็ดสีลงในผลิตภัณฑ์อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาได้[22] เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางดังกล่าว การศึกษานี้จึงกำหนดมาตรฐานการป้องกันแสงแดดโดยให้ผู้เข้าร่วมการศึกษาทุกรายใช้ผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดชนิดมีสี (tinted sunscreen) สูตรเดียวกันที่มี SPF 50+, PA++++ และมีส่วนประกอบของ Polypodium leucotomos extract ตลอดระยะเวลาการศึกษา ภายใต้การป้องกันแสงแดดที่เป็นมาตรฐานเดียวกันนี้ เซรั่มที่ประกอบด้วย hydroxypinacolone retinoate ร่วมกับ retinol ในรูปแบบ glycospheres สามารถลดเม็ดสีบริเวณใบหน้าได้อย่างต่อเนื่อง และยังพบว่าความแดงของผิวหนังที่ประเมินด้วยเครื่อง Antera3D® ลดลงในทุกช่วงเวลาที่ติดตาม เมื่อประเมินบริเวณรอยโรคที่มีความเข้มที่สุด พบว่า Melanin Index ที่วัดด้วยเครื่อง

Mexameter® ลดลงอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ Erythema Index ไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าการวัดด้วยหัววัดเฉพาะจุด (single-point probe measurement) อาจไม่สามารถสะท้อนบริเวณที่มีความแดงมากที่สุดได้อย่างครบถ้วน ในขณะที่การวิเคราะห์ด้วยภาพสามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ผิวได้ครอบคลุมมากกว่า แนวโน้มของผลการประเมินจาก Antera3D® และ Mexameter® สอดคล้องกับการลดลงของคะแนน modified Melasma Area and Severity Index (mMASI) ซึ่งได้รับการประเมินโดยแพทย์ผิวหนังที่ไม่ทราบช่วงเวลาของการรักษา (blinded dermatologists) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของค่า Individual Typology Angle (ITA) ยังมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการศึกษาดังกล่าว โดยบ่งชี้ว่าสีผิวโดยรวมมีความกระจ่างใสขึ้นตลอดระยะเวลาการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงทางคลินิกที่ดีขึ้นซึ่งพบในการศึกษานี้น่าจะเป็นผลมาจากกลไกการออกฤทธิ์ที่ครอบคลุมหลายเป้าหมาย (multi-targeted mechanism) ทั้งในระดับชั้นหนังกำพร้าและชั้นหนังแท้ โดย hydroxypinacolone retinoate (HPR) สามารถกระตุ้นตัวรับกรดเรติโนอิก (retinoic acid receptors) ได้โดยตรง ส่งผลให้เกิดการเร่งการผลัดเปลี่ยนของเคราติโนไซต์และลดการถ่ายโอนเมลาโนโซมไปยังเคราติโนไซต์ ขณะที่ retinol ช่วยเสริมการส่งสัญญาณของเรตินอยด์ (retinoid signaling) อย่างต่อเนื่อง[13,15,24-27,33] ในขณะเดียวกัน Polypodium leucotomos extract มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและช่วยปกป้องผิวจากแสง (photoprotective effects) ส่งผลให้ลดการกระตุ้นการสร้างเม็ดสีที่เกิดจากรังสีอัลตราไวโอเลตและแสงที่มองเห็นได้[28-31] ดังนั้น การรักษาที่ผสมผสานดังกล่าวจึงสามารถออกฤทธิ์ทั้งต่อกระบวนการสร้างเม็ดสีและปัจจัยกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งล้วนเป็นกลไกสำคัญในพยาธิกำเนิดของฝ้า[4,9]

นอกเหนือจากประสิทธิผลของการรักษาแล้ว ความสามารถในการทนต่อการรักษา (tolerability) และผลกระทบต่อการทำหน้าที่ของเกราะป้องกันผิวหนัง (skin barrier function) ถือเป็นประเด็นสำคัญในการดูแลผู้ป่วยฝ้าในระยะยาว แม้ในการศึกษานี้พบว่าความชุ่มชื้นของผิวหนังลดลงตลอดระยะเวลาการรักษา แต่มีผู้เข้าร่วมการศึกษาเพียงประมาณหนึ่งในสามที่รายงานอาการระคายเคือง และไม่มีผู้เข้าร่วมรายใดต้องยุติการรักษาเนื่องจากอาการไม่พึงประสงค์ ผลการศึกษาดังกล่าวสนับสนุนให้มีการใช้ มอยส์เจอไรเซอร์ ร่วมเป็นประจำระหว่างการรักษาด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของเรตินอยด์ เพื่อลดการระคายเคืองและช่วยคงสภาพการทำงานของเกราะป้องกันผิวหนัง นอกจากการลดเม็ดสีแล้ว ผลการประเมินด้วยเครื่อง Cutometer® ยังแสดงให้เห็นว่าค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง (R0) เปลี่ยนแปลงดีขึ้นตามระยะเวลาการรักษา ซึ่งบ่งชี้ถึงการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการยืดหยุ่นหรือความนุ่มของผิวหนัง (skin pliability) และสอดคล้องกับคุณสมบัติของเรตินอยด์ในการส่งเสริมการปรับโครงสร้างของชั้นหนังแท้ (dermal remodeling) ที่มีรายงานไว้ก่อนหน้านี้ สำหรับค่า Cutometer® R2 แม้ว่าการวิเคราะห์โดยรวมจะพบการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของการศึกษา แต่การเปรียบเทียบรายคู่ระหว่างแต่ละช่วงเวลากับค่าก่อนการรักษาภายหลังการปรับค่า multiple comparisons ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลดังกล่าวจึงควรตีความด้วยความระมัดระวัง และควรได้รับการยืนยันในการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น

แม้ว่าการศึกษานี้จะพบว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่สามารถทนต่อการรักษาได้ดีและอาการไม่พึงประสงค์ส่วนใหญ่มีความรุนแรงเพียงเล็กน้อยและหายได้เอง แต่เนื่องจากการศึกษานี้ไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบที่ได้รับ hydroquinone จึงไม่สามารถสรุปเปรียบเทียบความสามารถในการทนต่อการรักษาหรือประสิทธิผลกับ hydroquinone ได้โดยตรง การศึกษาแบบ randomized controlled trial ในอนาคตจะช่วยตอบคำถามดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าที่ใช้เรตินอยด์ชนิดเดียวกัน โดยการศึกษาแบบสุ่มแบ่งครึ่งใบหน้าพบว่า การรักษาที่ประกอบด้วย retinol ในรูปแบบ glycospheres ร่วมกับ hydroxypinacolone retinoate สามารถลดคะแนน Melasma Area and Severity Index (MASI) ได้มากกว่ากลุ่มที่ได้รับผลิตภัณฑ์ที่เป็น matched vehicle ภายใต้การป้องกันแสงแดดในรูปแบบเดียวกัน[36] ในทำนองเดียวกันอีกการศึกษาหนึ่งรายงานว่าคะแนน MASI และ Melanin Index ที่วัดด้วยเครื่อง Mexameter® ลดลงอย่างมีนัยสำคัญภายหลังการรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยอาการไม่พึงประสงค์ที่พบส่วนใหญ่เป็นอาการเฉพาะที่ในระดับเล็กน้อยและเกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นของการรักษา[37] นอกเหนือจากผลการศึกษาก่อนหน้าแม้ว่าจะยังพบผลการรักษาที่ดีขึ้นในช่วงติดตามผลหลังหยุดใช้เซรั่ม 1 เดือน แต่เนื่องจากผู้เข้าร่วมยังคงใช้ผลิตภัณฑ์กันแดดชนิดมีสีตลอดระยะเวลาการศึกษา และการศึกษานี้ไม่ได้ออกแบบเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างเดือนที่ 2 และ 3 โดยตรง จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าการคงอยู่ของผลการรักษาเกิดจากเซรั่มเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องมีการศึกษาแบบมีกลุ่มควบคุมและมีการออกแบบเพื่อประเมินความคงอยู่ของผลการรักษาโดยเฉพาะ เพื่อยืนยันความคงอยู่ของผลการรักษา

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาในศูนย์วิจัยแห่งเดียว (single-center study) มีขนาดตัวอย่างค่อนข้างจำกัด และไม่มีกลุ่มควบคุม (control group) การไม่มีกลุ่มควบคุมทำให้ไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าประสิทธิผลที่พบเกิดจากองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งของแนวทางการรักษา นอกจากนี้ระยะเวลาการติดตามผลที่ค่อนข้างสั้นยังไม่เพียงพอสำหรับการประเมินความคงอยู่ของผลการรักษาในระยะยาวและอัตราการกลับเป็นซ้ำของฝ้า ดังนั้น ในอนาคตจึงควรมีการศึกษาวิจัยแบบ randomized controlled trial เพื่อเปรียบเทียบแนวทางการรักษานี้กับ การรักษามาตรฐานแบบ triple-combination therapy หรือการรักษาที่ใช้ hydroquinone เป็นหลัก เพื่อประเมินประสิทธิผลเชิงเปรียบเทียบ และกำหนดบทบาทของแนวทางการรักษานี้ในการดูแลรักษาผู้ป่วยในเวชปฏิบัติ ผลการศึกษาครั้งนี้สนับสนุนว่า การรักษาที่ใช้เรตินอยด์เป็นองค์ประกอบหลักร่วมกับการป้องกันแสงแดดที่เหมาะสม เป็นแนวทางที่มีเหตุผลรองรับทางวิชาการ และสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงสำหรับการดูแลรักษาผู้ป่วยฝ้าในระยะยาว

สรุป

ในผู้ใหญ่ชาวเอเชียที่เป็นฝ้า การใช้เซรั่มที่มีส่วนประกอบของเรตินอยด์ทุกคืนร่วมกับผลิตภัณฑ์ป้องกันแสงแดดชนิดมีสีที่สามารถป้องกันรังสีได้อย่างครอบคลุม (broad-spectrum) และมีส่วนประกอบของ Polypodium leucotomos extract ในตอนเช้า สามารถลดเม็ดสีและลดคะแนน modified Melasma Area and Severity Index (mMASI) ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังช่วยให้สีผิวมีความกระจ่างใสขึ้นและ

เพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนัง โดยอาการไม่พึงประสงค์ที่พบส่วนใหญ่มีความรุนแรงเพียงเล็กน้อยและหายได้เอง

แม้ว่าจะยังพบผลการรักษาที่ดีขึ้นในช่วงติดตามผล 1 เดือนหลังหยุดใช้เซรั่ม แต่เนื่องจากการศึกษานี้ไม่มีกลุ่มควบคุมและผู้เข้าร่วมยังคงใช้ผลิตภัณฑ์กันแดดชนิดมีสีตลอดระยะเวลาการศึกษา จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการคงอยู่ของผลการรักษาเกิดจากเซรั่มเพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องมีการศึกษาแบบ randomized controlled trial เพื่อยืนยันความคงอยู่ของผลการรักษา เปรียบเทียบกับการรักษามาตรฐาน และกำหนดบทบาทของแนวทางการรักษานี้ในการดูแลผู้ป่วยฝ้าในเวชปฏิบัติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Hexsel D, Lacerda DA, Cavalcante AS, Machado Filho CA, Kalil CL, Ayres EL, et al. Epidemiology of melasma in Brazilian patients: a multicenter study. Int J Dermatol 2014;53:440-4.
2. Tamega Ade A, Miot LD, Bonfietti C, Gige TC, Marques ME, Miot HA. Clinical patterns and epidemiological characteristics of facial melasma in Brazilian women. J Eur Acad Dermatol Venereol 2013;27:151-6.
3. Achar A, Rathi SK. Melasma: a clinico-epidemiological study of 312 cases. Indian J Dermatol 2011;56:380-2.
4. Artzi O, Horovitz T, Bar-Ilan E, Shehadeh W, Koren A, Zusmanovitch L, et al. The pathogenesis of melasma and implications for treatment. J Cosmet Dermatol 2021;20:3432-45.
5. Ogbechie-Godec OA, Elbuluk N. Melasma: an Up-to-Date Comprehensive Review. Dermatol Ther (Heidelb) 2017;7:305-18.
6. Kang HY, Hwang JS, Lee JY, Ahn JH, Kim JY, Lee ES, et al. The dermal stem cell factor and c-kit are overexpressed in melasma. Br J Dermatol 2006;154:1094-9.
7. Ortonne JP, Arellano I, Berneburg M, Cestari T, Chan H, Grimes P, et al. A global survey of the role of ultraviolet radiation and hormonal influences in the development of melasma. J Eur Acad Dermatol Venereol 2009;23:1254-62.
8. Rajanala S, Maymone MBC, Vashi NA. Melasma pathogenesis: a review of the latest research, pathological findings, and investigational therapies. Dermatol Online J 2019;25.
9. Jo JY, Chae SJ, Ryu HJ. Update on Melasma Treatments. Ann Dermatol 2024;36:125-34.
10. Bagherani N, Gianfaldoni S, Smoller BR. An Overview on Melasma. Journal of Pigmentary Disorders 2015;2:1-18.
11. Ennes SBP, Paschoalick RC, Alchorne MMDA. A double-blind, comparative, placebo-controlled study of the efficacy and tolerability of 4% hydroquinone as a depigmenting agent in melasma. Journal of Dermatological Treatment 2000;11:173-9.
12. Ishack S, Lipner SR. Exogenous ochronosis associated with hydroquinone: a systematic review. Int J Dermatol 2022;61:675-84.
13. Kang HY, Valerio L, Bahadoran P, Ortonne JP. The role of topical retinoids in the treatment of pigmentary disorders: an evidence-based review. Am J Clin Dermatol 2009;10:251-60

14. Griffiths CE, Finkel LJ, Ditre CM, Hamilton TA, Ellis CN, Voorhees JJ. Topical tretinoin (retinoic acid) improves melasma. A vehicle-controlled, clinical trial. Br J Dermatol 1993;129:415-21.
15. Ortonne JP. Retinoid therapy of pigmentary disorders. Dermatol Ther 2006;19:280-8.
16. Chan P. Melasma and Common Pigmentary Dermatoses in Asian Individuals and an Overview of their Treatment. Journal of Clinical and Investigative Dermatology 2014;2.
17. Zheng H, Pei Q, Yao M. Understanding Melasma: From Pathogenesis to Innovative Treatments. Dermatologic Therapy 2024;2024.
18. Wang JV, Jhawar N, Saedi N. Tranexamic Acid for Melasma: Evaluating the Various Formulations. J Clin Aesthet Dermatol 2019;12:E73-e4.
19. Bala HR, Lee S, Wong C, Pandya AG, Rodrigues M. Oral Tranexamic Acid for the Treatment of Melasma: A Review. Dermatol Surg 2018;44:814-25.
20. Lai D, Zhou S, Cheng S, Liu H, Cui Y. Laser therapy in the treatment of melasma: a systematic review and meta-analysis. Lasers Med Sci 2022;37:2099-110.
21. Fatima S, Braunberger T, Mohammad TF, Kohli I, Hamzavi IH. The Role of Sunscreen in Melasma and Postinflammatory Hyperpigmentation. Indian J Dermatol 2020;65:5-10.
22. Sarkar R, Desai SR, Sinha S, Dogra S, Arellano-Mendoza MI, Ailawadi P, et al. Delphi consensus on melasma management by international experts and pigmentary disorders society. J Eur Acad Dermatol Venereol 2025.
23. Narsa AC, Suhandi C, Afidika J, Ghaliya S, Elamin KM, Wathoni N. A Comprehensive Review of the Strategies to Reduce Retinoid-Induced Skin Irritation in Topical Formulation. Dermatol Res Pract 2024;2024:5551774.
24. Wang Q, Hu F, Hu X, Xie Y, Du L, Ye R. The synergistic effect of retinyl propionate and hydroxypinacolone retinoate on skin aging. J Cosmet Dermatol 2023;22:2040-9.
25. Antiaging effects of retinoid hydroxypinacolone retinoate on skin models. Journal of the American Academy of Dermatology 2018;79:AB44.
26. Kruger L, Bambino K, Schmalenberg K, Santhanam U, Orentreich D, Orentreich C, et al. Efficacy of Topical Hydroxypinacolone Retinoate-Peptide Product Versus Fractional CO(2) Laser in Facial Aging. J Cosmet Dermatol 2025;24:e16621.
27. García-Millán C, Mt T, Gabriel MT, Nobile V, K G, M V. A Cosmeceutical Retinoid-Based Depigmentant Formula for Different Skin Types and Ethnicities. Journal of Clinical and Cosmetic Dermatology 2018;2.

28. Parrado C, Mascaraque M, Gilaberte Y, Juarranz A, Gonzalez S. Fernblock (Polypodium leucotomos Extract): Molecular Mechanisms and Pleiotropic Effects in Light-Related Skin Conditions, Photoaging and Skin Cancers, a Review. Int J Mol Sci 2016;17.
29. Berman B, Ellis C, Elmets C. Polypodium Leucotomos--An Overview of Basic Investigative Findings. J Drugs Dermatol 2016;15:224-8.
30. Rodríguez-Luna A, Zamarrón A, Juarranz Á, González S. Clinical Applications of Polypodium leucotomos (Fernblock(®)): An Update. Life (Basel) 2023;13.
31. Segars K, McCarver V, Miller RA. Dermatologic Applications of Polypodium leucotomos: A Literature Review. J Clin Aesthet Dermatol 2021;14:50-60.
32. Aguilera J, Vicente-Manzanares M, de Gálvez MV, Herrera-Ceballos E, Rodríguez-Luna A, González S. Booster Effect of a Natural Extract of Polypodium leucotomos (Fernblock®) That Improves the UV Barrier Function and Immune Protection Capability of Sunscreen Formulations. Front Med (Lausanne) 2021;8:684665.
33. Motamedi M, Chehade A, Sanghera R, Grewal P. A Clinician's Guide to Topical Retinoids. J Cutan Med Surg 2022;26:71-8.
34. Quan T. Human Skin Aging and the Anti-Aging Properties of Retinol. Biomolecules 2023;13.
35. Bai D, Hu F, Xu H, Huang J, Wu C, Zhang J, et al. High Stability and Low Irritation of Retinol Propionate and Hydroxypinacolone Retinoate Supramolecular Nanoparticles with Effective Anti-Wrinkle Efficacy. Pharmaceutics 2023;15.
36. Truchuelo MT, Jiménez N, Jaén P. Assessment of the efficacy and tolerance of a new combination of retinoids and depigmenting agents in the treatment of melasma. J Cosmet Dermatol 2014;13:261-8.
37. Huy L, Le Huu D, Nguyet M, Huyen T, Thi Q, Thi H, et al. Efficacy and tolerability of neoretin discrom control serum in the treatment of melasma. Tạp chí Da liễu học Việt Nam 2023.

การศึกษาในหลอดทดลองถึงอิทธิพลของวิธีการเตรียมสารและตัวทำละลายต่อคุณลักษณะทางฟิสิกส์เคมีของสารพอลิแอลแลกติกแอซิด

INFLUENCE OF RECONSTITUTION METHODS AND DILUENTS ON THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF POLY-L-LACTIC ACID SUSPENSIONS: AN IN VITRO STUDY

พริมา วณิชภักดีเดชา*

PRIMA WANITPHAKDEEDECHA

โรงเรียน The Newton Sixth Form*

The Newton Sixth Form School

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*

High School Students

อีเมล: primapie@gmail.com

วรเมธ พรธารักษ์เจริญ ,สริยา สิทธิวรรณรักษ์**, วิไลลักษณ์ โภคัย**, ธนกร วรมงคล**
และธัญญา เตชะพิเชฐวนิช****

WORAMATE BHORNTARAKCHAROEN, SARIYA SITTIWANARUK, WILAILUCK PHOKAI, THANAKORN WORAMONGKOL AND THANYA TECHAPICHETVANICH

ภาควิชาตจวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล**

Department of Dermatology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok

Woramate Bhorntarakcharoen, M.D., Sariya Sittiwanaruk, M.D., Wilailuck Phokai, M.D., Thanakorn Woramongkol, M.D. and Thanya Techapichetvanich, M.D.

อีเมล: woramate.inter@gmail.com, jenny16214@gmail.com, wilailuckphokai@gmail.com, thanakornwor.si@gmail.com, thanya.tec@gmail.com

บทคัดย่อ

คุณภาพของการเตรียมสารเติมเต็มชนิดพอลิแอลแลกติกแอซิดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ตำรับของผลิตภัณฑ์ ชนิดของตัวทำละลาย วิธีการเตรียมสาร และระยะเวลาหลังการเตรียม ซึ่งล้วนส่งผลต่อการกระจายตัวของอนุภาค การเกาะกลุ่ม และการตกตะกอนของสารแขวนลอยก่อนนำไปใช้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวต่อคุณลักษณะของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิด โดยศึกษาผลิตภัณฑ์พอลิแอลแลกติกแอซิด 2 ตำรับ ได้แก่ 150 และ 50 มิลลิกรัม ร่วมกับตัวทำละลาย 11 ชนิด ประกอบด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.9 สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกชนิดที่มีการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลเล็กน้อยความเข้มข้นร้อยละ 1 ลิโดเคนความเข้มข้นร้อยละ 2 และลิโดเคนความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่มีอะดรีนาลีน พร้อมทั้งเปรียบเทียบวิธีการเตรียมสารระหว่างการผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดและการเขย่าด้วยมือ ประเมินลักษณะของสารแขวนลอยทันทีหลังการเตรียม และที่ 15, 30, 45, 60 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังการเตรียม รวมทั้งตรวจประเมินด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 และ 100 เท่า ตั้งแต่ 15 นาทีหลังการเตรียม โดยใช้ระบบการให้คะแนนเพื่อประเมินคุณภาพของสารแขวนลอยอย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาพบว่าการเกาะกลุ่มของอนุภาคพอลิแอลแลกติกแอซิดได้รับอิทธิพลจากตำรับของผลิตภัณฑ์ ชนิดของตัวทำละลาย วิธีการเตรียมสาร และระยะเวลาหลังการเตรียม โดยผลิตภัณฑ์ตำรับ 50 มิลลิกรัม มีการกระจายตัวของอนุภาคดีกว่าตำรับ 150 มิลลิกรัม น้ำกลั่นปราศจากเชื้อให้ลักษณะสารแขวนลอยที่มีการกระจายตัวของอนุภาคสม่ำเสมอที่สุดและพบการเกาะกลุ่มของอนุภาคน้อย ขณะที่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ทำให้เกิดการเกาะกลุ่มและการตกตะกอนมากกว่า ส่วนสารละลายกรดไฮยาลูโรนิก ชนิดที่มีการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลเล็กน้อยช่วยลดการเกาะกลุ่มของอนุภาคเมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ นอกจากนี้การผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดให้สารแขวนลอยที่มีความสม่ำเสมอดีกว่าการเขย่าด้วยมือ การศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ในด้านการพัฒนาแนวทางการใช้สารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนในเวชปฏิบัติ และช่วยเสริมให้กรอบแนวคิดของการศึกษามีความร่วมสมัยและเชื่อมโยงกับการใช้งานทางคลินิกในปัจจุบันมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: พอลิแอลแลกติกแอซิด; **การเตรียมสาร**; **ตัวทำละลาย**; **การเกาะกลุ่ม**; **สารเติมเต็ม**

Abstract

The physicochemical behavior of poly-L-lactic acid (PLLA) suspensions may be affected by reconstitution conditions, potentially influencing aggregation, sedimentation, and preparation consistency before injection. This in vitro study evaluated the effects of PLLA concentration, diluent composition, reconstitution method, and time on PLLA suspension characteristics. PLLA formulations of 150 mg and 50 mg were reconstituted using 11 diluent conditions, including sterile water for injection (SWFI), normal saline solution (NSS), slightly cross-linked hyaluronic acid solution (SCL-HA), lidocaine, and adrenaline-containing combinations. Roller mixing and manual shaking were compared. Gross assessments were performed immediately at 15, 30, 45, and 60 minutes and 24 hours. Microscopic assessments were performed at ×40 and ×100 magnification using a predefined semi-quantitative aggregation grading system. Aggregation varied according to PLLA concentration, diluent composition, mixing method, and time. The 50 mg formulation showed less aggregation than the 150 mg formulation. SWFI-based diluents demonstrated the most favorable profiles, whereas NSS-based diluents showed greater clustering and sedimentation. SCL-HA-containing preparations and roller mixing were associated with lower aggregation. These findings support standardized PLLA reconstitution protocols for improved injectable preparation consistency.

Keywords: poly-L-lactic acid; reconstitution; diluent; aggregation; injectable filler

บทนำ

สารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในการเพิ่มปริมาตรเนื้อเยื่ออ่อนและฟื้นฟูสภาพผิว โดยสารพอลิแอลแลกติกแอซิดเป็นพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้และเข้ากันได้กับร่างกาย ออกฤทธิ์กระตุ้นการซ่อมแซมเนื้อเยื่อและการสร้างคอลลาเจนใหม่ จึงช่วยลดความหย่อนคล้อยและริ้วรอยได้อย่างค่อยเป็นค่อยไป[1–4] อย่างไรก็ตามพอลิแอลแลกติกแอซิดแตกต่างจากสารเติมเต็มชนิดกรดไฮยาลูโรนิกที่อยู่ในรูปพร้อมใช้ เนื่องจากต้องเตรียมจากผงแห้งให้เป็นสารแขวนลอยก่อนฉีด คุณภาพของสารแขวนลอยที่ได้มีความสำคัญต่อผลลัพธ์ทางคลินิกเพราะการกระจายตัวของอนุภาคที่ไม่สม่ำเสมออาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดตุ่มนูนหรือก้อนใต้ผิวหนังหลังการฉีด ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของสารแขวนลอย ได้แก่ คุณลักษณะของอนุภาคพอลิแอลแลกติกแอซิด เช่น ขนาด รูปร่าง และประจุพื้นผิว คุณสมบัติของสารช่วยแขวนลอย เช่น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส หรือกรดไฮยาลูโรนิกชนิดเชื่อมขวางเล็กน้อย รวมถึงคุณสมบัติของตัวทำละลาย เช่น ความแรงไอออนและค่าความเป็นกรด–ด่าง นอกจากนี้วิธีการเตรียม ระยะเวลา อุณหภูมิ และแรงที่ใช้ในการผสมยังส่งผลต่อการกระจายตัว การเกาะกลุ่ม และการตกตะกอนของอนุภาค ซึ่งหากเตรียมไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการเกาะกลุ่ม การตกตะกอน และความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอย[5-7]

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของชนิดตัวทำละลาย ตำรับของสาร วิธีการผสม และระยะเวลาหลังการเตรียม ต่อคุณลักษณะของสารแขวนลอยทั้งในระดับที่มองเห็นได้ด้วยตาและระดับกล้องจุลทรรศน์ โดยเปรียบเทียบสาร 2 ตำรับ ภายใต้ตัวทำละลายและวิธีการผสมที่แตกต่างกัน การศึกษานี้ไม่ได้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเภสัชกรรม เช่น การวัดขนาดอนุภาค ความหนืด และสมบัติการไหล เนื่องจากมุ่งประเมินการเตรียมในบริบทใกล้เคียงการใช้งานจริงในทางคลินิก จึงใช้เกณฑ์ประเมินอย่างเป็นระบบด้วยผู้ประเมินอิสระ การศึกษานี้จะเป็นประโยชน์ในด้านการพัฒนาแนวทางการใช้สารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนในเวชปฏิบัติ และช่วยเสริมให้กรอบแนวคิดของการศึกษามีความร่วมสมัยและเชื่อมโยงกับการใช้งานทางคลินิกในปัจจุบันมากยิ่งขึ้น

คำถามและวัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินระดับการเกาะกลุ่มของอนุภาคพอลิแอลแลกติกแอซิดหลังการเตรียมสารภายใต้สภาวะตัวทำละลายและวิธีการผสมที่แตกต่างกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะภายนอก การตกตะกอน การแยกชั้น การกระจายตัวของอนุภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์และการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิด

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

งานวิจัยก่อนหน้าชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมสารมีบทบาทสำคัญต่อคุณสมบัติของสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนชนิดฉีด โดยการศึกษาในหลอดทดลองของสารพอลิดีแอลแลกติกแอซิดพบว่าทั้งชนิดของตัวทำละลายและวิธีการผสมมีผลต่อการกระจายตัวและการเกาะกลุ่มของอนุภาค[7] ตัวทำละลายที่มีความเข้มข้นของไอออนต่ำ เช่น น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ช่วยให้อนุภาคกระจายตัวได้สม่ำเสมอกว่า ในขณะที่

สารละลายที่มีความเข้มข้นของไอออนสูงมีแนวโน้มทำให้เกิดการเกาะกลุ่มของอนุภาคมากขึ้น นอกจากนี้ การผสมที่ก่อให้เกิดแรงเฉือนสูงยังช่วยให้อนุภาคแยกตัวและกระจายตัวได้ดีขึ้น[7] แม้ว่าสารพอลิแอลแลกติกแอซิดและสารพอลิดีแอลแลกติกแอซิดจะเป็นสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนในกลุ่มเดียวกัน แต่ไม่สามารถสรุปได้ว่ามีพฤติกรรมหลังการเตรียมเหมือนกัน เนื่องจากมีความแตกต่างด้านโครงสร้างของพอลิเมอร์ รูปร่างและขนาดของอนุภาค ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิต[2,7–8]

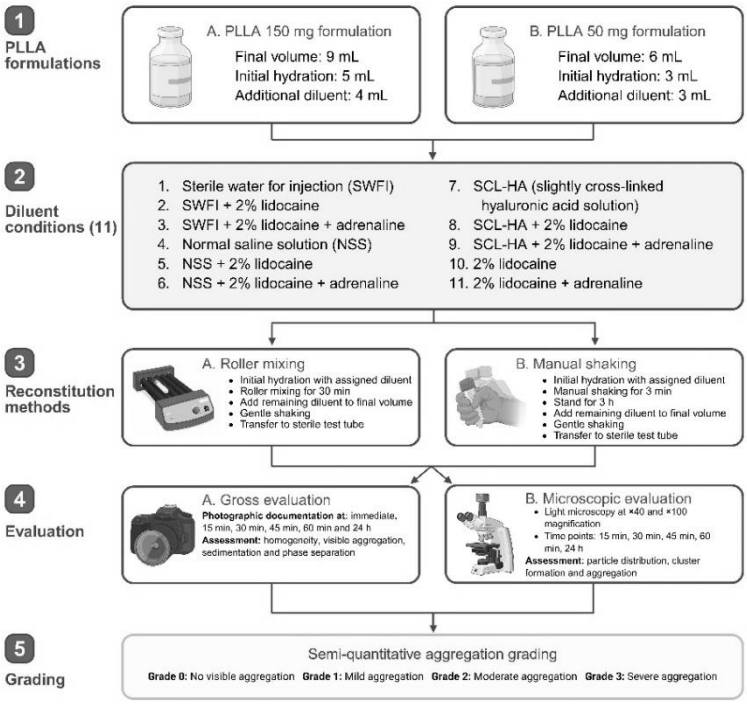
ผลิตภัณฑ์พอลิแอลแลกติกแอซิดส่วนใหญ่ประกอบด้วยอนุภาคร่วมกับสารช่วยแขวนลอยที่ช่วยส่งเสริมการละลาย การกระจายตัว และความคงตัวของสารแขวนลอยระหว่างการเตรียม เช่น แมนนิทอล หรือสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส[2,8] นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่บางชนิดยังมีการพัฒนาเทคโนโลยีเคลือบผิวอนุภาคหรือระบบไมเซลล์ เพื่อเพิ่มความสามารถในการละลายและการกระจายตัวของอนุภาค ซึ่งอาจส่งผลให้คุณสมบัติของสารแขวนลอยแตกต่างกันภายใต้ตัวทำละลายและวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน[8] คุณลักษณะของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดได้รับอิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างอนุภาค องค์ประกอบภายในผลิตภัณฑ์ และคุณสมบัติของตัวทำละลาย โดยสารช่วยแขวนลอยมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการกระจายตัวและการคงสภาพของอนุภาค ขณะที่ความเข้มข้นของไอออน ค่าความเป็นกรด–ด่าง และแรงที่เกิดจากกระบวนการผสมล้วนส่งผลต่อการกระจายตัวและการคืนสภาพของอนุภาค[7,10] ดังนั้นตัวทำละลายที่ใช้ในทางคลินิก เช่น น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ น้ำเกลือ ยาชาเฉพาะที่ และสารเติมแต่งต่าง ๆ จึงอาจทำให้เกิดลักษณะการเกาะกลุ่มของอนุภาคที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ปริมาณขนาดของผลิตภัณฑ์และวิธีการผสมยังอาจมีผลต่อความหนาแน่นและระยะห่างระหว่างอนุภาค รวมถึงความสมบูรณ์ของการดูดซึมน้ำ ซึ่งส่งผลต่อความเป็นเนื้อเดียวกันและความคงตัวของสารแขวนลอย

แม้ว่าสารพอลิแอลแลกติกแอซิดชนิดฉีดจะถูกใช้อย่างแพร่หลายแต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการเตรียมสารพอลิแอลแลกติกแอซิดภายใต้ชนิดของตัวทำละลายและวิธีการผสมที่ใช้จริงในเวชปฏิบัติ ซึ่งในทางปฏิบัติแพทย์แต่ละคนอาจเลือกใช้ตัวทำละลาย วิธีการผสม และสารเติมแต่งที่แตกต่างกัน การศึกษาผลของปัจจัยเหล่านี้อย่างเป็นระบบจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาแนวทางการเตรียมสารที่เหมาะสมและมีความสม่ำเสมอก่อนการฉีด การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินอิทธิพลของชนิดตัวทำละลาย ปริมาณขนาดของสารพอลิแอลแลกติกแอซิด วิธีการผสม และระยะเวลาหลังการเตรียม ต่อลักษณะของสารแขวนลอย โดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ 2 ขนาดภายใต้ตัวทำละลายหลายรูปแบบและวิธีการผสมที่แตกต่างกัน พร้อมประเมินการเกาะกลุ่มของอนุภาคด้วยระบบการให้คะแนนอย่างเป็นระบบเพื่อเปรียบเทียบลักษณะของสารแขวนลอยภายใต้สภาวะการเตรียมที่แตกต่างกัน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทดลองในหลอดทดลองเพื่อประเมินผลของชนิดตัวทำละลาย ปริมาณขนาดของพอลิแอลแลกติกแอซิด วิธีการเตรียมสาร และระยะเวลาหลังการเตรียม ต่อลักษณะของสารแขวนลอย โดยผลลัพธ์หลักคือระดับการเกาะกลุ่มของอนุภาค ส่วนผลลัพธ์รอง ได้แก่ ความเป็นเนื้อเดียวกันของสาร

แขวนลอย การตกตะกอน การแยกชั้น การกระจายตัวของอนุภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และการเปลี่ยนแปลงของสารแขวนลอยตามเวลา (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ภาพแสดงกระบวนการวิจัย

ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ได้แก่ พอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มิลลิกรัม ซึ่งเตรียมให้มีปริมาตรสุดท้าย 9 มิลลิลิตร และขนาด 50 มิลลิกรัม ซึ่งเตรียมให้มีปริมาตรสุดท้าย 6 มิลลิลิตร ซึ่งปริมาตรสุดท้ายนี้ได้อ้างอิงมาจากวิธีเตรียมสารของบริษัทผู้ผลิตผลิตภัณฑ์ ในการศึกษานี้จะใช้ตัวทำละลาย 11 ชนิด ประกอบด้วย น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.9 สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกชนิดที่มีการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลเล็กน้อยความเข้มข้นร้อยละ 1 ลิโดเคนร้อยละ 2 ลิโดเคนร้อยละ 2 ที่มีอะดรีนาลีน และการผสมร่วมของตัวทำละลายดังกล่าว

เปรียบเทียบวิธีการเตรียมสาร 2 วิธี ได้แก่ การผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดและการเขย่าด้วยมือ โดยเริ่มจากเติมตัวทำละลายบางส่วนลงในขวดผลิตภัณฑ์ จากนั้นผสมสารก่อนเติมตัวทำละลายส่วนที่เหลือจนได้ปริมาตรสุดท้าย สำหรับการผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดอุปกรณ์จะหมุนด้วยความเร็ว 80 รอบต่อนาที ใช้เวลาผสม 30 นาที ส่วนการเขย่าด้วยมือ เขย่าเป็นเวลา 3 นาที แล้วพักสารไว้ 3 ชั่วโมง ก่อนเติมตัวทำละลายส่วนที่เหลือ

หลังเตรียมสารจนได้ปริมาตรสุดท้ายผู้วิจัยจะประเมินลักษณะภายนอกของสารแขวนลอยด้วยการถ่ายภาพทันที และที่ 15, 30, 45, 60 นาที และ 24 ชั่วโมง โดยประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน การเกาะกลุ่มของอนุภาค การตกตะกอน การลอยตัวของอนุภาค และการแยกชั้น นอกจากนี้ ยังตรวจประเมินการกระจายตัวของอนุภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40 และ 100 เท่า ในแต่ละเงื่อนไขมีการเตรียมตัวอย่างใหม่อย่างเป็นอิสระจำนวน 5 ครั้ง

การเกาะกลุ่มของอนุภาคประเมินด้วยการให้คะแนนอย่างเป็นระบบเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 0 ไม่พบการเกาะกลุ่มและอนุภาคกระจายตัวสม่ำเสมอ ระดับ 1 พบการเกาะกลุ่มเล็กน้อย ระดับ 2 พบการเกาะกลุ่มปานกลาง และระดับ 3 พบการเกาะกลุ่มรุนแรง มีการรวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ ความไม่เป็นเนื้อเดียวกันเด่นชัด หรือมีการตกตะกอนและการแยกชั้น (ตารางที่ 1) การประเมินดำเนินการโดยผู้ประเมินอิสระ 2 คน และหากผลการประเมินไม่ตรงกัน จะร่วมกันพิจารณาจนได้ข้อสรุปสุดท้าย โดยผู้ประเมินอิสระไม่ทราบชนิดของผลิตภัณฑ์ ตัวทำละลาย วิธีการผสม และช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง เพื่อลดอคติในการประเมิน สำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติการศึกษานี้นำเสนอผลเชิงพรรณนาโดยไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติอย่างเป็นทางการ

ตารางที่ 1 ระบบการให้คะแนนการเกาะกลุ่มของสารแขวนลอย

ระดับ	คำอธิบาย
Grade 0	ไม่พบการเกาะกลุ่ม อนุภาคกระจายตัวสม่ำเสมอและแยกจากกันดี
Grade 1	การเกาะกลุ่มเล็กน้อย มีกลุ่มอนุภาคขนาดเล็ก แต่อนุภาคส่วนใหญ่ยังกระจายตัว
Grade 2	การเกาะกลุ่มปานกลาง มีหลายกลุ่มอนุภาคและช่องว่างระหว่างอนุภาคลดลง
Grade 3	การเกาะกลุ่มรุนแรง มีกลุ่มอนุภาคขนาดใหญ่ ความไม่เป็นเนื้อเดียวกัน การตกตะกอน หรือการแยกชั้น

ผลการวิจัย

จากการประเมินลักษณะของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดพบว่าการเกาะกลุ่มของอนุภาคและความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยมีความแตกต่างกันตามปริมาณขนาดของผลิตภัณฑ์ ชนิดของตัวทำละลาย วิธีการเตรียมสาร และระยะเวลาหลังการเตรียม โดยภาพรวม สูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 50 มิลลิกรัม มีแนวโน้มเกิดการเกาะกลุ่มของอนุภาคน้อยกว่าและมีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอกว่าสูตรขนาด 150 มิลลิกรัม ทั้งจากการประเมินด้วยตาเปล่าและการตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์

เมื่อเปรียบเทียบตามชนิดของตัวทำละลายพบว่าสารแขวนลอยที่เตรียมด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อให้ลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคที่ดีที่สุดโดยมีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง มีการเกาะกลุ่มของอนุภาคน้อย และพบการตกตะกอนเพียงเล็กน้อยในช่วงแรกหลังการเตรียม ในทางตรงกันข้ามกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์แสดงการเกาะกลุ่มของอนุภาคมากกว่าอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มิลลิกรัม และในตัวอย่างที่เตรียมด้วยวิธีการเขย่าด้วยมือ นอกจากนี้การเติมลิโดเคนในกลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์มีแนวโน้มทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของสารแขวนลอยและการเกาะกลุ่มของอนุภาคเพิ่มขึ้น ขณะที่การเติมอะดรีนาลีนนั้นไม่ได้ช่วยลดการเกาะกลุ่มหรือเพิ่มความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยอย่างชัดเจน

สำหรับกลุ่มที่มีสารละลายกรดไฮยาลูโรนิกชนิดที่มีการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลเล็กน้อย พบว่ามีลักษณะการเกาะกลุ่มของอนุภาคดีกว่ากลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์โดยสารแขวนลอยมีการกระจายตัวของอนุภาคที่สม่ำเสมอกว่า การเกาะกลุ่มมีลักษณะไม่แน่นทึบเท่ากับกลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์และมีการตกตะกอนน้อยกว่า อย่างไรก็ตามผลของสารละลายกรดไฮยาลูโรนิกนั้นยังไม่สม่ำเสมอเท่ากับกลุ่มน้ำกลั่นปราศจากเชื้อซึ่งยังคงเป็นตัวทำละลายที่ให้ลักษณะสารแขวนลอยดีที่สุดในการศึกษานี้

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการเตรียมสารพบว่าการผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดให้ผลดีกว่าวิธีการเขย่าด้วยมือ โดยตัวอย่างที่เตรียมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดมีการกระจายตัวของอนุภาคสม่ำเสมอกว่าและมีระดับการเกาะกลุ่มต่ำกว่า ความแตกต่างนี้เห็นได้ชัดในสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มิลลิกรัมและในกลุ่มที่ใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย ในขณะที่วิธีการเขย่าด้วยมือมีแนวโน้มทำให้เกิดการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอและพบการตกตะกอนมากขึ้นโดยเฉพาะเมื่อเวลาผ่านไป

การเปลี่ยนแปลงตามเวลาพบว่าลักษณะของสารแขวนลอยที่เวลา 15 นาทีหลังการเตรียมมีความใกล้เคียงกับลักษณะทันทีหลังการเตรียม โดยเฉพาะในกลุ่มน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ, สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกชนิดที่มีการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลเล็กน้อย และสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 50 มิลลิกรัม อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่เวลา 30 นาทีเป็นต้นไป เริ่มพบการเกาะกลุ่มของอนุภาค การลดลงของความเป็นเนื้อเดียวกัน และการตกตะกอนเพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเด่นชัดที่สุดที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะในสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มิลลิกรัม กลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์และตัวอย่างที่เตรียมด้วยการเขย่าด้วยมือ

โดยสรุปผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสภาวะที่ให้ลักษณะสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดที่มีการกระจายตัวของอนุภาคสม่ำเสมอและพบการเกาะกลุ่มของอนุภาคน้อย ได้แก่ สูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 50 มิลลิกรัม การใช้น้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็นตัวทำละลาย และการเตรียมด้วยวิธีเครื่องกลิ้งหลอด ขณะที่ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกาะกลุ่มและการตกตะกอนมากขึ้น ได้แก่ สูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มิลลิกรัม การใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นตัวทำละลาย การเติม ลิโดเคนในกลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และการเตรียมด้วยวิธีการเขย่าด้วยมือ ผลการศึกษานี้สนับสนุนความสำคัญของการเลือกตัวทำละลาย วิธีการผสม และระยะเวลาหลังการเตรียมสาร เพื่อให้ได้สารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดที่มีความสม่ำเสมอก่อนนำไปใช้ทางคลินิก

ตารางที่ 2 สรุปแนวโน้มสำคัญของผลการทดลองตามปัจจัยที่ศึกษา

ปัจจัยที่ศึกษา	ผลที่พบ	การตีความ
ขนาดของสารพอลิ-แอลแลกติกแอซิด	สูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 50 มก.มีการเกาะกลุ่มน้อยกว่าสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มก.	ขนาดที่ต่ำช่วยเพิ่มระยะห่างระหว่างอนุภาค
น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ	พบความเป็นเนื้อเดียวกันดีที่สุดและมีการตกตะกอนน้อย	เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการกระจายตัวของอนุภาค
สารละลายโซเดียมคลอไรด์	พบการเกาะกลุ่มและการตกตะกอนมากกว่า น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ	แรงไอออนิกสูงอาจลดเสถียรภาพของสารแขวนลอย
สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกชนิดที่มีการเชื่อมพันธะระหว่างโมเลกุลเล็กน้อย	ดีกว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์แต่โดยรวมยังไม่เด่นเท่าน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ	อาจช่วยปรับสภาพแวดล้อมของสารแขวนลอยและลดการตกตะกอน
วิธีการผสม	เครื่องกลิ้งหลอดดีกว่าวิธีการเขย่าด้วยมือ	แรงผสมที่สม่ำเสมอช่วยให้ละลายและกระจายตัวดีขึ้น
เวลา	การเกาะกลุ่มและตกตะกอนเพิ่มขึ้นหลัง 30 นาที และมากที่สุดที่ 24 ชั่วโมง	ควรใช้สารแขวนลอยในช่วงต้นหลังการเตรียม

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดหลังการเตรียมได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย ปริมาณขนาดของพอลิแอลแลกติกแอซิด วิธีการผสมและระยะเวลาหลังการเตรียม โดยผลิตภัณฑ์ขนาด 50 มิลลิกรัมที่เตรียมเป็นปริมาตรสุดท้าย 6 มิลลิลิตร มีรูปแบบการกระจายตัวและการเกาะกลุ่มแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ขนาด 150 มิลลิกรัมที่เตรียมเป็นปริมาตรสุดท้าย 9 มิลลิลิตร ขณะที่ตัวทำละลายกลุ่มน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ให้สารแขวนลอยที่เป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด ส่วนกลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์พบการเกาะกลุ่ม การตกตะกอน และความไม่สม่ำเสมอของอนุภาคมากกว่า นอกจากนี้สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกมีแนวโน้มช่วยปรับปรุงลักษณะของสารแขวนลอยเมื่อเทียบกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และการผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอดให้ผลที่มีการกระจายตัวของอนุภาคสม่ำเสมอและพบการเกาะกลุ่มของอนุภาคน้อยกว่าการเขย่าด้วยมือโดยความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยเฉพาะหลัง 30 นาที และเด่นชัดในสูตรขนาด 150 มิลลิกรัม และกลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์

ผลของชนิดตัวทำละลายอาจอธิบายได้จากความแตกต่างของแรงไอออนิกและผลต่อสารช่วยแขวนลอยในสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิด โดยสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีบทบาทเป็นสารช่วยกระจายตัวและช่วยคงเสถียรภาพของสารแขวนลอยรวมถึงมีผลต่อการดูดน้ำ ความหนืด และระยะห่างระหว่างอนุภาค[7,10] ในสภาวะแรงไอออนิกต่ำ เช่น น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ ทำให้การดูดน้ำและการขยายตัวของสายสารคาร์-บอกซีเมทิลเซลลูโลสเกิดได้ดี ทำให้อนุภาคพอลิแอลแลกติกแอซิดกระจายตัวได้สม่ำเสมอขึ้น ในทางตรงกันข้าม สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีแรงไอออนิกสูงอาจลดแรงผลักระหว่างอนุภาคและรบกวนโครงสร้างของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทำให้เกิดการเกาะกลุ่มมากขึ้น[7,10,12,13] ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าในสารแขวนลอยพอลิดีแอลแลกติกแอซิดที่พบว่าน้ำช่วยให้อนุภาคกระจายตัวได้ดีกว่าสารละลายเกลือ[7] การเติมลิโดเคนมีแนวโน้มเพิ่มการเกาะกลุ่มของอนุภาคโดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไอออน ค่าความเป็นกรดด่างหรือสภาพแวดล้อมทางเคมีของสารแขวนลอย ในขณะที่การเติมอะดรีนาลีนไม่ได้ช่วยเพิ่มความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าปัจจัยหลักที่กำหนดการเกาะกลุ่มน่าจะเป็นชนิดของตัวทำละลายพื้นฐานมากกว่าสารเติมแต่งที่มีฤทธิ์หดหลอดเลือด สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกมีลักษณะการเกาะกลุ่มดีกว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์แม้จะยังไม่ดีเท่ากลุ่มน้ำกลั่นปราศจากเชื้อซึ่งอาจอธิบายได้จากการที่สารละลายกรดไฮยาลูโรนิกช่วยปรับสภาพแวดล้อมของสารแขวนลอย เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความหนืด หรือการคงตัวของอนุภาค ทำให้ลดการเกาะกลุ่มและการตกตะกอนได้

ปริมาณขนาดของพอลิแอลแลกติกแอซิดเป็นอีกปัจจัยสำคัญพบว่าสูตรพอลิแอลแลกติกแอซิดขนาด 150 มิลลิกรัม มีการเกาะกลุ่มมากกว่าพอลิแอลแลกติกแอซิดสูตรขนาด 50 มิลลิกรัม เนื่องจากปริมาณอนุภาคที่มากขึ้นทำให้ระยะห่างระหว่างอนุภาคลดลงทำให้เพิ่มโอกาสการชน การรวมตัวเป็นกลุ่ม และการ

ตกตะกอน ในทางกลับกันขนาด 50 มิลลิกรัม มีความหนาแน่นของอนุภาคต่ำกว่าจึงช่วยให้อนุภาคแยกตัวและกระจายตัวได้ดีกว่า[11]

วิธีการผสมมีผลต่อคุณภาพของสารแขวนลอยเช่นกันโดยเครื่องกลิ้งหลอดให้การกระจายตัวที่สม่ำเสมอและลดการเกาะกลุ่มได้ดีกว่าการเขย่าด้วยมืออาจเนื่องจากเครื่องกลิ้งหลอดให้แรงผสมที่ต่อเนื่องและควบคุมได้มากกว่าจึงช่วยให้ผงพอลิแอลแลกติกแอซิดละลายได้ทั่วถึงและกระจายตัวสม่ำเสมอ[7]

การเปลี่ยนแปลงตามเวลาพบว่าสารแขวนลอยมีความเป็นเนื้อเดียวกันดีที่สุดในช่วงต้นหลังการเตรียมโดยลักษณะที่ 15 นาทีใกล้เคียงกับทันทีหลังการเตรียมโดยเฉพาะในกลุ่มน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ สารละลายกรดไฮยาลูโรนิก และสูตรขนาด 50 มิลลิกรัม อย่างไรก็ตามตั้งแต่ 30 นาทีเป็นต้นไป พบการเกาะกลุ่ม การตกตะกอน และความไม่สม่ำเสมอเพิ่มขึ้น โดยเด่นชัดในสูตรขนาด 150 มิลลิกรัม กลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และกลุ่มการเขย่าด้วยมือ ดังนั้นการใช้สารแขวนลอยในช่วงต้นหลังการเตรียมโดยเฉพาะภายในช่วง 15 นาที อาจช่วยคงความสม่ำเสมอของสารแขวนลอยได้อย่างไรก็ตามประเด็นนี้ยังต้องยืนยันด้วยการศึกษาเชิงคลินิกเพิ่มเติม

ในด้านการประยุกต์ใช้ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการเลือกชนิดของตัวทำละลาย วิธีการผสม และระยะเวลาหลังการเตรียมอาจมีผลต่อความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดก่อนฉีด ซึ่งในทางทฤษฎีอาจสัมพันธ์กับรูปแบบการกระจายตัวของอนุภาคภายในเนื้อเยื่อภายหลังการฉีด ทั้งนี้แม้พอลิแอลแลกติกแอซิดจะมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยเมื่อเตรียมและฉีดอย่างเหมาะสม แต่ยังมีรายงานภาวะแทรกซ้อน เช่น ตุ่มนูน ก้อนนูน และปฏิกิริยาแกรนูโลมา โดยเฉพาะเมื่อการเตรียมสารหรือเทคนิคการฉีดไม่เหมาะสม[4-6] ทั้งนี้การศึกษานี้เป็นการศึกษาในหลอดทดลองจึงไม่สามารถสรุปโดยตรงได้ว่าความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยจะช่วยลดภาวะแทรกซ้อนดังกล่าวได้ ดังนั้นผลการศึกษาควรตีความเป็นข้อมูลด้านการเตรียมสาร ไม่ใช่หลักฐานโดยตรงของการลดความเสี่ยงทางคลินิกและควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งการวัดเชิงปริมาณ การศึกษานอกร่างกายโดยใช้เนื้อเยื่อ และการศึกษาในสิ่งมีชีวิต เพื่อยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอย การกระจายตัวในเนื้อเยื่อ และความปลอดภัยทางคลินิก

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณลักษณะของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดหลังการเตรียมสารขึ้นกับปริมาณขนาดของพอลิแอลแลกติกแอซิด ชนิดของตัวทำละลาย วิธีการเตรียมสาร และเวลา โดยพอลิแอลแลกติกแอซิดสูตร 50 มิลลิกรัม ตัวทำละลายกลุ่มน้ำกลั่นปราศจากเชื้อการใช้สารละลายกรดไฮยาลูโรนิก และการผสมด้วยเครื่องกลิ้งหลอด มีแนวโน้มให้สารแขวนลอยที่สม่ำเสมอและมีการเกาะกลุ่มน้อยกว่า ในขณะที่พอลิแอลแลกติกแอซิดสูตร 150 มิลลิกรัม ตัวทำละลายกลุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์ และการเขย่าด้วยมือมีแนวโน้มเกิดการเกาะกลุ่มและการตกตะกอนมากกว่า โดยรวมผลการศึกษาเสนอว่าการเตรียมสาร พอลิแอลแลกติกแอซิด โดยพิจารณาตัวทำละลาย วิธีการผสม และระยะเวลาหลังการเตรียม

มีความสำคัญต่อการรักษาความสม่ำเสมอของสารแขวนลอยก่อนใช้งาน อย่างไรก็ตามข้อเสนอแนะด้านการฉีดภายในช่วงต้นหลังการเตรียมควรได้รับการยืนยันเพิ่มเติมด้วยการศึกษาเชิงคลินิกหรือการศึกษาเชิงแปลผล

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการประเมินคุณลักษณะของสารแขวนลอยพอลิแอลแลกติกแอซิดด้วยวิธีเชิงปริมาณเพิ่มเติม เช่น การวัดการกระจายขนาดอนุภาค ความหนืด คุณสมบัติการไหล และแรงที่ใช้ในการดันสารผ่านเข็ม เพื่อยืนยันผลที่ได้จากการประเมินด้วยตาเปล่าและกล้องจุลทรรศน์ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาการฉีดในแบบจำลองเนื้อเยื่อหรือการศึกษาในทางคลินิกเพื่อประเมินว่าความเป็นเนื้อเดียวกันของสารแขวนลอยก่อนฉีดมีความสัมพันธ์กับการกระจายตัวในเนื้อเยื่อ ความสามารถในการฉีด และความปลอดภัยทางคลินิกหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

1. Lee JC, Lorenc ZP. Synthetic Fillers for Facial Rejuvenation. Clin Plast Surg. 2016;43(3):497–503. Available from: https://www.plasticsurgery.theclinics.com/article/S0094-1298(16)30013-X/abstract doi: 10.1016/j.cps.2016.03.002
2. Fitzgerald R, Bass LM, Goldberg DJ, Graivier MH, Lorenc ZP. Physiochemical Characteristics of Poly-L-Lactic Acid (PLLA). Aesthet Surg J. 2018;38(suppl_1):S13–S7. Available from: https://academic.oup.com/asj/article-lookup/doi/10.1093/asj/sjy012 doi: 10.1093/asj/sjy012
3. Gogolewski S, Jovanovic M, Perren SM, Dillon JG, Hughes MK. Tissue response and in vivo degradation of selected polyhydroxyacids: polylactides (PLA), poly(3-hydroxybutyrate) (PHB), and poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (PHB/VA). J Biomed Mater Res. 1993;27(9):1135–48. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jbm.820270904 doi: 10.1002/jbm.820270904
4. Vleggaar D, Fitzgerald R, Lorenc ZP, Andrews JT, Butterwick K, Comstock J, et al. Consensus recommendations on the use of injectable poly-L-lactic acid for facial and nonfacial volumization. J Drugs Dermatol. 2014;13(4 Suppl):s44–51. Available from: https://jddonline.com/articles/dermatology/S154596161 4S0044X
5. Lorenc ZP, Greene T, Gottschalk RW. Injectable Poly-L-Lactic Acid: Understanding Its Use in the Current Era. J Drugs Dermatol. 2016;15(6):759–62. Available from: https://jddonline.com/articles/injectable-poly-l-lactic-acid-understanding-its-use-in-the-current-era-S1545961616P0759X/
6. Schierle CF, Casas LA. Nonsurgical rejuvenation of the aging face with injectable poly-L-lactic acid for restoration of soft tissue volume. Aesthet Surg J. 2011;31(1):95–109. Available from: https://academic.oup.com/asj/article-abstract/31/1/95/274078?redirectedFrom=fulltext&login=false doi: 10.1177/1090820X10391213
7. Chen SY, Chen ST, Lin JY, Lin CY. Reconstitution of Injectable Poly-d,l-lactic Acid: Efficacy of Different Diluents and a New Accelerating Method. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2020;8(5):e2829. Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7605845/ doi: 10.1097/GOX.0000000000002829

8. CONTACKOREA Inc.. StiCol® Product Brochure and Technical Data: Composition, Microsphere and Micelle Technology. Seoul, Republic of Korea: CONTACKOREA Inc.
9. Heinze T, Koschella A. Carboxymethyl Ethers of Cellulose and Starch – A Review. Macromolecular Symposia. 2005;223:13–40. Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/masy.200550502 doi: 10.1002/masy.200550502
10. Hunter RJ. Foundations of Colloid Science. Oxford ; New York: Oxford University Press; 2001.
11. Israelachvili JN. Intermolecular and Surface Forces. 3rd ed. San Diego: Academic Press; 2011.
12. Lopez CG, Richtering W. Oscillatory rheology of carboxymethyl cellulose gels: Influence of concentration and pH. Carbohydrate Polymers. 2021;267:118117. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014486172100504X doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118117
13. Lopez CG, Colby RH, Cabral JT. Electrostatic and Hydrophobic Interactions in NaCMC Aqueous Solutions: Effect of Degree of Substitution. Macromolecules. 2018;51(8):3165–75. Available from: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.macromol.8b00178 doi: 10.1021/acs.macromol.8b00178

ประสิทธิภาพของครีมใบบัวบก ต่อภาวะรอยดำหลังการอักเสบความชุ่มชื้น และความยืดหยุ่นของผิว หลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน

THE EFFICACY OF THE CENTELLA CREAM ON POST INFLAMMATORY HYPERPIGMENTATION, HYDRATION AND SKIN ELASTICITY AFTER FRACTIONAL CO_2 LASER

กิตติภพ อุดมชัยฤทธิ์*

KITTIPOP UDOMCHAIRIT

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 68130741@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ภาวะรอยดำหลังการอักเสบ (Post-Inflammatory Hyperpigmentation; PIH) เป็นผลข้างเคียงที่พบได้บ่อยหลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน (Fractional CO_2 laser) โดยเฉพาะในผิวชาวเอเชีย สารสกัดจากใบบัวบกมีรายงานการศึกษาว่าช่วยลดการอักเสบและส่งเสริมการสมานแผล การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของครีมใบบัวบกในการลดภาวะรอยดำหลังการอักเสบ และส่งเสริมการฟื้นฟูผิวหลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน โดยการศึกษานี้เป็นการทดลองแบบสุ่มชนิดแยกซีกใบหน้า (Randomized Split-face Controlled Trial) ในอาสาสมัครชาวไทย 24 ราย อายุ 20–60 ปี ผู้เข้าร่วมได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน บริเวณแก้มทั้งสองข้าง โดยสุ่มให้หนึ่งข้างทาครีมใบบัวบก และอีกข้างทายาหลอก ตัวชี้วัดหลัก (Primary Outcome) คือการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีวัดเม็ดสีเมลานิน (Melanin index) ด้วยเครื่อง Antera 3D ณ เวลาเริ่มต้น (baseline) วันที่ 30 และวันที่ 90 โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองเชิงผสมเชิงเส้น (Linear Mixed-Effects Model) ผลการศึกษา ณ วันที่ 30 พบว่า ดัชนีวัดเม็ดสีเมลานินในด้านที่ใช้ครีมใบบัวบกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับยาหลอก ($p = 0.034$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างในวันที่ 90 และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มกับเวลาอย่างมีนัยสำคัญ (group × time interaction; $p = 0.466$) ค่าความชุ่มชื้น (hydration) และค่าความยืดหยุ่น (elasticity) เพิ่มขึ้นตามเวลาทั้งสองกลุ่มโดยไม่แตกต่างกัน ด้านที่ใช้ครีมใบบัวบกมีระยะเวลาการหลุดของสะเก็ดสั้นกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่อาการข้างเคียงอื่นไม่มีความแตกต่างกัน สรุปครีมใบบัวบกมีประสิทธิผลในการช่วยเร่งกระบวนการสมานแผลหลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน และลดภาวะรอยดำหลังการอักเสบหลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วนในระยะสั้น แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบผลในระยะยาว จึงอาจพิจารณาใช้เป็นการรักษาเสริม (Adjunctive Treatment) เพื่อลดระยะเวลาพักฟื้นหลังหัตถการ

คำสำคัญ: ครีมใบบัวบก, Fractional CO_2 laser, รอยดำหลังการอักเสบ (PIH), การสมานแผล

Abstract

Post-inflammatory hyperpigmentation (PIH) is a common side effect following fractional CO_2 laser treatment, especially in individuals with Asian skin types. Centella asiatica has been recognized for its ability to promote wound healing and reduce inflammation. This study aimed to evaluate the effectiveness of Centella cream in minimizing PIH and enhancing skin recovery after fractional CO_2 laser treatment. In this randomized split-face controlled trial, 24 Thai participants aged 20 to 60 years received fractional CO_2 laser treatment on both cheeks. One side was treated with Centella cream, while the other side received a placebo. The primary outcome was the change in the melanin index measured using Antera 3D at baseline, Day 30, and Day 90. Secondary outcomes included skin hydration, elasticity, and clinical recovery parameters. A linear mixed-effects model was used to analyze the interaction between groups and time. On Day 30, the Centella-treated side showed a significantly lower melanin index compared to the placebo side ($p = 0.034$). However, no significant difference was observed on Day 90 ($p > 0.05$), and the interaction between group and time was not statistically significant ($p = 0.466$). Skin hydration and elasticity improved over time in both groups, without any significant differences between them. The side treated with Centella exhibited significantly faster crust shedding, while other adverse effects were similar in both groups. In conclusion, Centella cream accelerates wound recovery after fractional CO_2 laser treatmentand provides a short-term reduction in PIH, but no significant long-term effects were noted. It may be considered as an adjunctive treatment to reduce downtime following laser procedures.

Keywords: Centella asiatica, Fractional CO_2 Laser, Post-Inflammatory Hyperpigmentation (PIH), Wound healing

บทนำ

ปัจจุบัน Fractional CO_2 laser[1]ได้รับความนิยมในการรักษาปัญหาผิวหนังหลายประเภท เช่น การฟื้นฟูพื้นผิวผิวหนัง การกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนใต้ผิวหนัง รักษาริ้วรอย รอยแผลเป็นจากสิว ภาวะผิวคล้ำ และความหย่อนคล้อยของผิว ถึงแม้ว่าจะได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง แต่ก็ยังพบผลข้างเคียงชั่วคราว ได้แก่ ผื่นแดง (erythema) การระคายเคืองผิว (irritation) และภาวะรอยดำหลังการอักเสบ (Post-Inflammatory Hyperpigmentation: PIH) ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อย โดยเฉพาะในกลุ่ม ablative laser ส่งผลให้คนไข้ไม่ต้องการมารับการรักษาอย่างต่อเนื่อง และไม่ได้ผลลัพธ์จากการรักษาได้ดีเท่าที่ควร

การดูแลรักษาหลังการทำเลเซอร์ชนิดนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันการติดเชื้อ ลดการอักเสบ เร่งการฟื้นฟู และลดโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อน เช่น PIH หรือ แผลเป็น ข้อแนะนำหลังจากทำเลเซอร์ควรใช้ยาทาหรือครีมบำรุงความชุ่มชื้นเพื่อเร่งการหลุดลอกของสะเก็ดอย่างเป็นธรรมชาติ ใช้ผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูผิว เช่น ใบบัวบก, วิตามินอี, เซราไมด์ และไนอาซินาไมด์ เป็นต้นแต่ก็ยังไม่ได้มีผลิตภัณฑ์ที่แนะนำให้ทาที่เป็นมาตรฐานให้ใช้ในคนไข้ทุกคน

Centella asiatica[3-4] หรือที่รู้จักกันในชื่อใบบัวบก มีสารออกฤทธิ์ที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ pentacyclic triterpenes ซึ่งประกอบด้วย asiaticoside, madecassoside, asiatic acid และ madecassic acid เป็นหลัก ทำให้มีประสิทธิภาพในการช่วยรักษาบาดแผลขนาดเล็ก แผลนูน (hypertrophic wounds) โดยที่กลไกในการออกฤทธิ์ของสารสกัดใบบัวบกที่อาจจะเกี่ยวข้องคือ ส่งเสริมให้มีการแบ่งตัวของไฟโบรบลาสต์ (fibroblast proliferation) และ เพิ่มการสังเคราะห์คอลลาเจนรวมถึง เพิ่มปริมาณไฟโบรเนกตินภายในเซลล์ (intracellular fibronectin) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงในการยึดของผิวหนังที่ก่อตัวใหม่ รวมทั้งยับยั้งระยะการอักเสบของแผลเป็นชนิดนูนและคีลอยด์ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการรักษา ผิวหนังที่เสื่อมสภาพจากแสงแดด (photoaging skin) เซลลูไลท์และรอยแตกลาย (striae) ได้อีกด้วย ปัจจุบันมีการศึกษาคุณสมบัติของ Centella asiatica ในด้านการสมานแผล (wound healing) และการยับยั้งการอักเสบ(anti-inflammatory effects) อย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามหลักฐานทางคลินิกเกี่ยวกับการใช้สารสกัดใบบัวบกประเภทยาทาหลังการทำเลเซอร์ คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วนเพื่อป้องกัน Post-inflammatory hyperpigmentation (PIH) ยังมีจำกัดอยู่ โดยเฉพาะในประชากรเอเชียที่มี Fitzpatrick skin type III–V ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิด PIH ได้สูงกว่า และยังไม่มีการติดตามผลข้างเคียงจากการรักษาดังกล่าวในระยะยาว จึงนำมาสู่การศึกษาวิจัยชิ้นนี้

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาแบบ controlled clinical study เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ Centella cream ต่อการเกิดรอยดำจากการอักเสบ (PIH) รวมถึงผลต่อความชุ่มชื้น และความยืดหยุ่นของผิวหนังภายหลังเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วน

วัตถุประสงค์

Primary outcome เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของครีมใบบัวบกหลังเลเซอร์ Fractional CO_2 ต่อการลดภาวะรอยดำหลังการอักเสบของผิวหนัง ความชุ่มชื้นของผิวหนัง และความยืดหยุ่นของผิวหนัง

Secondary outcome เพื่อศึกษาผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้ครีมใบบัวบกหลังเลเซอร์ Fractional CO_2

ทบทวนวรรณกรรม

ในการศึกษาเรื่องประสิทธิภาพของครีมใบบัวบก ต่อภาวะรอยดำหลังการอักเสบ ความชุ่มชื้น และความยืดหยุ่นของผิว หลังการทำเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วนผู้วิจัยได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาและสาระสำคัญออกเป็น 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

กายวิภาคที่เกี่ยวข้องกับการทำหัตถการเลเซอร์

การทำความเข้าใจโครงสร้างใบหน้ามีความสำคัญต่อการกำหนดตำแหน่งการรักษา เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ แม่นยำ และลดภาวะแทรกซ้อน โดยตำแหน่งหลักที่ทำการรักษาในการศึกษานี้คือ แก้มส่วนหน้าด้านข้าง (Anterolateral cheek)[5] ซึ่งหมายถึงบริเวณแก้มที่อยู่ด้านหน้าเยื้องไปทางด้านข้างใบหน้า เริ่มตั้งแต่วันใต้ตาเล็กน้อย ลามออกไปทางด้านข้างจนเกือบถึงใบหู รวมถึงกระดูกโหนกแก้ม (Zygomatic area) แก้มด้านนอก (Malar and Buccal area)

การรักษาด้วยเลเซอร์ Fractional CO2

Fractional CO_2 Laser คือ เทคโนโลยีเลเซอร์ที่ใช้พลังงานแสงความยาวคลื่น 10,600 นาโนเมตร ซึ่งดูดซับน้ำในเซลล์ผิวหนังได้ดีมาก ทำให้สามารถลอกผิว (Ablative) ได้ลึกและแม่นยำ พร้อมกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนใหม่ในชั้นหนังแท้ (Neocollagenesis) การทำงานโดยเทคนิค Fractional[6] เป็นการยิงเลเซอร์กระจายตัวเป็นจุดเล็กๆ จำนวนมาก เรียกว่า Microthermal Treatment Zones (MTZs)[7] ข้อบ่งชี้ ได้แก่ การรักษาหลุมสิว (โดยเฉพาะประเภท ice pick, boxcar, rolling) ริ้วรอยร่องลึก รูขุมขนกว้าง แผลเป็นนูนหรือยุบตัว ฝ้า กระ จุดด่างดำ สีผิวไม่สม่ำเสมอ และผิวเสื่อมตามวัยจากแสงแดด (Photoaging) ส่วนข้อห้าม[7] ได้แก่ หญิงตั้งครรภ์/ให้นมบุตร, ผู้ป่วยโรคผิวหนังรุนแรง (เช่น SLE, สะเก็ดเงิน), ประวัติคีลอยด์ง่าย, มีการติดเชื้อบริเวณที่จะทำ และผิวไหม้แดด

การดูแลหลังทำหัตถการ[8]

- 24–72 ชั่วโมงแรก: ล้างหน้าอย่างอ่อนโยนด้วยน้ำเกลือ/น้ำต้มสุก ประคบเย็น ทายามอยส์เจอไรเซอร์ตามแพทย์สั่ง และงดการแต่งหน้าหรือสกินแคร์ที่ระคายเคือง
- 3–7 วัน: ผิวจะเริ่มตกสะเก็ด ห้ามแกะเกา เน้นให้ความชุ่มชื้นเพื่อเร่งการหลุดลอกตามธรรมชาติ หลีกเลี่ยงแสงแดดจัด และเริ่มทากันแดดสูตรอ่อนโยนเมื่อแผลปิด (วันที่ 5–7)
- หลัง 7 วันขึ้นไป: ทากันแดดอย่างสม่ำเสมอ (SPF 30–50+) ใช้ผลิตภัณฑ์ฟื้นฟูผิว

เปรียบเทียบครีมบำรุงหลังเลเซอร์ แม้ว่าการใช้ Vaseline[9] (ปิโตรเลียมเจลลี่) จะเป็น Gold standard ในการกักเก็บความชุ่มชื้น แต่ในทางปฏิบัติมีข้อจำกัดสำหรับผู้ที่มีผิวมันหรือเป็นสิวง่าย เนื่องจากเสี่ยงต่อการอุดตันรูขุมขน (Comedogenic) ผิวระบายอากาศไม่ได้ทำให้เกิดการอักเสบอับชื้น และ Vaseline ไม่มีสาร

ออกฤทธิ์ในการลดการอักเสบหรือสมานแผลโดยตรง การใช้สารสกัดกลุ่มใบบัวบกจึงเป็นทางเลือกที่มีข้อดีทางคลินิกมากกว่า

ภาวะข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นหลังจากการทำหัตถการและภาวะ PIH

การทำ Fractional CO_2 Laser อาจส่งผลให้เกิดผลข้างเคียงชั่วคราว[10] เช่น อาการแดง ร้อน บวม (2–7 วัน), การตกสะเก็ดผิวลอก, ความรู้สึกแสบระคายเคือง และภาวะที่พบได้บ่อยคือ รอยดำหลังการอักเสบ (Post-Inflammatory Hyperpigmentation: PIH)

กลไกและธรรมชาติของ PIH[11] เป็นภาวะที่มีการสร้างเมลานินมากเกินไปในชั้นหนังกำพร้าหรือหนังแท้จากการบาดเจ็บหรืออักเสบของผิวหนัง มักเกิดขึ้นชัดเจนในช่วง 2–4 สัปดาห์หลังทำเลเซอร์ และหากไม่ได้รับการรักษาอาจใช้เวลา 3–6 เดือนหรือเป็นปีกว่าจะจางลง ทั้งนี้ พบได้บ่อยและรุนแรงในผู้ที่มีผิวสีเข้ม (Fitzpatrick Skin Type IV–VI) เนื่องจากเซลล์สร้างเม็ดสี (Melanocyte) มีความไวสูงกว่า สารสื่ออักเสบที่เกิดขึ้น (เช่น พรอสตาแกลนดิน, ไซโตไคน์, อนุมูลอิสระ) จะกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) และเร่งการถ่ายโอนเมลาโนโซมไปสู่ผิวหนังกำพร้า

การรักษา PIH ในปัจจุบัน มีการใช้ยาทาเฉพาะที่ถือเป็นแนวทางหลัก เช่น ไฮโดรควิโนน (Hydroquinone), กรดไกลโคลิก[12] (Glycolic acid/AHA), กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid/BHA), ทรีติโนอิน (Tretinoin/วิตามินเอ) และกรดทรานซามิก (Tranexamic Acid) ซึ่งช่วยยับยั้งเม็ดสีและเร่งผลัดเซลล์ผิว

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของครีมใบบัวบก (Centella asiatica)

สารสกัดจากใบบัวบกมีสารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่ม Pentacyclic triterpenes ได้แก่ *Asiaticoside, Madecassoside, Asiatic acid และ Madecassic acid* ซึ่งมีกลไกทางชีวภาพที่อาจจะเกี่ยวข้องกับการเอื้อต่อการฟื้นฟูผิวหลังเลเซอร์ ดังนี้[13]

- ฤทธิ์ต้านการอักเสบ (Anti-inflammatory effect): ช่วยลดการหลั่งไซโตไคน์ที่ก่อการอักเสบ (IL-1, IL-6, TNF-α) จึงลดการกระตุ้นเซลล์เมลาโนไซต์ ส่งผลให้โอกาสเกิด PIH ลดลง
- กระตุ้นการสมานแผลและสร้างคอลลาเจน: ส่งเสริมการแบ่งตัวของไฟโบรบลาสต์ (Fibroblast proliferation) และเพิ่มการสังเคราะห์คอลลาเจนรวมถึงไฟโบรเนกตินในเซลล์ ทำให้แผลหายเร็วขึ้น ผิวแข็งแรง
- ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและควบคุมเม็ดสี: ลดอนุมูลอิสระจากเลเซอร์

งานวิจัยเชิงทดลองทางคลินิกที่เกี่ยวข้อง

Moon Seok Kang (2020)[14]: ศึกษาแบบ Split-face ในผู้ป่วย 34 ราย หลังทำ Fractional CO_2 laser เปรียบเทียบข้างที่ทาสารสกัดใบบัวบกกับน้ำกลั่น พบว่ากลุ่มที่ใช้ใบบัวบกมีระดับความชุ่มชื้นของผิวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่เวลา 1 และ 4 ชั่วโมงหลังทา ($P < 0.001$) และเมื่อติดตามผลที่ 6 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มที่ทาใบบัวบกมีค่าดัชนี PIH ต่ำกว่าฝั่งควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.001$) สรุปได้ว่าใบบัวบกช่วยฟื้นฟูผิวโดยไม่มีภาวะแทรกซ้อน

Yunyoung C Chang (2017-2018)[15]**:** ศึกษาเปรียบเทียบขี้ผึ้งจากพืช (Plant-Based) กับ Petroleum-Based หลังทำเลเซอร์ CO2 พบว่าในวันที่ 4 และวันที่ 14 ฝั่งที่ใช้ขี้ผึ้งจากพืชมีการฟื้นตัวของอาการแดง อาการบวม และการสมานแผลที่ดีกว่าฝั่งปิโตรเลียมอย่างเห็นได้ชัด และผู้เข้าร่วมทดลองร้อยละ 90 พึงพอใจและเลือกใช้ผลิตภัณฑ์จากพืชมากกว่าเนื่องจากใช้งานง่ายกว่า

Amin Saeidinia[16]**:** ศึกษาเปรียบเทียบครีมสารสกัดใบบัวบก (Centiderm) กับ Silver Sulfadiazine (SSD) ในผู้ป่วยแผลไฟไหม้ 75 ราย พบว่ากลุ่มที่ใช้ใบบัวบกมีอัตราการสร้างผิวใหม่ (Re-epithelialization) และการสมานแผลสมบูรณ์ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และไม่พบการติดเชื้อ

Kamonwan Jenwitheesuk[17]**:** ศึกษาครีมใบบัวบกในการป้องกันแผลเป็นบริเวณผิวหนังผู้บริจาค (Donor site) หลังผ่าตัดปลูกถ่ายผิวหนัง (STSG) พบว่าคะแนนความรุนแรงของแผลเป็นรวมและพารามิเตอร์การเกิดเม็ดสี (VSS score) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 12 ชี้ให้เห็นว่าใบบัวบกมีประสิทธิภาพในการลดการเปลี่ยนแปลงเม็ดสีผิดปกติและแผลเป็นนูนได้

Wilawan Damkerngsuntorn[18]: ศึกษาสารสกัดมาตรฐานจากใบบัวบก (ECa 233) รูปแบบเจลช่วยลดรอยแดง ลดสะเก็ด และทำให้ภาพรวมของแผลหลังทำเลเซอร์ Er:YAG หายไวและดูดีขึ้น จึงเป็นทางเลือกที่ดีในการนำมาใช้ดูแลผิวหลังเข้ารับการรักษาด้วยเลเซอร์

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบในตัวเอง (Randomized, Controlled, Split-Face Clinical Trial) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของครีมสารสกัดใบบัวบกในการลดภาวะรอยดำหลังการอักเสบ (PIH) เพิ่มความชุ่มชื้นและความยืดหยุ่นของผิวหลังทำเลเซอร์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (Population and Sample)

- **กลุ่มตัวอย่าง:** อาสาสมัครชาวไทยที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20–60 ปี จำนวน 24 คน (จากการคำนวณอ้างอิงถึงสูตรของ Bernard Rosner[19]) ที่เข้ามารับการรักษาด้วยเลเซอร์ Fractional CO_2 บริเวณใบหน้าที่คลินิก

จากการอ้างอิงถึงสูตรของ Bernard Rosner[19] ซึ่งเป็นสูตรคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับ two-group comparison with equal allocation ($r = 1$) ใช้คำนวณขนาดตัวอย่างของกลุ่มทดลอง (treatment group) ในการวิจัยที่เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

$$n_{trt} = \frac{(z_{1-\frac{\alpha}{2}} + z_{1-\beta})^2 \left[\sigma_{trt}^2 + \frac{\sigma_{con}^2}{r}\right]}{\Delta^2}$$

$$r = \frac{n_{con}}{n_{trt}}, \quad \Delta = \mu_{trt} - \mu_{con}$$

ตารางแสดงสัญลักษณ์ และความหมายตัวแปรในสูตร

สัญลักษณ์	ความหมาย
n_{trt}	ขนาดตัวอย่างที่ต้องการในกลุ่มทดลอง (treatment group)
n_{con}	ขนาดตัวอย่างในกลุ่มควบคุม (control group)
r	อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มควบคุมต่อกลุ่มทดลอง = n_{con} / n_{trt}
μ_{trt}, μ_{con}	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและควบคุมตามลำดับ
Δ	ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับ = μ_{trt}-μ_{con} (หรือค่าความเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญทางคลินิก)
σ^2_{trt}, σ^2_{con}	ความแปรปรวน (variance) ของกลุ่มทดลองและควบคุม
$z_{1-a/2}$	ค่าคงที่ Z ตามระดับนัยสำคัญ (two-tailed) เช่น 1.96 หากα = 0.05
$z_{1-\beta}$	ค่าคงที่ Z ตามพลังการทดสอบ (power) เช่น 0.84 หาก power = 80%

ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการทดสอบสมมติฐานดังนี้

- ค่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) กำหนดไว้ที่ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับค่า Z(0.95) = 1.96
- ค่าพลังการทดสอบ (power, 1-β) กำหนดไว้ที่ 0.80 ซึ่งสอดคล้องกับค่า Z(0.8) = 0.84

ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Moon Seok Kang[14] ได้แก่

- ค่าเฉลี่ยในกลุ่มทดลอง = 25.0 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 0.740741
- ค่าเฉลี่ยในกลุ่มควบคุม = 27.0 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = 2.22222

โดยที่ค่า SD ประมาณจาก IQR ของ Kang 2021 โดยใช้สูตร SD ≈ IQR/1.35 ตามวิธีมาตรฐาน (Wan X et al. BMC Med Res Methodol. 2014;14:135)

เมื่อกำหนดอัตราส่วนของจำนวนตัวอย่างระหว่างสองกลุ่มเท่ากับ 1:1 พบว่าขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณคือ กลุ่มทดลอง (Group 1) ต้องการจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ 11 ราย และกลุ่มควบคุม (Group 2) ต้องการจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำ 11 ราย ดังนั้นการศึกษานี้ควรมีจำนวนตัวอย่างรวมทั้งหมดอย่างน้อย 22 ราย เพื่อให้สามารถตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายใต้ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α = 0.05) และพลังการทดสอบที่เพียงพอ (power = 80%)

จำนวนอาสาสมัครขั้นต่ำที่เพียงพอเพื่อให้ได้ power มากกว่าหรือเท่ากับ 80% คือ 11 คน และคำนวณเพิ่มป้องกันการ drop out ของอาสาสมัครอีก 20% คิดเป็น 2.2 ซึ่งคิดเป็นจำนวนเต็ม 3 คน นอกจากนี้การศึกษานี้เป็นแบบ split face จึงคำนวณเผื่อไว้เพิ่มเป็น 2 เท่า คือ 40% คิดเป็น 4.4 ซึ่งคิดเป็นจำนวนเต็ม 5 คนดังนั้นจำนวนขั้นต่ำอาสาสมัครจึงเป็น 16 คน อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้เลือกใช้จำนวนอาสาสมัคร 24 คน ซึ่งมากกว่าค่าขั้นต่ำ เพื่อรองรับความคาดเคลื่อนจากความแปรปรวนของข้อมูลหรือการขาดการติดตาม จึงถือว่าเป็นจำนวนที่เหมาะสมทั้งในเชิงสถิติ และเชิงปฏิบัติ

- **เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria):** อาสาสมัครที่มีสภาพผิวประเภท Fitzpatrick Skin Type II–V, มีความต้องการรักษาด้วยเลเซอร์, ยินดีปฏิบัติตามเงื่อนไขและลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมวิจัย
- **เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria):** ผู้ที่มีประวัติแพ้สารสกัดใบบัวบก, อยู่ระหว่างตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร, มีการติดเชื้อหรือแผลเปิดบริเวณใบหน้า, ได้รับการรักษาผิวหน้าด้วยเลเซอร์หรือ

สารเติมเต็มอื่น ๆ ภายใน 3 เดือน หรือใช้ยาทากลุ่มเรตินอยด์/สารไวท์เทนนิ่งภายใน 2 สัปดาห์ก่อนเริ่มการศึกษา

เครื่องมือและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิจัย (Materials and Instruments)

1. **ผลิตภัณฑ์ทดสอบ:** ครีมสารสกัดใบบัวบกความเข้มข้นร้อยละ 7 (กลุ่มทดลอง) และเนื้อครีมเบสที่ไม่มีส่วนผสมของสารสกัด (กลุ่มควบคุม/ครีมหลอก) ซึ่งได้รับการสนับสนุนและควบคุมมาตรฐานการผลิตจากมูลนิธิโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร[20]
2. **เครื่องมือวัดผลสภาพผิว:** กล้องดิจิตอล Canon G3000[21], Antera 3D[22] ถ่ายภาพวิเคราะห์ความเข้มข้นและการกระจายตัวของเม็ดสีเมลานินในระดับลึกแบบ 3 มิติ, Mexameter[23] วัดระดับเม็ดสีเมลานิน (Melanin Index), Corneometer[24] วัดความชุ่มชื้น (Hydration), Cutometer[25] วัดความยืดหยุ่นของผิวหนัง (Elasticity)
3. **เครื่องมือเลเซอร์:** เครื่องSmaXel Fractional Carbon Dioxide (CO2) Laser[26] (ความยาวคลื่น 10,600 นาโนเมตร)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย (Study Procedures)

1. **การเตรียมตัวและการทำหัตถการ:** อาสาสมัครทำความสะอาดใบหน้า แปะยาชาทั่วหน้านาน 45 นาที จากนั้นแพทย์ทำการยิงเลเซอร์ที่แก้มทั้ง 2 ข้างด้วยการตั้งค่าพลังงานที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน **การสุ่มและการแบ่งกลุ่มทดลอง (Randomization & Allocation):** ใช้การสุ่มแบบใส่ซองปิดผนึก (Sealed Envelope Simple Randomization) เพื่อกำหนดให้ใบหน้าข้างหนึ่ง (ซ้ายหรือขวา)

   ทาครีมใบบัวบก และใบหน้าอีกข้างทาครีมหลอก วันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) หลังล้างหน้า เป็นเวลาต่อเนื่อง 90 วัน โดยทั้งแพทย์ผู้ตรวจวัดและอาสาสมัครจะไม่ทราบว่าใบหน้าข้างใดทาครีมชนิดใด (Double-blinded technique)
2. **การนัดติดตามและการเก็บข้อมูล:** ทำการนัดตรวจและบันทึกผลสภาพผิวด้วยเครื่องมือมาตรฐานใน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ Baseline (Day 0): ก่อนการทำเลเซอร์, Follow-up 1 (Day 30)**:** หลังทำเลเซอร์ 30 วัน และ Follow-up 2 (Day 90): หลังทำเลเซอร์ 90 วัน ส่วนของอาการข้างเคียง ระยะเวลาการเป็นสะเก็ด จะให้ผู้ป่วยบันทึกในแบบประเมินตนเองที่ Day 0, 1, 3, 7, และ 14

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ โดยเลือกใช้สถิติดังนี้

- ตรวจสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล (Continuous variables) ด้วย Shapiro-Wilk test
- เปรียบเทียบผลการวัดซ้ำของตัวแปรต่อเนื่อง (PIH severity, Hydration, Elasticity) ระหว่างเวลาและกลุ่มทดลอง โดยใช้ แบบจำลองเชิงเส้นอิทธิพลผสม (Linear Mixed-Effects Model)

ยึดค่าอิทธิพลคงที่ (Fixed effects) จากกลุ่ม เวลา และ Treatment Time interaction และใช้วิธี Bonferroni correction สำหรับการเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise comparisons)

- เปรียบเทียบอัตราการเกิดภาวะ PIH (Categorical, Paired binary data) ระหว่างใบหน้าทั้งสองข้างด้วย McNemar's test
- คำนวณขนาดของผลกระทบและการรักษาด้วยค่า Effect Size (Cohen's) พร้อมแสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% CI

ผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยมีอาสาสมัครเข้าร่วมและอยู่จนจบการศึกษาทั้งหมด 24 คน เป็นเพศหญิง 14 คน เพศชาย 10 คนและส่วนใหญ่มีสภาพผิวประเภท Fitzpatrick Skin Type IV) โดยสามารถสรุปผลการวิจัยแบ่งตามตัวแปรหลักได้ดังนี้

ตารางที่ 1 Baseline characteristics

Demographic data	Mean ± SD
Age, year(mean ± SD)	35.67 ± 12.89
Bodyweight(mean ± SD)	59.00 ± 11.59
BMI (mean ± SD)	21.87 ± 3.87
Comorbidities ,n(%)	24 (100%)
- No	15 (62.5%)
- Yes	9 (37.5%)
Sex ,n(%)	24 (100%)
- Male	10 (41.67%)
- Female	14 (58.33%)
Fitzpatrick skin type, n(%)	24 (100%)
- 2	4 (16.67%)
- 3	6 (25%)
- 4	12 (50%)
- 5	2 (8.33%)

1 ผลต่อภาวะรอยดำหลังการอักเสบ (Post-Inflammatory Hyperpigmentation: PIH)

ผลจากเครื่อง Antera 3D (Melanin Index): ที่ระยะเวลา 30 วันหลังการทำเลเซอร์ใบหน้าฝั่งที่ทาครีมใบบัวบกมีค่าเฉลี่ยเมลานินน้อยกว่าฝั่งที่ทาครีมหลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต (35.75 ± 3.14 VS 36.33 ± 3.39 ; p = 0.034)โดยมีขนาดอิทธิพลระดับต่ำ (Cohen's dz = −0.138) อย่างไรก็ตามเมื่อติดตามผลถึงวันผิวฟื้นฟูระยะยาวที่ 90 วันค่าเฉลี่ยเมลานินของทั้งสองฝั่งลดลงตามลำดับและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p > 0.05)

ตารางที่ 2 Antera outcomes

	Centella	Placebo	Mean difference (95%CI)	P-value (a)	P-value (b)	Effect size (95%CI)
D0	35.77 ± 4.42	35.6 ± 3.95	0.17 (-0.5, 0.84)	0.606		0.041 (-0.525, 0.606)
D30	35.75 ± 4.38	36.33 ± 4.15	-0.59 (-1.12, -0.05)	0.034*	0.466	-0.138 (-0.704, 0.429)
D90	35.29 ± 4.16	35.65 ± 3.85	-0.37 (-0.91, 0.18)	0.178		-0.091 (-0.657, 0.475)

*P-value <0.05 was considered as statistically significant. P-value (a) was obtained from the between-group comparison at each time point. P-value (b) was obtained from the group × time interaction using a mixed-effects model. A two-sided p-value < 0.05 was considered statistically significant. Effect size (Cohen's d + 95%CI) ; Cohen's d_z (paired effect size) and d_z = mean difference / SD of paired differences)

ผลจากเครื่อง Mexameter: ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าดัชนีเมลานิน (Melanin Index) ระหว่างใบหน้าทั้งสองข้างในทุกช่วงเวลาของการนัดตรวจ (D0, D30, และ D90)

ตารางที่ 3 Mexameter outcomes

	Centella	Placebo	Mean difference (95%CI)	P-value (a)	P-value (b)	Effect size (95%CI)
D0	175.04 ± 40.76	177.31 ± 38.59	-2.26 (-8.59, 4.06)	0.467		-0.057 (-0.623, 0.509)
D30	178.17 ± 39.05	178.18 ± 35.79	-0.01 (-7.16, 7.13)	0.997	0.859	0 (-0.566, 0.565)
D90	182.25 ± 39.07	183.13 ± 40.38	-0.87 (-6.49, 4.74)	0.750		-0.022 (-0.588, 0.544)

*P-value <0.05 was considered as statistically significant. P-value (a) was obtained from the between-group comparison at each time point. P-value (b) was obtained from the group × time interaction using a mixed-effects model. A two-sided p-value < 0.05 was considered statistically significant. Effect size (Cohen's d + 95%CI) ; Cohen's d_z (paired effect size) and d_z = mean difference / SD of paired differences)

อัตราการเกิดภาวะ PIH: จากการประเมินโดยแพทย์ผิวหนัง 2 ท่าน (Clinical Evaluation) อัตราการเกิดรอยดำหลังการอักเสบระหว่างใบหน้าฝั่งที่ทาครีมใบบัวบกและครีมหลอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาที่ติดตามผล ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ว่าครีมใบบัวบกไม่ได้ช่วยป้องกันการเกิด PIH ในภาพรวม

ตารางที่ 4 Dermatologist assessment (Doctor 1)

Doctor 1		Severity			Extension		
		Centella	Placebo	P-value (b)	Centella	Placebo	P-value (b)
D0	none	24 (100%)	24 (100%)	1	24 (100%)	24 (100%)	1
	minimal	0 (0%)	0 (0%)		0 (0%)	0 (0%)	
	mild	0 (0%)	0 (0%)		0 (0%)	0 (0%)	
D30	none	18 (75%)	17 (70.8%)	0.745	18 (75%)	17 (70.8%)	0.942
	minimal	6 (25%)	7 (29.2%)		5 (20.8%)	6 (25%)	
	mild	0 (0%)	0 (0%)		1 (4.2%)	1 (4.2%)	
P-value(a)		0.009*	0.004*		0.032*	0.017*	
D90	none	19 (79.2%)	18 (75%)	0.176	19 (79.2%)	18 (75%)	0.731
	minimal	5 (20.8%)	6 (25%)		5 (20.8%)	6 (25%)	
	mild	0 (0%)	0 (0%)		0 (0%)	0 (0%)	
P-value(a)		0.018*	0.009*		0.018*	0.009*	

P-value < 0.05 was considered as statistically significant. P-value(a) = comparison within group. P-value(b) = comparison between Centella and Placebo

ตารางที่ 5 Dermatologist assessment (Doctor 2)

Doctor 2		Severity			Extension		
		Centella	Placebo	P-value (b)	Centella	Placebo	P-value (b)
D0	none	24 (100%)	24 (100%)	1	24 (100%)	24 (100%)	1
	minimal	0 (0%)	0 (0%)		0 (0%)	0 (0%)	
	mild	0 (0%)	0 (0%)		0 (0%)	0 (0%)	
D30	none	17 (70.8%)	17 (70.8%)	1	20 (83.3%)	19 (79.2%)	0.466
	minimal	7 (29.2%)	7 (29.2%)		3 (12.5%)	5 (20.8%)	
	mild	0 (0%)	0 (0%)		1 (4.2%)	0 (0%)	
P-value(a)		0.004*	0.004*		0.113	0.018*	
D90	none	20 (83.3%)	19 (79.2%)	0.712	19 (79.2%)	20 (83.3%)	0.599
	minimal	4 (16.7%)	5 (20.8%)		4 (16.7%)	4 (16.7%)	
	mild	0 (0%)	0 (0%)		1 (4.2%)	0 (0%)	
P-value(a)		0.037*	0.018*		0.061	0.037*	

P-value < 0.05 was considered as statistically significant. P-value(a) = comparison within group. P-value(b) = comparison between Centella and Placebo

ตารางที่ 6 Inter-rater reliability

	Severity	Extension
	IRR (95%CI)	IRR (95%CI)
Inter observation	0.932 (0.906 to 0.951)	0.575 (0.409 to 0.694)

2 ผลต่อความชุ่มชื้นและความยืดหยุ่นของผิว (Hydration and Elasticity)

ความชุ่มชื้นของผิว (Corneometer): หลังการทำเลเซอร์ ค่าความชุ่มชื้นของผิวหนังชั้นนอกลดลงในระยะแรกและค่อย ๆ ฟื้นตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงวันที่ 90 อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างใบหน้าฝั่งที่ทาครีมใบบัวบกและฝั่งที่ทาครีมหลอก ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกจุดเวลาของการวัดผล ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 Corneometer outcomes

	Centella	Placebo	Mean difference (95%CI)	P-value(a)	P-value (b)	Effect size (95%CI)
D0	68.32 ± 12.77	66.81 ± 13.6	1.51 (-3.33, 6.35)	0.525		0.115 (-0.452, 0.681)
D30	74.47 ± 12.83	75.19 ± 11.71	-0.72 (-4.55, 3.12)	0.703	0.669	-0.058 (-0.624, 0.508)
D90	76.47 ± 11.1	76.89 ± 11.28	-0.43 (-2.95, 2.1)	0.729		-0.038 (-0.604, 0.528)

*P-value <0.05 was considered as statistically significant. P-value (a) was obtained from the between-group comparison at each time point. P-value (b) was obtained from the group × time interaction using a mixed-effects model. A two-sided p-value < 0.05 was considered statistically significant. Effect size (Cohen's d + 95%CI) ; Cohen's d_z (paired effect size) and d_z = mean difference / SD of paired differences)

ความยืดหยุ่นของผิว (Cutometer): ค่าความยืดหยุ่นของผิวฟื้นตัวดีขึ้นตามระยะเวลาของการซ่อมแซมผิวตามธรรมชาติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมตลอดการทดลอง 90 วัน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 8 Cutometer outcomes

	Centella	Placebo	Mean difference (95%CI)	P-value (a)	P-value (b)	Effect size (95%CI)
D0	73.01 ± 13.24	73.38 ± 11.57	-0.37 (-5.24, 4.5)	0.876		-0.03 (-0.596, 0.536)
D30	73.81 ± 13.29	70.5 ± 14.28	3.31 (-2.85, 9.47)	0.278	0.754	0.24 (-0.328, 0.808)
D90	81.19 ± 11.52	79.68 ± 11.74	1.51 (-3.03, 6.05)	0.499		0.13 (-0.437, 0.696)

*P-value <0.05 was considered as statistically significant. P-value (a) was obtained from the between-group comparison at each time point. P-value (b) was obtained from the group × time interaction using a mixed-effects model. A two-sided p-value < 0.05 was considered statistically significant. Effect size (Cohen's d + 95%CI) ; Cohen's d_z (paired effect size) and d_z = mean difference / SD of paired differences)

3 ผลต่ออาการข้างเคียงและระยะเวลาการเป็นสะเก็ดแผล (Adverse Events and Scab Duration)

อาการข้างเคียงชั่วคราว (บวม แดง และเจ็บ): จากการบันทึกแบบประเมินตนเองของผู้เข้าร่วมวิจัย (Patient Self-Assessment) ที่วัน D0, D1, D3, D7 และ D14 พบว่าระดับคะแนนอาการบวม (Edema) อาการแดง (Erythema) และอาการเจ็บปวด (Pain) มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างฝั่งที่ทาครีมใบบัวบกและครีมหลอก ($p > 0.05$) ทั้งนี้ ไม่พบอาสาสมัครรายใดเกิดผลข้างเคียงรุนแรงหรืออาการแพ้ระคายเคืองจากเนื้อครีม

ตารางที่ 9 Patient reported outcomes

	Centella	Placebo	Mean difference (95% CI)	P-value
ความบวม Swelling				
D0	1.58 ± 2.21	1.5 ± 1.96	0.08 (-0.24, 0.41)	
D1	0.75 ± 1.39	0.63 ± 0.97	0.13 (-0.19, 0.44)	
D3	0.46 ± 1.22	0.38 ± 0.92	0.08 (-0.35, 0.51)	0.735
D7	0.04 ± 0.2	0.08 ± 0.41	-0.04 (-0.13, 0.04)	
D14	0 ± 0	0 ± 0	-	
ความแดง Redness				
D0	6.79 ± 1.72	6.71 ± 1.88	0.08 (-0.24, 0.41)	
D1	3.62 ± 1.95	3.54 ± 1.91	0.08 (-0.27, 0.43)	
D3	1.33 ± 1.46	1.17 ± 1.05	0.17 (-0.24, 0.57)	0.856
D7	0.25 ± 0.53	0.13 ± 0.45	0.13 (-0.02, 0.27)	
D14	0 ± 0	0.04 ± 0.2	-0.04 (-0.13, 0.04)	
สะเก็ด Scaling				
D0	1.5 ± 2.21	1.46 ± 2.19	0.04 (-0.43, 0.52)	
D1	3.08 ± 2.5	2.75 ± 2.19	0.33 (-0.01, 0.68)	
D3	2.88 ± 2.17	3 ± 2.3	-0.13 (-0.48, 0.23)	0.795
D7	0.67 ± 1.34	0.79 ± 1.53	-0.13 (-0.35, 0.1)	
D14	0 ± 0	0 ± 0	-	
ความเจ็บ Pain				
D0	4.58 ± 2.38	4.83 ± 2.28	-0.25 (-0.54, 0.04)	
D1	0.92 ± 1.5	0.79 ± 1.47	0.13 (-0.06, 0.31)	
D3	0.42 ± 0.97	0.29 ± 0.86	0.13 (-0.1, 0.35)	0.925
D7	0.08 ± 0.28	0.04 ± 0.2	0.04 (-0.04, 0.13)	
D14	0 ± 0	0 ± 0	-	

	Centella	Placebo	Mean difference (95% CI)	P-value
รอยดำ Hyperpigmentation				
D0	1.79 ± 2.69	2 ± 2.98	-0.21 (-0.49, 0.07)	
D1	1.37 ± 1.95	1.42 ± 2.08	-0.04 (-0.27, 0.19)	
D3	1.58 ± 1.59	1.71 ± 1.68	-0.13 (-0.46, 0.21)	0.788
D7	0.42 ± 1.1	0.58 ± 1.32	-0.17 (-0.41, 0.07)	
D14	0.08 ± 0.28	0.33 ± 1.05	-0.25 (-0.61, 0.11)	

*P-value <0.05 was considered as statistically significant. P-valuewas obtained from the group × time interaction using a mixed-effects model. A two-sided p-value < 0.05 was considered statistically significant.

ระยะเวลาการหลุดลอกของสะเก็ดแผล (Scab Duration): ใบหน้าฝั่งที่ทาครีมใบบัวบกมีระยะเวลาเฉลี่ยในการหลุดลอกของสะเก็ดแผล สั้นกว่า ฝั่งที่ทาครีมหลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3.96 ± 1.85 วัน เทียบกับ 4.71 ± 2.05 วัน ตามลำดับ; $p < 0.001$) โดยสามารถลดระยะเวลาลงได้เฉลี่ย 0.75 วัน และมีค่าขนาดอิทธิพลที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการรักษาชัดเจน (Cohen'sdz = −0.38)

ตารางที่ 10 Adverse events duration

	Centella	Placebo	Mean difference (95%CI)	p-value	Effect size (95%CI)
บวม (day)	1.25 ± 0.53	1.17 ± 0.38	0.08 (-0.09, 0.26)	0.328	0.17 (-0.39, 0.74)
แดง (day)	1.67 ± 0.64	1.54 ± 0.51	0.13 (-0.1, 0.35)	0.266	0.22 (-0.34, 0.79)
เจ็บ (hr.)	1.98 ± 1.05	2 ± 0.88	-0.02 (-0.24, 0.2)	0.846	-0.02 (-0.59, 0.55)
สะเก็ด (day)	3.96 ± 1.85	4.71 ± 2.05	-0.75 (-1.13, -0.37)	<0.001*	-0.38 (-0.96, 0.19)

*P-value <0.05 was considered as statistically significant. Effect size (Cohen's d + 95%CI) ;Cohen's d_z (paired effect size) and d_z = mean difference / SD of paired differences)

อภิปรายผลการวิจัย

ฤทธิ์ลดเม็ดสีในระยะแรก: การที่เครื่อง Antera 3D ตรวจพบระดับเมลานินที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในฝั่งครีมใบบัวบกที่ Day 30 อธิบายได้จากกลไกของสารสำคัญกลุ่ม Pentacyclic triterpenes (เช่น Asiaticosideและ Madecassoside) ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบที่เข้มข้น ช่วยยับยั้งการหลั่งสารสื่ออักเสบ (Inflammatory cytokines) จึงลดการกระตุ้นเซลล์สร้างเม็ดสี (Melanocytes) ในช่วงที่ผิวเพิ่งได้รับบาดเจ็บจากความร้อนของเลเซอร์ แต่เนื่องจากใบบัวบกไม่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Tyrosinase โดยตรงเหมือนกลุ่มสารไวท์เทนนิ่งหลัก เมื่อพ้นระยะการอักเสบเข้าสู่ระยะยาว (Day 90) ผลการลดเม็ดสีจึงไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ประสิทธิภาพในการลด Downtime: การที่สะเก็ดแผลหลุดลอกเร็วขึ้นอย่างเด่นชัดตอกย้ำคุณสมบัติของใบบัวบกในด้าน การสมานแผล (Wound healing) ซึ่งเข้าไปช่วยเร่งการแบ่งตัวของเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (Fibroblast proliferation) และเพิ่มการสังเคราะห์คอลลาเจน ทำให้ผิวหนังชั้นใหม่ฟื้นตัวขึ้นมาทดแทนและดันสะเก็ดให้หลุดออกได้เร็วขึ้น ช่วยลดระยะเวลาพักฟื้นผิวได้อย่างมีนัยสำคัญเชิงคลินิก

ความชุ่มชื้นและความยืดหยุ่นที่ไม่แตกต่าง: เกิดจากตัวเบสครีม (Base cream) ของโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศรที่ใช้เป็นครีมหลอก มีคุณสมบัติเป็นมอยส์เจอไรเซอร์ที่ดีในการกักเก็บความชุ่มชื้นและเอื้อต่อการฟื้นฟูผิวตามธรรมชาติอยู่แล้ว ส่งผลให้ผลลัพธ์ของทั้งสองฝั่งพัฒนาขึ้นในระดับที่ใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยสรุปได้ว่าครีมใบบัวบก (*Centella asiatica*) ชนิดทาภายนอก โดยรวมไม่พบความแตกต่างในการป้องกันการเกิดภาวะรอยดำหลังการอักเสบ เมื่อเทียบกับครีมหลอก แต่อาจมีผลช่วยลดค่าดชันีเมลานินในระยะสั้นจากการประเมินด้วยเครื่อง งAntera3D ที่30 วัน หลังการทำเลเซอร์ อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวไม่คงอยู่ถึงวันที่ 90 และไม่พบความสอดคล้องกับการประเมินด้วย Mexameterหรือการประเมินทางคลินิกโดยแพทย์

นอกจากนี้ ครีมใบบัวบกยังช่วยเร่งการหลุดลอกของสะเก็ดแผลได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งแสดงถึงการสมานแผลที่ดีขึ้นและช่วยลดระยะเวลาการพักฟื้นของผิว (Downtime) ข้อค้นพบเหล่านี้สนับสนุนการใช้ครีมใบบัวบกเป็นสารบำรุงผิวเสริมภายหลังการทำเลเซอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดภาวะรอยดำหลังการอักเสบ

ทั้งนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตโดยขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น และเพิ่มระยะเวลาในการติดตามผลให้ยาวนานขึ้น เพื่อยืนยันข้อค้นพบดังกล่าว รวมถึงการศึกษาแนวทางการรักษาแบบผสมผสานเพื่อประสิทธิภาพในการควบคุมเม็ดสีในระยะยาวต่อไป

ข้อจำกัดการวิจัย

ประการแรกจำนวนกลุ่มตัวอย่างมีขนาดค่อนข้างเล็ก ซึ่งอาจส่งผลต่ออำนาจการทดสอบทางสถิติ (Statistical power) ในการตรวจพบความแตกต่างที่เล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วงระยะเวลาการติดตามผลท้ายๆ เนื่องจากงานวิจัยอ้างอิงที่นำมาใช้ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง (n) เป็นการศึกษาที่ใช้เลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์แบบแบ่งส่วนโดยเทียบครีมใบบัวบก กับน้ำกลั่น ซึ่งมีความแตกต่างชัดเจนในผลิตภัณฑ์ส่งผลให้สัดส่วนความแตกต่างของภาวะ PIH ระหว่างกลุ่มสารออกฤทธิ์และกลุ่มยาหลอกในงานวิจัยดังกล่าวมีค่าสูงกว่าผลการศึกษานี้ จึงอาจส่งผลให้กำลังทางสถิติ (Statistical power) ไม่เพียงพอที่จะประเมินหรือสร้างความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของประสิทธิภาพครีมใบบัวบกในการต้านการอักเสบเพื่อลดความเสี่ยงภาวะ PIH

ประการที่สอง ระยะเวลาในการติดตามผลจำกัดอยู่ที่ 90 วัน ซึ่งอาจไม่สามารถครอบคลุมกระบวนการหายของภาวะรอยดำหลังการอักเสบ (PIH) ในระยะยาวได้อย่างครบถ้วน

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างและระยะเวลา: ควรทำการศึกษาในกลุ่มประชากรที่ใหญ่ขึ้นเพื่อเพิ่มอำนาจทดสอบทางสถิติ และขยายระยะเวลาติดตามผลให้มากกว่า 90 วัน เพื่อประเมินผลลัพธ์และความปลอดภัยในระยะยาวอย่างรอบด้าน

ศึกษาความเข้มข้นที่หลากหลาย: ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของครีมใบบัวบกในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (เช่น สูงกว่าร้อยละ 7) เพื่อค้นหาจุดรับปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการออกฤทธิ์ทางคลินิก

การรักษาแบบผสมผสาน (Combination Therapy): ควรศึกษาแนวทางการใช้ครีมใบบัวบกร่วมกับสารไวท์เทนนิ่งมาตรฐาน (เช่น Hydroquinone หรือ Tranexamic acid) เพื่อผสมผสานฤทธิ์การสมานแผลลดการอักเสบในระยะแรก ควบคู่ไปกับการควบคุมเม็ดสีอย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

1. Omi T, Numano K. The role of the CO2 laser and fractional CO2 laser in dermatology. Laser Ther. 2014 Mar 27;23(1):49-60.
2. Bin Dakhil A, Shadid A, Altalhab S. Post-inflammatory hyperpigmentation after carbon dioxide laser: review of prevention and risk factors. Dermatol Reports. 2023 May 19;15(4):9703.
3. Bylka W, Znajdek-Awiżeń P, Studzińska-Sroka E, Brzezińska M. Centella asiatica in cosmetology. Postepy Dermatol Alergol. 2013 Feb;30(1):46–9.
4. Witkowska K, Paczkowska-Walendowska M, Garbiec E, Cielecka-Piontek J. Topical application of *Centella asiatica* in wound healing: recent insights into mechanisms and clinical efficacy. Pharmaceutics. 2024 Sep 26;16(10):1252. doi: 10.3390/pharmaceutics16101252.
5. Plastic Surgery Key. Cheek [Internet]. 2015 [cited 2025 Jul 18]. Available from: https://plasticsurgerykey.com/cheek/
6. Tannous Z. Fractional resurfacing. Clin Dermatol. 2007 Sep–Oct;25(5):480–6.
7. Yumeen S, Khan T. Laser carbon dioxide resurfacing. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2021 Aug 14 [cited 2025 Jul 18]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560544/
8. Memorial Sloan Kettering Cancer Center. Skin care before and after fractionated carbon dioxide laser treatment [Internet]. New York (NY): MSKCC; 2025 Aug 26 [cited 2025 Aug 30]. Available from: https://www.mskcc.org/cancer-care/patient-education/skin-care-after-fractionated-carbon-dioxide-laser-treatment
9. Czarnowicki T, Malajian D, Khattri S, Da Rosa JC, Dutt R, Finney R, et al. Petrolatum: Barrier repair and antimicrobial responses underlying this “inert” moisturizer. J Allergy Clin Immunol. 2016;138(3):550–8.e1.
10. Ramsdell WM. Fractional CO2 laser resurfacing complications. Semin Plast Surg. 2012 Aug;26(3):137-40.
11. Kaufman BP, Aman T, Alexis AF. Postinflammatory hyperpigmentation: epidemiology, clinical presentation, pathogenesis and treatment. Am J Clin Dermatol. 2018 Aug;19(4):489-503.
12. Sarkar R, Kaur C, Bhalla M, Kanwar AJ. Glycolic acid peels for postinflammatory hyperpigmentation in black patients. Dermatol Surg. 1997;23(7):601–4.

13. Bansal K, Bhati H, Bajpai M. Recent insights into therapeutic potential and nanostructured carrier systems of Centella asiatica: An evidence-based review. Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine. 2024 Mar 1;10:100403.
14. Kang MS, Park KC, Nam SM. A split-face study of moisturizer containing Centella asiatica extract after ablative fractional carbon dioxide laser resurfacing. Arch Aesthetic Plast Surg. 2021;27(2):56–60.
15. Chang YC, Croix J, Hernandez S, Chapas A. A Comparative Split-Face Trial of Plant-Based Hypoallergenic Ointment vs Petroleum-Based Ointment Following Fractionated Carbon Dioxide Laser Resurfacing of the Face. J Drugs Dermatol. 2018 Nov 1;17(11):1178-1182. PMID: 30500136.
16. Saeidinia A, Keihanian F, Lashkari AP, Lahiji HG, Mobayyen M, Heidarzade A, et al. Partial-thickness burn wounds healing by topical treatment: a randomized controlled comparison between silver sulfadiazine and centiderm. Medicine (Baltimore). 2019;98(10):e14747.
17. Jenwitheesuk K, Rojsanga P, Chowchuen B, Surakunprapha P. A prospective randomized, controlled, double-blind trial of the efficacy using Centella cream for scar improvement. Evid Based Complement Alternat Med. 2018 Sep 17;2018:9525624.
18. Damkerngsuntorn W, Rerknimitr P, Panchaprateep R, Tangkijngamvong N, Tangheungsakul S, Pattanaprichakul P, et al. The Effects of a Standardized Extract of *Centella asiatica* on Postlaser Resurfacing Wound Healing on the Face: A Split-Face, Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial. J Altern Complement Med. 2020 Jun;26(6):529-536. doi: 10.1089/acm.2019.0325.
19. Rosner B. Fundamentals of Biostatistics. 7th ed. Boston (MA): Brooks/Cole; 2011.
20. Abhaithaiherbs.com. Centella cream Abhaibhubejhr [Internet]. Prachin Buri: Chao Phya Abhaibhubejhr Hospital Foundation; [cited 2025 Jul 19]. Available from: https://www.abhaithaiherbs.com/product/ครีม-บัวบก-อภัยภูเบศร/11000704201000209
21. Canfield Scientific Inc. VISIA® 7th generation skin imaging system [software]. Voorhees (NJ): Canfield Scientific; 2025.
22. Miravex Ltd. Antera 3D® skin imaging system [software]. Dublin: Miravex; 2025.
23. Courage + Khazaka Electronic GmbH. Mexameter® MX 18 – skin melanin analysis system [Internet]. Cologne: Courage + Khazaka; [cited 2025 Jul 18]. Available from:

https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/occupational-health/occupational-health/169-mexameter-e

24. Courage + Khazaka Electronic GmbH. Corneometer® CM 825 – Skin Hydration Measurement [Internet]. Cologne: Courage + Khazaka; [cited 2025 Jul 18]. Available from: https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/corneometer-cm-825
25. Courage + Khazaka Electronic GmbH. Cutometer® Dual MPA 580 – Skin Elasticity Measurement [Internet]. Cologne: Courage + Khazaka; [cited 2025 Jul 18]. Available from: https://www.courage-khazaka.com/en/scientific-products/cutometer-dual-mpa-580
26. IDS Ltd. SMAXEL – fractional CO2 laser [Internet]. Gyeonggi-do: IDS Lasers; [cited 2025 Jul 18]. Available from: https://www.idslasers.com/smaxel

ค่าระดับจุดตัดที่สำคัญของการทดสอบแรงบีบมือในการคัดกรองภาวะความรู้คิดบกพร่องเล็กน้อย

THE CRITICAL VALUE CUT-OFF LEVEL OF THE HANDGRIP STRENGTH TEST FOR SCREENING THE MILD COGNITIVE IMPAIRMENT: A PILOT CROSS-SECTIONAL STUDY IN THAIS

ศุภัสรา มุทานนท์*

SUPASSARA MUTANON

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130325@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Thunnawat Wattanaseth, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบีบมือกับภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มต้น และหาค่าระดับจุดตัดที่สำคัญที่เหมาะสมสำหรับการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มต้นในผู้สูงอายุไทย การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบเชิงภาคตัดขวาง โดยทำการศึกษาใน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุไทยอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 174 คน แบ่งเป็นกลุ่มสมองเสื่อมระยะเริ่มต้น 87 คน และกลุ่มไม่มีภาวะ สมองเสื่อมระยะเริ่มต้น 87 คน ประเมินการรู้คิดด้วย MoCA-Thai และวัดแรงบีบมือด้วยเครื่องวัดแรงบีบมือแบบดิจิทัล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา Spearman correlation, binary logistic regression, ROC curve analysis และ relative risk พบว่าแรงบีบมือสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนน MoCA-Thai ทั้งในเพศชายและเพศหญิง และยังเป็นตัวทำนายภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มต้น อย่างมีนัยสำคัญหลังปรับปัจจัยกวน ค่าระดับจุดตัดที่เหมาะสมคือ 24.7 กิโลกรัมในเพศชาย และ 18.3 กิโลกรัมในเพศหญิง โดยมีความไวและความจำเพาะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบนำร่องเชิงภาคตัดขวาง (pilot cross-sectional study) ในผู้สูงอายุไทย จำนวน 174 คน ผลการวิเคราะห์ ROC พบว่าการทดสอบแรงบีบมือมีความสามารถในการจำแนกผู้ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความรู้คิดบกพร่องเล็กน้อย โดยมีค่า AUC เท่ากับ 0.721 (95% CI: 0.574–0.869) ในเพศชาย และ 0.787 (95% CI: 0.708–0.867) ในเพศหญิง ผู้ที่มีแรงบีบมือต่ำกว่าค่า cut-off มีความเสี่ยงต่อ MCI สูงกว่ากลุ่มแรงบีบมือสูงประมาณ 2.25 เท่า ผลการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดกรองความเสี่ยงต่อภาวะการรู้คิดบกพร่องเล็กน้อยในผู้สูงอายุไทยได้ โดยการวัดแรงบีบมือเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน ไม่รุกรานร่างกาย และไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ซับซ้อนมากนัก จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นส่วนหนึ่งของการประเมินสุขภาพผู้สูงอายุในคลินิกผู้สูงอายุ แผนกผู้ป่วยนอก และหน่วยบริการปฐมภูมิ ค่าจุดตัดของแรงบีบมือที่ได้จากการศึกษานี้อาจใช้เป็นเกณฑ์เบื้องต้นในการระบุผู้สูงอายุที่ควรได้รับการประเมินด้านการรู้คิดเพิ่มเติม หากผู้สูงอายุมีค่าแรงบีบมือต่ำกว่าค่าที่กำหนด บุคลากรทางการแพทย์อาจพิจารณาส่งต่อเพื่อทำแบบประเมิน MoCA-Thai หรือการประเมินทางคลินิกเพิ่มเติมตามความเหมาะสม นอกจากนี้ การประเมินแรงบีบมือยังสามารถช่วยกระตุ้นให้มีการดูแลปัจจัยเสี่ยงที่ปรับเปลี่ยนได้ เช่น การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การประเมินภาวะโภชนาการ และการควบคุมโรคประจำตัวอย่างเหมาะสม การนำผลการศึกษานี้ไปใช้จึงอาจช่วยสนับสนุนการตรวจพบความเสี่ยงด้านการรู้คิดได้เร็วขึ้น และส่งเสริมการดูแลผู้สูงอายุเชิงป้องกันในบริบทของประเทศไทย

คำสำคัญ: ภาวะความรู้คิดบกพร่องเล็กน้อย, แรงบีบมือ, ผู้สูงอายุ, การคัดกรอง, คนไทย

Abstract

This study aimed to examine the relationship between handgrip strength and Mild Cognitive Impairment, and to identify suitable handgrip strength cut-off values for screening Mild Cognitive Impairment among older Thai adults. A cross-sectional study was conducted among one hundred and seventy-four Thai older adults aged sixty years and above. Participants were divided equally into Mild Cognitive Impairment and non-Mild Cognitive Impairment groups. Cognitive function was assessed using the MoCA-Thai, and handgrip strength was measured using a digital handgrip dynamometer. Data were analyzed using descriptive statistics, Spearman correlation, binary logistic regression, receiver operating characteristic curve analysis, and relative risk. This pilot cross-sectional study enrolled 174 Thai older adults. ROC analysis demonstrated an AUC of 0.721 (95% CI 0.574–0.869) in males and 0.787 (95% CI 0.708–0.867) in females. Handgrip strength was positively associated with MoCA-Thai scores and was a significant predictor of Mild Cognitive Impairment after adjusting for confounding factors. The optimal cut-off values were twenty-four point seven kilograms for males and eighteen point three kilograms for females. Participants with handgrip strength below these values had about two point two five times higher risk of Mild Cognitive Impairment. Handgrip strength measurement may be used as a simple, quick, and non-invasive screening tool for identifying older Thai adults at risk of Mild Cognitive Impairment. Those with low handgrip strength may be referred for further cognitive assessment and appropriate preventive care. These findings support HGS as an initial screening tool before formal cognitive assessment with MoCA-Thai in routine geriatric practice.

Keywords: mild cognitive impairment, handgrip strength, older adults, screening, Thai population

Introduction

Cognitive impairment is a major global public health issue, particularly among aging populations. Mild cognitive impairment (MCI), a transitional stage between normal aging and dementia such as Alzheimer's disease, is a critical predictor of future dementia, with 10–15% of cases progressing annually.[1] As Thailand rapidly ages, the burden of cognitive impairment on outpatient geriatric services is increasing. MoCA-Thai, though widely accepted, requires trained personnel, longer administration time, and may be influenced by education level. Handgrip strength (HGS) is inexpensive, objective, rapid (<5 minutes), and already recommended in geriatric assessment, making it a practical first-line screening indicator.

Traditional neuropsychological assessments for MCI are time-consuming and require specialized personnel, creating a need for accessible, rapid, and cost-effective screening tools for routine clinical and community use.

HGS has emerged as a simple, non-invasive measure of muscle strength and frailty linked to cognitive health; reduced HGS is associated with cognitive decline, dementia, and poorer cognitive performance across populations, though cut-off values vary by age, sex, ethnicity, and body composition.

Locally validated data on the HGS–MCI relationship are lacking for the Thai population. This study addresses this gap by determining the association between HGS and MCI and establishing population-specific HGS cut-off values for MCI screening in older Thai adults.

Research Questions and Objectives

1. Objective: To examine the relationship between handgrip strength and cognitive function, and to establish HGS cut-off values for MCI screening in older Thai adults.
2. Research question 1: Is there a significant association between handgrip strength and cognitive function scores in this population?
3. Research question 2: What is the optimal HGS cut-off to differentiate MCI from non-MCI after adjusting for confounders?
4. Hypothesis 1: Handgrip strength is significantly associated with cognitive function scores among older Thai adults.
5. Hypothesis 2: A specific HGS cut-off value can significantly discriminate MCI from non-MCI after adjustment for confounders.

Literature Review and Hypothesis Development

The Use of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) in the Thai Context

MCI is a transitional stage between normal cognitive aging and dementia, marked by noticeable decline in memory or other cognitive domains without substantial loss of daily independence.[2] Studies report high MCI prevalence in both rural and urban Thailand, highlighting the need for practical screening strategies.[3]

MoCA assesses executive function, visuospatial ability, memory, attention, language, abstraction, and orientation.[4] A culturally appropriate Thai version is important given Thai's tonal nature and the influence of education on testing; MoCA-Thai has been validated for local use as a cognitive endpoint.[5,6]

The Use of Handgrip Strength in Clinical Practice

HGS is simple, inexpensive, and widely used in geriatric practice to identify risk for frailty, disability, hospitalization, and mortality. AWGS 2019 defines low muscle strength as <28 kg in men and <18 kg in women, supporting sex-specific thresholds.[7]

Standardized measurement improves validity: participants are seated with shoulder adducted, elbow flexed 90°, forearm neutral, and wrist slightly extended, with repeated trials.[8] This study used the CAMRY Digital Hand Grip Dynamometer for its portability and real-time digital readings.[9,10]

The Association Between Handgrip Strength and Cognition

Multiple studies have established an association between HGS and cognitive function, particularly in older adults. Lower HGS is consistently linked to a higher risk of cognitive decline, MCI, and dementia. Longitudinal evidence also suggests that decline in HGS over time may accompany decline in cognitive function, making HGS a dynamic marker rather than a single static measure.[11]

Potential mechanisms include shared neurological pathways, cerebrovascular health, neurotrophic factors, and inflammatory or metabolic pathways. Skeletal muscle can function as an endocrine organ, releasing myokines and exercise-induced factors such as BDNF, IGF-1, IL-6, FGF21, cathepsin B, and irisin, which may modulate brain function, neuroinflammation, and synaptic plasticity.[12,13]

Confounding and Modifying Factors

The relationship between HGS and cognitive function is influenced by multiple confounding and modifying factors. Age is important because both muscle strength and cognitive ability decline with advancing age. Sex is also important because men generally demonstrate higher HGS than women, and studies suggest that the association between HGS and cognition may differ by sex.

Education is a key determinant of cognitive reserve and may influence performance on cognitive screening tests. Other factors, including BMI, physical activity, non-communicable diseases, comorbidities, and polypharmacy, may affect both muscle strength and cognition. For this reason, this study adjusted for relevant covariates in regression analysis.

Related Studies and Cut-off Values

International literature demonstrates a consistent association between HGS and cognitive function. Studies in Chinese and Korean populations have shown that stronger HGS is associated with better cognitive performance and lower odds of cognitive impairment.[14,15] A UK Biobank study also linked stronger HGS with larger hippocampal volume and lower white matter hyperintensity burden, supporting a relationship between muscular strength and brain structural integrity.[16]

A systematic review and meta-analysis reported that low HGS was associated with increased risk of cognitive decline and dementia in longitudinal cohorts. Studies in Chinese populations further identified HGS cut-off values for distinguishing MCI or Alzheimer's disease from normal cognition, but the thresholds differed by sex and age.[17,18] These findings support the need for population-specific cut-off values for Thai older adults. Previous studies have reported inconsistent HGS cut-off values because of differences in ethnicity, age structure, body composition, and MCI diagnostic criteria.[19,20] Some studies defined MCI using MoCA, others used MMSE or comprehensive neuropsychological testing. Therefore, Thailand requires its own validated HGS cut-off values based on Thai older adults.

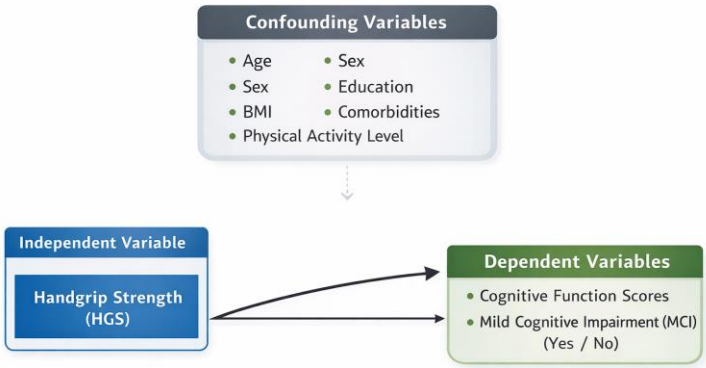


Figure 1 Conceptual framework of the relationship between handgrip strength and cognitive function.

Figure 2 The CAMRY Digital Hand Grip Dynamometer used for HGS measurement.

Research Methodology

This comparative cross-sectional study classified participants by MoCA-Thai score into low (< 25) and normal (≥ 25) groups; as no comprehensive neuropsychological assessment was performed, groups reflect cognitive screening results rather than clinically diagnosed MCI.

Participants were Thai adults aged ≥60 years attending hospital, clinic, or community settings in Bangkok. The final sample comprised 87 with MCI and 87 without, totaling 174, recruited via purposive sampling; findings should therefore be interpreted with caution regarding generalizability.

Inclusion criteria: age ≥ 60 years, classification into MCI or non-MCI group, and ability to give informed consent. Exclusion criteria: acute medical instability; recent hand/wrist/forearm injury or surgery; marked deformity; neurologic or muscular disorders; severe sensory impairment; aphasia or language barrier; severe uncontrolled psychiatric state or intoxication; terminal illness (< 3 months survival); or refusal/withdrawal of consent.

Sample size was calculated with G*Power using an odds ratio from Liu et al., converted to Cohen's d via the Chinn formula. At α = 0.05 (two-tailed) and power = 0.80, the required sample was approximately 87 per group (174 total).

HGS (kg) was measured with participants seated, dominant hand unsupported, wrist neutral, elbow flexed 90°. Each participant squeezed maximally for 3–5 seconds, three trials with 1-minute rests; the maximum value was recorded.

Analyses included descriptive statistics; Spearman correlation; binary logistic regression (HGS–MCI association adjusted for confounders); ROC curve analysis for cut-offs; and relative risk comparing low- vs. high-HGS groups. Model fit was adequate (Hosmer–Lemeshow $p > 0.05$), and all VIF values were below 5, indicating no problematic multicollinearity.

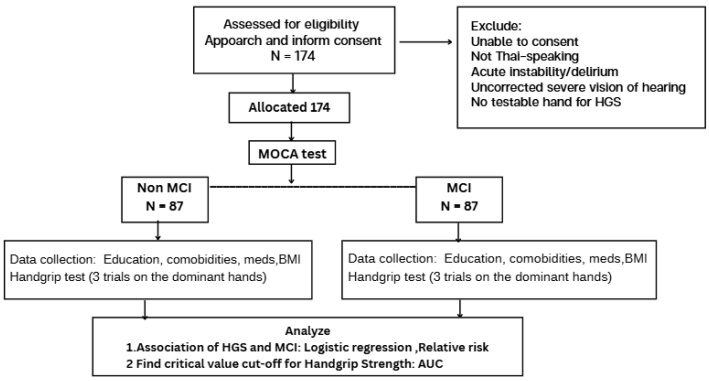


Figure 3 Flow diagram for the study design.

Results

This study enrolled 174 participants aged ≥60 years (87 with MCI, 87 without). The primary aims were to assess the HGS–MoCA-Thai association and establish sex-specific HGS cut-offs for MCI screening. No missing data occurred, so complete-case analysis was used.

Most participants were female (n = 128, 73.6%); males comprised 26.4% (n = 46). Mean age was 71.22 ± 7.92 years (males) and 71.98 ± 9.17 years (females). Males had substantially higher mean HGS than females (26.31 ± 7.17 kg vs. 19.13 ± 4.07 kg).

Table 1 Baseline characteristics of participants stratified by sex (N = 174)

Characteristic	Male (n=46)	Female (n=128)
N (%)	46 (26.4%)	128 (73.6%)
Age (years), mean ± SD	71.22 ± 7.92	71.98 ± 9.17
Education (years), mean ± SD	9.98 ± 5.91	9.89 ± 5.59
BMI (kg/m²), mean ± SD	27.23 ± 4.01	29.62 ± 5.26
Dominant HGS (kg), mean ± SD	26.31 ± 7.17	19.13 ± 4.07
HGS/BMI, mean ± SD	0.99 ± 0.32	0.66 ± 0.17
MoCA-Thai score (0–30), mean ± SD	21.96 ± 5.95	22.73 ± 6.07
Low MoCA < 25, n (%)	27 (58.7%)	62 (48.4%)
NCD (Hypertension/DM/Dyslipidemia), n (%)	38 (82.6%)	104 (81.3%)
Polypharmacy (≥5 medications), n (%)	9 (19.6%)	20 (15.6%)

Note: Data are mean ± SD or n (%). BMI = Body Mass Index; HGS = Handgrip Strength; MoCA = Montreal Cognitive Assessment; NCD = Non-Communicable Disease.

HGS was significantly and positively correlated with MoCA-Thai scores in both sexes (males: r = 0.448, p = .002; females: r = 0.567, p < .001).

Table 2 Spearman correlation coefficients between HGS and related variables, stratified

Variable	Male r	Male p	Female r	Female p
Age	−0.381**	.009	−0.527**	<.001
Education (years)	0.440**	.002	0.467**	<.001
BMI (kg/m²)	−0.172	.253	0.128	.150
MoCA-Thai	0.448**	.002	0.567**	<.001
NCD	0.089	.556	−0.290**	<.001
Polypharmacy	0.164	.278	−0.262	.003

Note: r = Spearman rank correlation coefficient; p = probability value; HGS = Handgrip Strength; BMI = Body Mass Index; MoCA = Montreal Cognitive Assessment; NCD = Non-Communicable Disease.

Binary logistic regression showed HGS was a significant independent predictor of low MoCA score (OR = 0.861, 95% CI: 0.786–0.940, p = .001); each 1 kg increase in HGS was associated with ~8.6% lower odds of MCI.

Table 3 Binary logistic regression analysis: factors associated with low MoCA-Thai score

Predictor	Odds Ratio	95% CI	p-value
HGS (kg, per 1 kg increase)	0.861	0.786–0.940	.001
Age (per year)	1.030	0.986–1.079	.171
BMI (per kg/m²)	1.308	0.961–1.122	.344
Male (vs Female)	0.152	0.047–0.485	.001
Education (per year)	0.864	0.806–0.927	<.001
NCD	0.388	0.145–1.038	.059
Polypharmacy (≥5 medications)	0.759	0.275–2.096	.594

Note: OR = Odds Ratio; CI = Confidence Interval; HGS = Handgrip Strength; BMI = Body Mass Index; NCD = Non-Communicable Disease.

ROC analysis showed acceptable discrimination for male HGS (AUC = 0.721, 95% CI: 0.574–0.869; cut-off 24.7 kg; sensitivity 63%, specificity 79%) and good discrimination for female HGS (AUC = 0.787, 95% CI: 0.708–0.867; cut-off 18.3 kg; sensitivity 69%, specificity 79%).

Table 4 ROC curve analysis and optimal cut-off values by sex: HGS versus HGS/BMI

Group	Variable	AUC	95% CI	Cut-off	Sensitivity	Specificity
Male	HGS (kg)	0.721	0.574–0.869	24.7 kg	63%	79%
Male	HGS/BMI	0.674	0.519–0.830	0.975	59%	68%
Female	HGS (kg)	0.787	0.708–0.867	18.3 kg	69%	79%
Female	HGS/BMI	0.746	0.658–0.833	0.615	67%	74%

Note: ROC = Receiver Operating Characteristic; AUC = Area Under the Curve; CI = Confidence Interval; HGS = Handgrip Strength; BMI = Body Mass Index.

MCI prevalence was 69.7% in the low-HGS group versus 31.8% in the high-HGS group. Relative risk of MCI with low HGS was 2.249 (95% CI: 1.590–3.181, $p < .001$), i.e., about 2.25 times higher risk.

Table 5 Relative risk of low handgrip strength for mild cognitive impairment

HGS Group	MCI (%)	Non-MCI (%)	RR	95% CI	p-value
Low (below HGS cut-off)	62 (69.7%)	27 (30.3%)	2.249	1.590–3.181	<0.001
High (above HGS cut-off)	27 (31.8%)	58 (68.2%)	1.00 (ref)	—	—

Note: RR = Relative Risk; CI = Confidence Interval; HGS = Handgrip Strength; MCI = Mild Cognitive Impairment.

Table 6 Clinical decision table for HGS-based MCI screening in Thai older adults

Sex	Preferred Predictor	Screening Cut-off	Clinical Action if ≤ Cut-off	Sensitivity	Specificity
Male	HGS (kg) or HGS/BMI	≤ 24.7 kg or ≤ 0.975	Administer MoCA-Thai; assess risk factors; plan follow-up	63%	79%
Female	HGS (kg) or HGS/BMI	≤ 18.3 kg or ≤ 0.615	Administer MoCA-Thai; assess risk factors; plan follow-up	67%	74%

Note: HGS = Handgrip Strength; BMI = Body Mass Index; MoCA-Thai = Montreal Cognitive Assessment Thai version; MCI = Mild Cognitive Impairment.

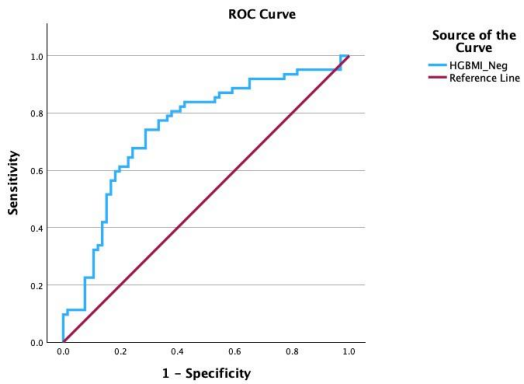


Figure 4 ROC curve analysis for HGS/BMI.

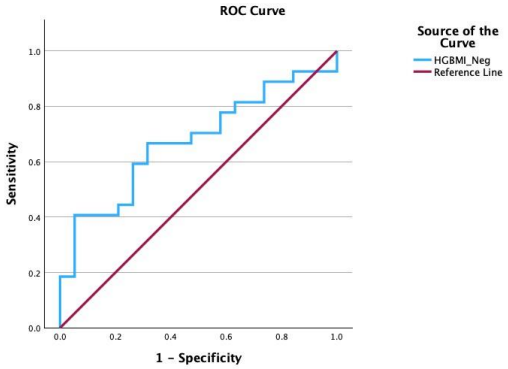


Figure 5 ROC curve analysis for HGS by sex.

Discussion

The correlation analysis demonstrated a statistically significant positive association between HGS and MoCA-Thai scores in both males and females. The association was stronger in females, suggesting that HGS may be a particularly sensitive indicator of cognitive performance in older Thai women. This finding supports existing literature showing that muscle strength is linked to cognitive health which suggest that HGS may serve as a practical screening indicator; however, causal relationships between muscle strength and cognitive function cannot be inferred because of the cross-sectional study design.

After adjusting for age, sex, BMI, educational attainment, NCD status, and polypharmacy, HGS remained an independent predictor of low MoCA score. The odds ratio of 0.861 indicates that each 1 kg increase in HGS was associated with an 8.6% reduction in the odds of having a low MoCA score. Educational attainment also emerged as a significant protective factor, supporting the concept of cognitive reserve.

This study established sex-specific HGS cut-off values of 24.7 kg for males and 18.3 kg for females for identifying MCI risk in older Thai adults. These values are clinically useful because they translate statistical findings into a practical screening threshold for outpatient departments, geriatric clinics, and community health settings. The male threshold in this study is lower than the AWGS 2019 sarcopenia threshold of <28 kg, while the female threshold is close to the AWGS threshold of <18 kg. This suggests that thresholds for cognitive screening may differ from thresholds used for sarcopenia diagnosis, especially in men. Therefore, cognitive screening cut-offs should not automatically be assumed to be the same as sarcopenia cut-offs.

Our proposed cut-off values differ from those reported in Chinese and Korean populations. These differences are expected because handgrip strength is influenced by

ethnicity, body composition, nutritional status, lifestyle, and the cognitive assessment criteria used in each study. Therefore, population-specific cut-off values remain important for clinical screening. The observed AUC values indicate acceptable diagnostic accuracy in males and good diagnostic accuracy in females. However, HGS alone should not be considered a definitive diagnostic tool. Instead, it may be used as an initial screening measure to identify individuals who require comprehensive cognitive assessment using validated cognitive instruments such as the MoCA-Thai.

Several limitations should be acknowledged. First, the cross-sectional design precludes causal inference. Several biological mechanisms may explain this association. Reduced muscle strength may reflect age-related neurodegeneration, chronic inflammation, vascular dysfunction, mitochondrial impairment, and reduced secretion of exercise-induced myokines such as BDNF and IGF-1, which are involved in synaptic plasticity, neurogenesis, and cognitive function. Nevertheless, the present cross-sectional design cannot determine whether reduced muscle strength precedes cognitive decline or occurs concurrently with it. Second, purposive sampling from healthcare and community settings in Bangkok may limit generalizability to rural Thai populations or individuals who do not access formal healthcare services. Third, the sample was substantially skewed toward females, resulting in a relatively small male subgroup. Fourth, although participants with low cognitive performance were identified using a MoCA-Thai score below 25, the study did not exclusively restrict inclusion to individuals within the conventional MCI range of MoCA score 18-25.

Conclusion

This pilot cross-sectional study demonstrates that HGS was significantly associated with low MoCA-Thai scores in Thai older adults, even after controlling for relevant confounders. Older adults with HGS below the proposed sex-specific thresholds had approximately 2.25-fold higher prevalence of low MoCA scores in this study, underscoring the clinical utility of HGS as a rapid and accessible screening indicator.

Population-specific cut-off values of 24.7 kg for males and 18.3 kg for females were established through ROC analysis, achieving clinically acceptable sensitivity and specificity. These thresholds represent proposed sex-specific HGS cut-off values for identifying older Thai adults with low MoCA scores and should be externally validated in larger prospective studies before routine clinical implementation.

These findings support integration of HGS measurement into routine assessment of older Thai adults, with the goal of identifying individuals at elevated cognitive risk and directing them toward further evaluation with MoCA-Thai and appropriate clinical follow-up.

Recommendations and Future Research

HGS measurement should be integrated into routine geriatric health assessments at outpatient departments, geriatric clinics, and primary care settings across Thailand. The established sex-specific cut-offs, 24.7 kg for males and 18.3 kg for females, can serve as triggers for MoCA-Thai administration and comprehensive cognitive evaluation.

Individuals identified with low HGS should receive assessment of modifiable risk factors, referral for structured resistance training programs where appropriate, nutritional evaluation, optimization of chronic disease management, and regular cognitive monitoring.

Future research should use longitudinal designs to determine whether low HGS predicts incident MCI or dementia over time. Larger multicenter studies should include rural and urban populations, balance sex distribution, and examine whether interventions that improve muscle strength can reduce cognitive decline risk.

References

1. Öksüz N, Ghouri R, Taşdelen B, Uludüz D, Özge A. Mild Cognitive Impairment Progression and Alzheimer's Disease Risk: A Comprehensive Analysis of 3553 Cases over 203 Months. J Clin Med. 2024;13(2):518. doi:10.3390/jcm13020518.
2. D'Souza A-F, Hampton L, Jackson K, Adeniji T, Demirhan S, editors. Montreal Cognitive Assessment (MoCA). Physiopedia [Internet]. [cited 2025 Oct 22].
3. Griffiths J, et al. Prevalence of mild cognitive impairment in rural Thai older adults. J Geriatr Psychiatry Neurol. 2020;33(3):150-157. doi:10.1177/0891988720911384.
4. MoCA Test. MoCA Test: For the earliest and most accurate detection of mild cognitive impairment. MoCA Cognition [Internet]. 2026 [cited 2026 Jan 27].
5. Kantithammakorn P. Using automatic speech recognition to assess Thai speech language fluency in Montreal Cognitive Assessment (MoCA) [dissertation on the Internet]. Bangkok (TH): Chulalongkorn University; 2020.
6. Hemrungrojn S, et al. Use of the Montreal Cognitive Assessment Thai version (MoCA-Thai) to discriminate amnestic mild cognitive impairment from Alzheimer's disease and healthy controls. Dement Geriatr Cogn Disord. 2021;50(2):183-192. doi:10.1159/000519641.
7. Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. J Am Med Dir Assoc. 2020;21(3):300-307.
8. Mathiowetz V, et al. Standardized protocol for hand grip strength measurement: recommendations of the American Society of Hand Therapists (ASHT). In: Fess EE, Moran C, editors. Clinical Assessment Recommendations. 3rd ed. American Society of Hand Therapists; 1992.
9. Camry. Products: Electronic Hand Dynamometer [Internet]. Zhongshan, China: Camry Electronic Co, Ltd.; [cited 2026 Jan 27].
10. Camry Scale Store. Camry Digital Hand Dynamometer - Grip Strength Measurement Meter Auto Capturing Hand Grip Power [Internet]. Camry Scale Store; [cited 2026 Jan 27].
11. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Benzeval M, Deary IJ, Dennison EM, et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. PLoS One. 2014;9(12):e113637. doi:10.1371/journal.pone.0113637.
12. Yu S, Fan Y, You B, Zhang H, Cai Z, Zhang S, Tian H. The muscle-brain axis in aging: mechanistic and clinical perspectives on resistance training and cognitive function. Biology (Basel). 2026;15(2):154. doi:10.3390/biology15020154.

13. Carata E, Destino M, Tenuzzo BA, Panzarini E. Inter-Organ Crosstalk in Neurodegenerative Disease. Life (Basel). 2025;15(10):1499. doi:10.3390/life15101499.
14. Li H, Zhang J, Cheng P, Guo L, Sui X. The relationship between hand grip strength and cognitive function in middle-aged and elderly people in China: a cross-sectional analysis based on CHARLS data. Medicine (Baltimore).
15. Jang JY, Kim J. Association between handgrip strength and cognitive impairment in elderly Koreans: a population-based cross-sectional study. J Phys Ther Sci.
16. Firth JA, Smith L, Sarris J, Vancampfort D, Schuch F, Carvalho AF, Solmi M, Yung AR, Stubbs B, Firth J. Handgrip strength is associated with hippocampal volume and white matter hyperintensities in major depression and healthy controls: a UK Biobank study.
17. Cui M, Zhang S, Liu Y, Gang X, Wang G. Grip strength and the risk of cognitive decline and dementia: a systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies. Front Aging Neurosci.
18. Su H, Sun X, Li F, Guo Q. Association between handgrip strength and cognition in a Chinese population with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. BMC Geriatr.
19. Feng W, Chen Q, Ma M, Xu J, Guo H, Yuan W, Li R, Gao H, Gu C, Ma Y, Sun Z, Tuo N, Zheng L. Sex-modified association between grip strength and mild cognitive impairment: a cross-sectional and follow-up study in rural China. BMC Geriatr.
20. Liu X, Chen J, Geng R, Wei R, Yang L. Sex- and age-specific mild cognitive impairment is associated with low hand grip strength in an older Chinese cohort. J Int Med Res

การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทย

DETERMINATION OF RESIDUAL HEXANE LEVELS IN SUNFLOWER OILS MARKETED IN THAILAND

เพ็ญพิชญา รัตนรุ่งเรืองทวี*

PHENPHICHAYA RATTANARUNGRUANGTAWEE

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130217@dpu.ac.th

พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์ และ กฤชมงคล กมลสุวรรณ****

PANSAK SUKRAROEK AND KRITMONGKHON KAMONSUWAN

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Assistant Professor Pansak Sukraroek, M.D., Advisor, Kritmongkhon Kamonsuwan, Ph.D., Co-Advisor

อีเมล: pansak@bumrungraddoctor.com, kritmongkhon.kam@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตน้ำมันทานตะวันในระดับอุตสาหกรรมมักใช้สารเฮกเซนเป็นตัวทำละลายในการสกัด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์และกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค แม้ว่าประเทศไทยจะกำหนดเพดานปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชไม่เกิน 1 mg/kg แต่ข้อมูลเชิงประจักษ์ในประเทศยังมีจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดระดับเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทย และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสหภาพยุโรป ตัวอย่างน้ำมันทานตะวันผ่านกรรมวิธีจำนวน 6 ยี่ห้อ (n = 6) ถูกรวบรวมจากซูเปอร์มาร์เก็ตในกรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์ซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง โดยใช้เทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) พร้อมใช้ *n*-heptane เป็นสารมาตรฐานภายใน กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ดีมาก (R^2 = 0.9996) ผลการศึกษาพบว่าทุกตัวอย่างมีระดับเฮกเซนตกค้างไม่ถึงระดับที่สามารถตรวจพบได้ด้วยวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ (Not detected; ND) และต่ำกว่ามาตรฐานสหภาพยุโรปอย่างชัดเจน การศึกษานี้ให้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ยืนยันความปลอดภัยของน้ำมันทานตะวันในประเทศไทยในด้านเฮกเซนตกค้าง และเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพในบริบทของวิทยาการชะลอวัยและเวชศาสตร์ฟื้นฟู

คำสำคัญ: น้ำมันทานตะวัน, เฮกเซน, ความปลอดภัย, เกณฑ์มาตรฐาน, เฮดเปซ-แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมทรี

Abstract

Industrial production of sunflower oil commonly involves the use of hexane as an extraction solvent, which may lead to residual contamination and pose potential risks to consumer safety. Although Thailand has established a maximum residue limit of 1 mg/kg for hexane in vegetable oils, empirical data in the local context remain limited. This study aimed to determine the residual hexane levels in sunflower oils marketed in Thailand and to compare them with the European Union standard. Six brands of refined sunflower oils were collected from retail supermarkets in Bangkok and analyzed in triplicate using headspace gas chromatography–mass spectrometry (HS-GC/MS), with *n*-heptane as an internal standard. The calibration curve demonstrated excellent linearity (R^2 = 0.9996). The results showed that all samples contained hexane residues below the limit of detection (Not detected; ND) and were well below the EU maximum limit. These findings confirm the safety of sunflower oils marketed in Thailand regarding hexane residues and provide valuable baseline data for health risk assessment in the context of anti-aging and regenerative medicine.

Keywords: Sunflower oil, Hexane, Safety, Maximum residue limit, Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry

บทนำ

น้ำมันพืชเป็นองค์ประกอบสำคัญของอาหารในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะน้ำมันทานตะวันที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นจากภาพลักษณ์ด้านสุขภาพและคุณค่าทางโภชนาการ อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรมมักอาศัยการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ เช่น เฮกเซน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการสกัดน้ำมัน แต่มีโอกาสทำให้เกิดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

สารเฮกเซนจัดเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีความเกี่ยวข้องกับความเป็นพิษต่อระบบประสาทเมื่อได้รับในปริมาณสูงหรือสะสมในระยะยาว อีกทั้งยังถูกจัดเป็นตัวทำละลายกลุ่ม Class 2 ตามแนวทาง ICH Q3C ซึ่งเป็นกลุ่มสารที่ควรมีการจำกัดการได้รับ เนื่องจากก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์[1,2] การจัดประเภทดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการติดตามและการเฝ้าระวังปริมาณเฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์สำหรับอาหาร เพื่อสนับสนุนการประเมินความปลอดภัยด้านพิษวิทยาและการกำกับดูแลมาตรฐานระดับสากล เช่น สหภาพยุโรป ได้กำหนดค่าขีดจำกัดสูงสุดที่ 1 mg/kg ขณะที่ประเทศไทยได้เริ่มบังคับใช้ข้อกำหนดในระดับเดียวกันเมื่อไม่นานมานี้

การได้รับเฮกเซนเป็นเวลานานสัมพันธ์กับความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral neuropathy) ซึ่งมักจะมีอาการแสดงด้วยอาการชา และการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ[3] โดยเกิดจากการสะสมของเมตาบอไลต์ 2,5-hexanedione ที่มีฤทธิ์ทำลายเส้นประสาท นอกจากนี้ยังมีรายงานผลกระทบต่อระบบการทำงานอื่น ๆ ของร่างกาย เช่น ระบบสืบพันธุ์ และการพัฒนาการของตัวอ่อนหากได้รับปริมาณสูงหรือสัมผัสเป็นเวลานาน[1] แม้ว่าปริมาณเฮกเซนตกค้างในอาหารจะอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับการสัมผัสจากการประกอบอาชีพ แต่การบริโภคอาหารเป็นประจำอย่างต่อเนื่องทำให้การเฝ้าระวังสารตกค้างในอาหารยังคงมีความสำคัญต่อการคุ้มครองสุขภาพของผู้บริโภค

แม้จะมีข้อกำหนดดังกล่าว แต่ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับระดับเฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในประเทศไทยยังมีจำกัด ช่องว่างของข้อมูลนี้มีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพและการกำหนดนโยบายด้านความปลอดภัยอาหาร

คำถามงานวิจัย

1. น้ำมันทานตะวันที่จำหน่ายในประเทศไทยมีระดับเฮกเซนตกค้างเฉลี่ยเท่าใดที่ตรวจวัดได้ด้วยวิธี HS-GC/MS ตามวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนด
2. ระดับเฮกเซนตกค้างที่ตรวจพบอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยสหภาพยุโรป (<1 mg/kg)หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจวัดระดับเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่จำหน่ายในประเทศไทยด้วยวิธี HS-GC/MS ตามวิธีการวิเคราะห์ที่กำหนด
2. เพื่อเปรียบเทียบระดับเฮกเซนตกค้างที่ตรวจพบกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยสหภาพยุโรป (<1 mg/kg)

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

กระบวนการผลิตน้ำมันพืชในระดับอุตสาหกรรมสามารถดำเนินการได้ทั้งการสกัดด้วยวิธีเชิงกลและการใช้ตัวทำละลาย โดยการใช้ตัวทำละลาย เช่น เฮกเซน เป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและให้ผลผลิตน้ำมันมากกว่าวิธีเชิงกลอย่างมีนัยสำคัญ[4,5]

เฮกเซนเป็นสารอินทรีย์ในกลุ่มไฮโดรคาร์บอนที่มีคุณสมบัติไม่ขั้วและระเหยง่าย สามารถละลายไขมันได้ดี จึงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช[1,5] อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีขั้นตอนการกำจัดตัวทำละลายและการกลั่นในกระบวนการผลิต แต่ยังมีโอกาสที่เฮกเซนบางส่วนจะตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายในระดับต่ำ[6]

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมอาหารรวมถึงน้ำมันพืชมีการพัฒนาเทคโลโลยีการสกัดทางเลือกตามแนวคิด Green Solvent Technology เพื่อลดการใช้ตัวทำละลายปิโตรเคมี เช่น เฮกเซน โดยเทคโลโลยีที่ได้รับความสนใจ เช่น การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ภาวะวิกฤตยิ่งยวด (supercritical CO_2 extraction) การสกัดด้วยเอทานอล (ethanol extraction) การใช้ตัวทำละลายกลุ่ม deep eutectic solvents และการสกัดด้วยน้ำร่วมกับเอนไซม์ (aqueous enzymatic extraction) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและลดความเสี่ยงจากสารตกค้าง[5] อย่างไรก็ตามเทคโลโลยีดังกล่าวยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุน ประสิทธิภาพการสกัด และความพร้อมในการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม ทำให้เฮกเซนยังคงเป็นตัวทำละลายที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

ตามรายงานทางพิษวิทยาของ Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ในด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพ เฮกเซน หรือ *n*-hexane มีหลักฐานว่าสามารถส่งผลต่อระบบประสาท ระบบทางเดินหายใจ และระบบสืบพันธุ์ โดยเฉพาะเมื่อได้รับในระดับสูงหรือมีการสัมผัสเป็นระยะเวลานาน[3] นอกจากนี้ European Food Safety Authority (EFSA) ได้รายงานว่าควรมีการประเมินความปลอดภัยของเฮกเซนในอาหารเพิ่มเติม เนื่องจากยังมีช่องว่างของข้อมูลทางพิษวิทยาเกี่ยวกับสารตกค้าง[7] จากความกังวลด้านความปลอดภัย หน่วยงานกำกับดูแลจึงได้กำหนดมาตรฐานควบคุมปริมาณเฮกเซนตกค้างในอาหาร โดยสหภาพยุโรปกำหนดค่าขีดจำกัดไม่เกิน 1 mg/kg[8] และประเทศไทยกำหนดมาตรฐานในระดับเดียวกันภายใต้ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 461) พ.ศ. 2568[9]

สำหรับวิธีการตรวจวิเคราะห์สารตกค้าง เทคนิค Gas Chromatography โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับ Headspace และเครื่องตรวจวัด เช่น Flame Ionization Detector (FID) หรือ Mass Spectrometry (MS) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความไวสูงและสามารถตรวจวัดสารในระดับร่องรอยได้[10-13] งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าวิธี HS-GC ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความเป็นเชิงเส้น ความเที่ยงตรง และความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้[14,15]

ในด้านหลักฐานเชิงประจักษ์ งานวิจัยในต่างประเทศพบว่าปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชมีความแปรผัน โดยบางการศึกษาพบการตกค้างในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน เช่น การศึกษาในประเทศอิหร่านที่รายงาน

ว่าตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ของสหภาพยุโรป[6] ขณะที่บางการศึกษารายงานว่าพบตัวอย่างบางส่วนมีระดับเกินเกณฑ์ โดยขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ[13]

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีข้อมูลจากต่างประเทศ แต่ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทยยังมีจำกัด ซึ่งสะท้อนถึงช่องว่างขององค์ความรู้ และความจำเป็นในการศึกษาข้อมูลเชิงประจักษ์ในบริบทของประเทศ

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสังเกตในห้องปฏิบัติการแบบภาคตัดขวาง โดยเก็บตัวอย่างน้ำมันทานตะวันผ่านกรรมวิธีจำนวน 6 ยี่ห้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตในกรุงเทพมหานคร และวิเคราะห์ซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง การวิเคราะห์ดำเนินการด้วยเทคนิค HS-GC/MS ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่แสดงดังตารางที่ 1 โดยใช้ *n*-heptane เป็นสารมาตรฐานภายใน วิธีวิเคราะห์นี้อ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Jeong และคณะ[10] โดยมีการปรับช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานให้มีความเหมาะสมกับการศึกษา กราฟมาตรฐานครอบคลุมช่วงความเข้มข้น 0–5 mg/L และมีการตรวจสอบคุณภาพด้วย QC sample ที่ความเข้มข้น 3 mg/L

ตารางที่ 1 สภาวะการวิเคราะห์ HS-GC/MS

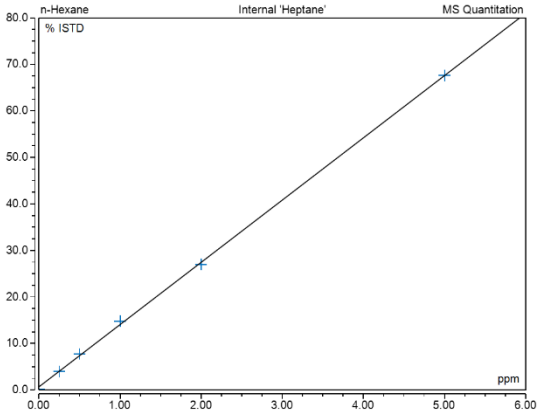
Instrument model	Thermo Scientific: Trace1310– TSQ9000 Equipped with TriPlus RSH
Column	TG-624 (30 m x 0.25 mm I.D. x 1.4 µm)
Inlet temperature	220°C
Oven settings	คงอุณหภูมิที่ 35°C เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 220°C ที่อัตรา 25°C/min
Syring temperature	120°C
Headspace oven temperature	100°C

ผลการวิจัย

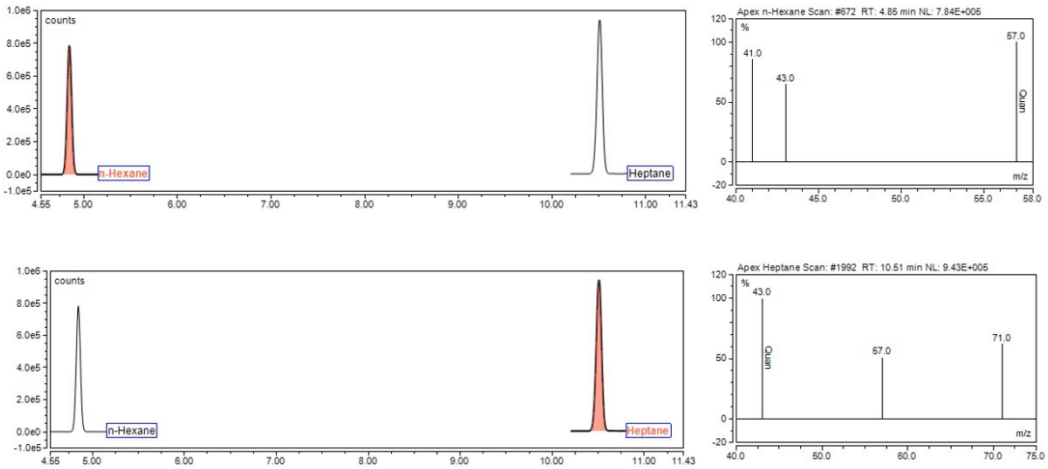
ผลการตรวจวัดพบว่าตัวอย่างน้ำมันทานตะวันทั้ง 6 ยี่ห้อให้ผลไม่ตรวจพบเฮกเซน (ND) ซึ่งหมายถึงมีระดับต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ และเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของสหภาพยุโรป (1 mg/kg) พบว่าทุกตัวอย่างอยู่ในช่วงต่ำว่ามาตรฐานกำหนดที่ปลอดภัยอย่างชัดเจน

กราฟมาตรฐาน

เมื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของ *n*-hexane (A_{hexane}) และ *n*-heptane (A_{IS}) กับความเข้มข้นของ *n*-hexane ช่วง 0-5 mg/L ได้สมการถดถอยเชิงเส้น y = 13.383x + 0.6894 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9996 ได้กราฟดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง A_{hexane} /A_{IS} กับความเข้มข้นของ *n*-hexane



ภาพที่ 2 ผลโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน *n*-hexane และ *n*-heptane ที่วิเคราะห์ด้วย HS-GC/MS

ภาพที่ 2 แสดงผลโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน *n*-hexane และ *n*-heptane ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา โดยสามารถแยกพีคของสารทั้งสองชนิดได้อย่างชัดเจน แสดงถึงความจำเพาะที่เหมาสมของวิธีวิเคราะห์

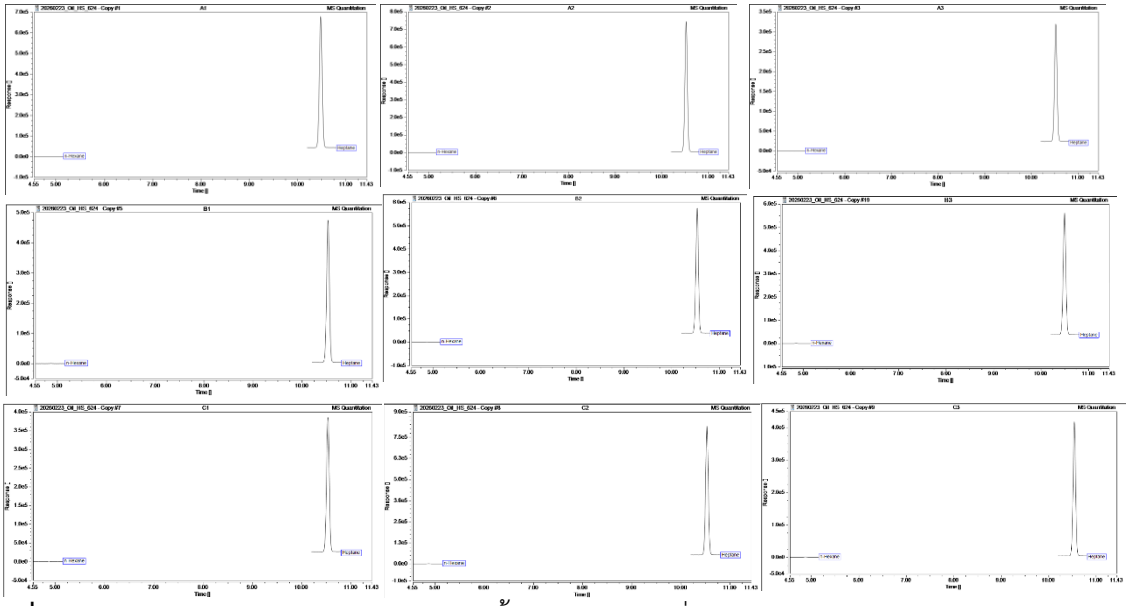
ผลการตรวจวัดปริมาณเฮกเซนในน้ำมันทานตะวัน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันทานตะวันผ่านกรรมวิธีทั้ง 6 ยี่ห้อ แสดงค่าอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของ *n*-hexane (A_{hexane}) และ *n*-heptane (A_{IS}) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของน้ำมันทานตะวันจำนวน 6 ตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟ (ร้อยละ)			Mean±SD
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	
A	ND*	ND*	ND*	-
B	0.11	0.15	0.20	0.15±0.05
C	0.20	0.17	0.20	0.19±0.02
D	0.09	0.09	0.13	0.10±0.02
E	0.11	0.11	0.10	0.11±0.01
F	0.15	0.18	0.18	0.17±0.02

หมายเหตุ * คือ Not detected; ND



ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลโครมาโทแกรมของตัวอย่างน้ำมันทานตะวันที่วิเคราะห์ด้วย HS-GC/MS

ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างผลโครมาโทแกรมของตัวอย่างน้ำมันทานตะวันที่วิเคราะห์ด้วย HS-GC/MS โดยตรวจพบสัญญานของ *n*-hexane ในระดับต่ำ เมื่อนำค่าอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟไปคำนวณตามสมการกราฟมาตรฐาน พบว่าค่าความเข้มข้นของเฮกเซนที่คำนวณได้ให้ผลติดลบในทุกตัวอย่าง จึงไม่สามารถรายงานเป็นปริมาณเฮกเซนที่ตรวจวัดได้ และรายงานผลเป็น ND ดังแสดงในตารางที่ 3 ทั้งนี้ตัวอย่างทั้งหมดมีผลการตรวจวัดอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของสหภาพยุโรป (1 mg/kg)

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดปริมาณเฮกเซนในน้ำมันทานตะวันที่จำหน่ายในประเทศไทยจำนวน 6 ตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	ปริมาณเฮกเซน (mg/kg)			ผลการตรวจวัด	เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3		EU
A	ND*	ND*	ND*	ND (<LOD)	ต่ำว่ามาตรฐาน
B	ND*	ND*	ND*	ND (<LOD)	ต่ำว่ามาตรฐาน
C	ND*	ND*	ND*	ND (<LOD)	ต่ำว่ามาตรฐาน
D	ND*	ND*	ND*	ND (<LOD)	ต่ำว่ามาตรฐาน
E	ND*	ND*	ND*	ND (<LOD)	ต่ำว่ามาตรฐาน
F	ND*	ND*	ND*	ND (<LOD)	ต่ำว่ามาตรฐาน

หมายเหตุ * คือ Not detected; ND

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำมันทานตะวันผ่านกรรมวิธีจำนวน 6 ยี่ห้อจากซูเปอร์มาร์เก็ตในกรุงเทพมหานคร โดยจากการสำรวจผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในช่องทางค้าปลีกหลักในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา พบว่าน้ำมันทานตะวันวางจำหน่ายประมาณ 7 ยี่ห้อ ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาจึงครอบคลุมผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ณ ขณะนั้น ผลการศึกษาจึงสามารถสะท้อนสถานการณ์เฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์น้ำมันทานตะวันที่ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้

ผลการศึกษานี้ไม่ตรวจพบเฮกเซนตกค้างในตัวอย่างน้ำมันทานตะวันทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตน้ำมันพืชเชิงอุตสาหกรรมสามารถกำจัดตัวทำละลายออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดโดยสหภาพยุโรปและกฎหมายของประเทศไทย ซึ่งกำหนดเพดานเฮกเซนตกค้างไม่เกิน 1 mg/kg[8,9] ผลลัพธ์ดังกล่าวสนับสนุนว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทยผ่านการกลั่นอย่างเหมาะสมมีความปลอดภัยในแง่ของสารตกค้าง อย่างไรก็ตาม การแปลผลไม่ตรวจพบ (ND) ควรพิจารณาภายใต้ข้อจำกัดของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้ เนื่องจากการศึกษานี้อ้างอิงวิธีวิเคราะห์จากงานวิจัยของ Jeong และคณะ ซึ่งรายงานค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD) และค่าขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 0.16 mg/L และ 0.47 mg/L ตามลำดับ แต่ไม่ได้ดำเนินการทวนสอบค่าดังกล่าวในห้องปฏิบัติการจากข้อมูลการศึกษาจริง ดังนั้นผลการรายงานว่าไม่ตรวจพบเฮกเซนตกค้าง หมายความว่าเป็นระดับที่ต่ำกว่าค่า LOD ของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้

นอกจากนี้ผลการศึกษายังสอดคล้องกับแนวโน้มจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่ากระบวนการกลั่นน้ำมันพืชมีบทบาทสำคัญในการลดปริมาณตัวทำละลายตกค้างจากการบวนการสกัด โดยเฉพาะขั้นตอนที่ใช้ความร้อนและสูญญากาศ สามารถช่วยเร่งการระเหยของสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น เฮกเซน ดังนั้นผลตรวจไม่พบเฮกเซนในตัวอย่างน้ำมันทานตะวันที่ศึกษาอาจเป็นผลจากประสิทธิภาพของกระบวนการกลั่นและมาตรฐานการควบคุมการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งช่วยให้ปริมาณตัวทำละลายตกค้างอยู่ในระดับต่ำมากก่อนถึงผู้บริโภค

ในอีกมิติหนึ่งการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลายเฮกเซน แม้จะมีประสิทธิภาพสูงในเชิงอุตสาหกรรม แต่มีรายงานว่าสามารถส่งผลต่อองค์ประกอบของสารสำคัญในน้ำมัน โดยเฉพาะสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โทโคฟีรอล และสารพฤกษเคมีอื่น ๆ ซึ่งอาจลดลงจากผลของความร้อนและกระบวนการแปรรูป เมื่อเทียบกับน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีบีบอัดเย็นที่มีการแปรรูปน้อยกว่า[16,17] อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ไม่พบเฮกเซนตกค้างในระดับที่ตรวจวัดได้ แต่กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายและความร้อนยังคงส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมันในด้านอื่น โดยเฉพาะองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ งานวิจัยก่อนหน้านี้รายงานว่าน้ำมันที่ผ่านกระบวนการสกัดด้วยเฮกเซนอาจมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โทโคฟีรอล และสารพฤกษเคมีลดลง เมื่อเทียบกับน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีบีบอัดเย็น ซึ่งสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการได้ดีกว่า[16] ดังนั้น ในกรอบแนวคิดของเวชศาสตร์ชะลอวัยและการดูแลสุขภาพแบบองค์รวม การเลือกบริโภคน้ำมันพืชไม่ควรพิจารณาเฉพาะความปลอดภัยจากสารตกค้างเท่านั้น แต่ควรคำนึงถึงคุณภาพเชิงชีวภาพของน้ำมัน เช่น ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และผลต่อกระบวนการเสื่อมของร่างกายในระยะยาวร่วมด้วย

นอกจากนี้ การได้รับเฮกเซนของมนุษย์ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการบริโภคอาหารเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการสูดดมจากสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศจากแหล่งอุตสาหกรรมและการสันดาปเชื้อเพลิงซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสารไฮโดรคาร์บอนระเหยง่าย[3] รวมถึงเฮกเซน ข้อมูลทางพิษวิทยาระบุว่าการได้รับเฮกเซนส่วนใหญ่เกิดจากการสูดดม และมีความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเข้มข้น ระยะเวลาการสัมผัส และความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะต่อระบบประสาท ทั้งนี้ มีรายงานว่าการสัมผัสเฮกเซนใน

ระดับสูงมากกว่า 500 ppm เป็นระยะเวลานาน สามารถก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบประสาทส่วนปลายได้[3] แม้ว่าหลักฐานดังกล่าวจะมาจากการศึกษาในบริบทอาชีวอนามัยเป็นหลัก แต่ก็สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการประเมินการสัมผัสสารเคมีจากหลายแหล่งร่วมกัน

ดังนั้น แม้ว่าผลการศึกษานี้จะแสดงให้เห็นว่าน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทยมีความปลอดภัยในแง่ของเฮกเซนตกค้าง แต่การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพควรพิจารณาร่วมกับการสัมผัสจากสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดด้านการป้องกันโรคและการส่งเสริมสุขภาพในระยะยาว

ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ

1. แม้ว่าการศึกษาจะครอบคลุมผลิตภัณฑ์น้ำมันทานตะวันที่วางหน่ายในประเทศไทยจำนวน 7 ยี่ห้อที่สำรวจในช่องทางค้าปลีกหลักในช่วงเวลาที่ศึกษา แต่การเก็บตัวอย่างดำเนินการในช่วงเวลาเดียว จึงอาจไม่สะท้อนความแปรปรวนของแต่ละรุ่นการผลิต และความแตกต่างตามช่วงเวลาได้ทั้งหมด

2. การศึกษานี้ดำเนินการด้วยเทคนิค HS-GC/MS และมีการตรวจสอบคุณภาพด้วย QC sample รวมทั้งพบความเป็นเชิงเส้นของกราฟมาตรฐานในระดับดีมาก (R^2=0.9996) แต่ยังไม่ได้ดำเนินทวนสอบวิธีวิเคราะห์อย่างครบถ้วนในห้องปฏิบัติการของการศึกษานี้ เช่น การประเมินความถูกต้อง (accuracy) ความแม่นยำ (precision) ร้อยละการกลับคืน (recovery) รวมถึงค่า LOD และ LOQ

3. การศึกษานี้มุ่งเน่นการตรวจวัดเฉพาะ n-hexane ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเฮกเซน โดยไม่ได้ครอบคลุมสารไฮโดรคาร์บอนชนิดอื่นที่อาจพบร่วมกันในตัวทำละลาย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค HS-GC/MS ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันจำนวน 6 ยี่ห้อ ผลการศึกษาพบว่าทุกตัวอย่างมีระดับเฮกเซนตกค้างต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธี (ND) เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับมาตรฐานที่กำหนดโดยสหภาพยุโรปและกฎหมายของประเทศไทย ซึ่งกำหนดปริมาณเฮกเซนตกค้างไม่เกิน 1 mg/kg พบว่าตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยอย่างชัดเจน ผลลัพธ์นี้สะท้อนถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตน้ำมันพืชในเชิงอุตสาหกรรมที่สามารถกำจัดสารตัวทำละลายตกค้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าน้ำมันทานตะวันที่วางจำหน่ายในประเทศไทยมีความปลอดภัยในด้านเฮกเซนตกค้าง และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของผู้บริโภคในบริบทของเวชศาสตร์ชะลอวัยและการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

1. ควรขยายการศึกษาไปยังน้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีการใช้ตัวทำละลายในการสกัด เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันรำข้าว น้ำมันคาโนลา เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพรวมในผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชที่จำหน่ายในประเทศไทย
2. ควรเก็บตัวอย่างในหลายช่วงเวลา เพื่อประเมินความแปรปรวนระหว่างรุ่นการผลิต ฤดูกาล

3. ดำเนินการทวนสอบวิธีวิเคราะห์อย่างครบถ้วน โดยครอบคลุมการประเมิน linearity, accuracy, precision, recovery ตลอดจนค่า LOD และ LOQ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการแปลผลระดับ trace
4. ควรขยายขอบเขตการเฝ้าระวังไปยังสารตกค้างชนิดอื่นที่อาจพบในกระบวนการผลิตอาหาร เพื่อประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ในมิติที่ครอบคลุมมากขึ้น
5. หากสามารถตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างเชิงปริมาณได้ ควรมีการประเมินระดับการได้รับสัมผัสของผู้บริโภค โดยการคำนวณ Estimated Daily (EDI) และเปรียบเทียบกับค่าพิษวิทยาที่เกี่ยวข้อง เพื่อสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพอย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Cravotto C, Fabiano-Tixier AS, Claux O, Abert-Vian M, Tabasso S, Cravotto G, et al. Towards Substitution of Hexane as Extraction Solvent of Food Products and Ingredients with No Regrets. Foods [Internet]. 2022 Oct 28 [cited 2025 Nov 24];11(21):3412. Available from: https://doi.org/10.3390/foods11213412
2. European Medicines Agency (EMA). ICH Q3C (R9) Residual solvents – Scientific guideline [Internet]. Amsterdam: European Medicines Agency; 2024 [cited 2026 Jul 4]. Available from: EMA ICH Q3C (R9) Residual solvents – Scientific guideline
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for N-Hexane [Internet]. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2025. [cited 2025 Oct 14]. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp113.html
4. Nehmeh M, Rodriguez-Donis I, Cavaco-Soares A, Evon P, Gerbaud V, Thiebaud-Roux S. Bio-Refinery of Oilseeds: Oil Extraction, Secondary Metabolites Separation towards Protein Meal Valorisation A Review. Processes [Internet]. 2022 Apr 24 [cited 2025 Oct 8]; 10(5):841. Available from: https://doi.org/10.3390/pr10050841
5. Cravotto C, Claux O, Bartier M, Fabiano-Tixier AS, Tabasso S. Leading edge technologies and perspectives in industrial oilseed extraction. Molecules [Internet]. 2023 Aug 9 [cited 2025 Nov 14];28(16):5973. Available from: https://doi.org/10.3390/molecules28165973
6. Yousefi M, Yousefi M, Hosseini H. Evaluation of Hexane Content in Edible Vegetable Oils Consumed in Iran. Journal of Experimental and Clinical Toxicology [Internet]. 2017 Nov 1 [cited 2025 Oct 8];1(1):27–30. Available from: https://doi.org/10.14302/issn.2641-7669.ject-17-1790
7. Authority EFS, Comandella D, Bignami M, Fürst P, Grob K, Mengelers M, et al. Technical Report on The Need for Re-Evaluation of The Safety of Hexane Used as An Extraction Solvent in The Production of Foodstuffs and Food Ingredients. EFSA Supporting Publications [Internet]. 2024 Sep 1 [cited 2025 Oct 14];21(9). Available from: https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2024.en-9001
8. European Parliament and Council. Directive 2009/32/EC on the Approximation of The Laws of The Member States on Extraction Solvents Used in The Production of Foodstuffs and Food Ingredients [Internet]. Brussels, Belgium:Office of the European Union; 2009. [cited 2025 Oct 8]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/32/oj/eng

9. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 461 พ.ศ. 2568 เรื่อง สารทำละลายที่ใช้ในการสกัดสาหรับใช้ในการผลิตอาหาร [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2568. [เข้าถึงเมื่อ 5 พฤศจิกายน 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://food.fda.moph.go.th/foodlaw/announ-moph-461/
10. Jeong EJ, Lee SH, Kim BT, Kim JY, Lee BD, Jung HJ, et al. An Analysis Method for Determining Residual Hexane in Health Functional Food Products Using Static Headspace Gas Chromato-graphy. Food Sci Biotechnol. 2017;26(2):363–8. doi:10.1007/s10068-017-0048-5
11. American Oil Chemists' Society. AOCS Official Method Ca 3b-87. Determination of Solvent Residues in Extracted Fats and Oils. 1987.
12. International Organization for Standardization (ISO). Animal and Vegetable Fats and Oils — Determination of Residual Technical Hexane Content. 2nd ed. Geneva: ISO; 2002. (ISO 9832:2002).
13. Samsuri AH, Ang MY, Ng SY. Optimization of Residual Hexane in Edible Oils Analysis Using Static Headspace Gas Chromatography. International Journal of Analytical Chemistry [Internet]. 2021 Oct 29 [cited 2026 Feb 7];2021:1–6. Available from: https://doi.org/10.1155/2021/1941336
14. Antolín EM, Quiñónez YB, Canavaciolo VG, Cruz ER. Validation of An Analytical Method for Quality Control of Residual Solvents (n-hexane and acetone) in D-002: New active ingredient from beeswax. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis [Internet]. 2008 Feb 15 [cited 2026 Apr 24];47(3):646–50. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jpba.2008.02.003
15. Oh CH, Kwon YK, Jang YM, Lee DS, Park JS. Headspace Analysis for Residual Hexane in Vegetable Oil. Food Sci Biotechnol. 2005;14(4):456–60.
16. Ramadan MF. Healthy Blends of High Linoleic Sunflower Oil with Selected Cold Pressed Oils. Food Chem. 2013;140(2):117–24.
17. Tasan M, Demirci M. Total and Individual Tocopherol Contents of Sunflower Oil at Different Steps of Refining. European Food Research and Technology [Internet]. 2004 Oct 21 [cited 2026 May 4];220(3–4):251–4. Available from: https://doi.org/10.1007/s00217-004-1045-8

ประสิทธิผลของคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ (Dual Yellow®) ต่อการรักษารอยแดงจากสิวในกลุ่มประชากรหญิงไทย

THE EFFECTIVENESS OF COPPER BROMIDE LASER (DUAL YELLOW®) ON ACNE-INDUCED MACULAR ERYTHEMA IN THAI FEMALE

เกตน์นิภา รัชตะทรัพย์*

KETNIPA RATCHATASAP

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 645159100037@dpu.ac.th

ปองศิริ คุณงาม**

PONGSIRI KUNGNAM

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Pongsiri Kungnam, M.D., Advisor

อีเมล: pongsirikoonngam.@gmail.com

บทคัดย่อ

ภาวะรอยแดงหลังสิวเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยสิว โดยเฉพาะในผู้ที่มีผิวชาวเอเชีย ซึ่งมักมีความไวต่อการอักเสบและมีโอกาสเกิดรอยแดงที่คงอยู่นานหลังการอักเสบ การรักษาที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น ยาเฉพาะที่หรือการลอกผิว มักให้ผลช้าและอาจเกิดผลข้างเคียง การรักษาด้วยเลเซอร์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะเครื่องคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ ซึ่งให้พลังงานที่ความยาวคลื่น 511 และ 578 นาโนเมตร โดยเฉพาะความยาวคลื่น 578 นาโนเมตรที่สามารถดูดซับได้ดีโดยออกซีฮีโมโกลบิน จึงอาจมีประโยชน์ในการรักษารอยแดงหลังสิว การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของเครื่องคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ในการลดรอยแดงหลังสิว และประเมินระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครต่อผลการรักษา การศึกษานี้เป็นการทดลองแบบ Split-face study โดยมีอาสาสมัครหญิงไทยจำนวน 19 คน และสามารถติดตามผลครบ 17 คน อายุ 25–35 ปี ที่มีรอยแดงหลังสิวในระดับปานกลางถึงรุนแรง อาสาสมัครแต่ละรายได้รับการรักษาด้วยเครื่องคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ที่ด้านหนึ่งของใบหน้า และอีกด้านได้รับการรักษาหลอก โดยทำการรักษาทั้งหมด 2 ครั้ง ห่างกัน 6 สัปดาห์ และติดตามผลในสัปดาห์ที่ 0, 6 และ 12 การวัดผลใช้การประเมินค่า Erythema Index (EI) ด้วยเครื่อง Mexameter® และประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครด้วยแบบสอบถามมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า ค่ารอยแดง (Erythema Index) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการรักษาในด้านที่ได้รับ Copper Bromide Laser อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุมในสัปดาห์ที่ 6 และ 12 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาสาสมัครส่วนใหญ่มีระดับความพึงพอใจต่อผลการรักษาอยู่ในระดับ "พึงพอใจ" ถึง "พึงพอใจมาก" โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 12 และไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ที่สำคัญตลอดการศึกษา โดยสรุป การรักษาด้วย Copper Bromide Laser มีแนวโน้มช่วยลดรอยแดงหลังสิวเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการรักษาในด้านที่ได้รับการรักษา และมีความปลอดภัยในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุม จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการรักษามีประสิทธิผลเหนือกว่าการรักษาหลอกภายใต้เงื่อนไขของการศึกษานี้

คำสำคัญ: คอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์, รอยแดงหลังสิว, ความพึงพอใจของอาสาสมัคร

Abstract

Post-acne erythema is a common sequela of acne, particularly in Asian skin, where increased susceptibility to inflammation often affects patients' confidence and quality of life. Conventional treatments, such as topical medications and chemical peels, generally provide gradual improvement and may cause adverse effects. Copper Bromide Laser, particularly its 578-nm wavelength, has emerged as a potential treatment because of its selective absorption by oxyhemoglobin. This study evaluated the effectiveness of Copper Bromide Laser in reducing post-acne erythema and assessed participant satisfaction. In this randomized split-face trial, 19 Thai women aged 25–35 years were enrolled, with 17 completing the 12-week follow-up. One side of each participant's face was randomly treated with Copper Bromide Laser (Norseld CuB D-10, Adelaide, Australia), while the contralateral side received sham treatment. Treatments were performed at weeks 0 and 6, with assessments at weeks 0, 6, and 12. The primary outcome was the Erythema Index (EI), measured using a Mexameter®. Participant satisfaction and adverse events were also evaluated. The laser-treated side demonstrated a statistically significant reduction in EI compared with baseline. However, no statistically significant differences were observed between the laser-treated and sham-treated sides at weeks 6 or 12. Most participants reported being satisfied or highly satisfied with the treatment, particularly at week 12, and no significant adverse events were observed throughout the study. In conclusion, Copper Bromide Laser demonstrated favorable within-treatment improvement in post-acne erythema and showed a favorable safety profile. However, because no significant differences were found between the laser-treated and sham-treated sides, its superiority over sham treatment could not be established under the conditions of this study.

Keywords: **Copper Bromide Laser, post-acne erythema, erythema index, split-face study, patient satisfaction**

บทนำ

สิวเป็นโรคผิวหนังที่พบบ่อย โดยพบได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของวัยรุ่นและสามารถคงอยู่ต่อเนื่องจนถึงวัยผู้ใหญ่ ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญหลังสิว ได้แก่ รอยแดงหลังสิว (post-acne erythema) ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของหลอดเลือดและการอักเสบที่ยังคงหลงเหลืออยู่หลังรอยโรคสิวหาย ส่งผลกระทบต่อความมั่นใจและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอย่างมาก[1,2]

ปัจจุบันยังไม่มีแนวทางการรักษามาตรฐานสำหรับรอยแดงหลังสิว การรักษาที่มีอยู่ เช่น ยาเฉพาะที่ การลอกผิว และเลเซอร์ มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาการรักษา ประสิทธิภาพ และผลข้างเคียง ทำให้ยังมีความต้องการทางเลือกการรักษาที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น

Copper Bromide Laser (Dual Yellow®) เป็น vascular laser ที่ปล่อยพลังงานที่ความยาวคลื่น 578 และ 511 นาโนเมตร โดยเฉพาะความยาวคลื่น 578 นาโนเมตร ซึ่งมีความจำเพาะต่อการดูดซับของออกซีฮีโมโกลบิน จึงสามารถออกฤทธิ์ต่อหลอดเลือดที่ผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีรายงานการนำไปใช้รักษาความผิดปกติของหลอดเลือดหลายชนิด รวมถึงมีศักยภาพในการลดรอยแดงหลังสิว[3,4] อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลทางคลินิกเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ Copper Bromide Laser ในการรักษารอยแดงหลังสิว โดยเฉพาะในประชากรไทยค่อนข้างจำกัด

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของ Copper Bromide Laser ในการลดรอยแดงหลังสิว และประเมินความพึงพอใจของผู้รับการรักษา เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการใช้เลเซอร์ชนิดนี้เป็นทางเลือกในการรักษารอยแดงหลังสิวในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ในการรักษารอยแดงจากสิว
2. เพื่อศึกษาผลข้างเคียงของการรักษารอยแดงจากสิวด้วยคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

รอยแดงหลังสิว (post-acne erythema) เป็นภาวะที่พบได้บ่อยและส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของผู้ป่วย โดยมีสาเหตุสำคัญจากความผิดปกติของหลอดเลือดในชั้นผิวหนัง การรักษาด้วยเลเซอร์ที่มีเป้าหมายต่อ oxyhemoglobin จึงได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงที่ผ่านมา การศึกษาของ Yoon และคณะในปี 2008 รายงานว่า long-pulsed 595-nm pulsed-dye laser สามารถลดค่า erythema index ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วยปรับปรุงความยืดหยุ่นของผิวหลังการรักษา[29] ขณะที่การศึกษาของ Wanittphakdeedecha และคณะ ในปี 2020 พบว่า 577-nm high-power optically pumped semiconductor laser (HOPSL) สามารถลดรอยแดงหลังสิวได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยในประชากรเอเชีย[30] ผลการศึกษาทั้งสองสนับสนุนแนวคิดว่าความยาวคลื่นในช่วงสีเหลืองมีประสิทธิภาพในการรักษารอยแดงหลังสิวผ่านกลไก selective photothermolysis ของหลอดเลือดผิวหนัง

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของ Copper Bromide Laser (Dual Yellow®) ซึ่งปล่อยพลังงานที่ความยาวคลื่น 578 นาโนเมตรและ 511 นาโนเมตร ยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะในประชากรหญิงไทย ดังนั้น การศึกษานี้จึงถูกออกแบบเป็นการทดลองแบบ split-face study ในอาสาสมัครหญิงไทยที่มีรอยแดงหลังสิวระดับปานกลางถึงรุนแรง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของ Copper Bromide Laser ในการลดรอยแดงหลังสิว รวมถึงศึกษาความปลอดภัยในการรักษาและความพึงพอใจของอาสาสมัคร โดยตั้งสมมติฐานว่า Copper Bromide Laser สามารถลดค่า Erythema Index ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการรักษา โดยไม่ก่อให้เกิดผลข้างเคียง พร้อมทั้งก่อให้เกิดความพึงพอใจในระดับสูงต่อผลการรักษา

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองทางการรักษา (Therapeutic Research) แบบ Randomized Controlled Trial ในรูปแบบ Split-face Design เพื่อประเมินประสิทธิผลของ Copper Bromide Laser (Dual Yellow®) ในการรักษารอยแดงหลังสิว โดยโครงการวิจัยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ และอาสาสมัครทุกคนลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัยก่อนเริ่มการศึกษา

การกำหนดขนาดตัวอย่างอ้างอิงจากการศึกษาของ Yoon และคณะ (2008) โดยคำนวณหาขนาดตัวอย่างของสมมติฐานค่าเฉลี่ย กำหนดให้ alpha = 0.05, power = 0.8 (beta = 0.2) ได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำ 17 ราย และเมื่อเผื่อการสูญหายจากการติดตามร้อยละ 20 จึงกำหนดขนาดตัวอย่างเป้าหมายเป็น 22 ราย อย่างไรก็ตาม สามารถรับอาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษาได้ 19 ราย และติดตามผลครบ 17 ราย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย (Inclusion criteria)

1. อาสาสมัครเพศหญิง อายุระหว่าง 25-35 ปี และมีรอยแดงจากสิวบนใบหน้า
2. อาสาสมัครต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงการรักษารอยแดงจากสิวใดๆ จากการรักษาเดิม โดย
   2.1. ยารับประทาน ต้องใช้ต่อเนื่องอย่างน้อย 3 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
   2.2. ยาทา ต้องใช้ต่อเนื่องอย่างน้อย 6 สัปดาห์ ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
   2.3. การทำหัตถการรักษารอยแดงใดๆ ต้องทำต่อเนื่องอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
3. อาสาสมัครต้องลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมการวิจัย ตามระเบียบของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ก่อนเริ่มการวิจัย
4. อาสาสมัครต้องไม่มีโรคประจำตัวที่ส่งผลต่อสิวและรอยแดงจากสิว เช่น เนื้องอกต่อมหมวกไต หรือ กลุ่มอาการถุงน้ำรังไข่หลายใบ
5. อาสาสมัครต้องไม่มีโรคประจำตัวที่ทำให้ไม่สามารถรับการรักษาด้วย Dual Yellow LASER ได้ เช่น ภาวะไวต่อแสง หรือ โรคลูปัส
6. อาสาสมัครต้องไม่ใช้ยาที่ส่งผลต่อสิวและรอยแดงจากสิว เช่น สเตียรอยด์ หรือ ฮอร์โมน

7. อาสาสมัครต้องไม่มีโรคประจำตัวที่อาจทำให้เกิดรอยดำจาก Dual Yellow LASER ได้ง่าย เช่น โรคแอดดิสัน และ โรคด่างขาว รวมถึงอาสาสมัครที่มี Fitzpatrick skin type V-VI

เกณฑ์การคัดออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. อาสาสมัครต้องการถอนตัว หรือไม่ประสงค์เข้าร่วมการวิจัยต่อ
2. อาสาสมัครไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดของงานวิจัย เช่น มีการเปลี่ยนแปลงการรักษารอยแดงจากสิว หรือไม่ได้เข้ารับการรักษาด้วยคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ในครั้งที่สอง เกินกว่าวันนัด 10 วัน
3. หลังจากการรักษาด้วยคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ พบว่าอาสาสมัครมีโรคประจำตัวที่ไม่สามารถรับการรักษาด้วยคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์ต่อได้ เช่น ภาวะไวต่อแสงหรือ โรคลูปัส
4. อาสาสมัครตั้งครรภ์
5. มีการรักษารอยแดงจากสิวเพิ่มเติมด้วยวิธีอื่น นอกเหนือจากการรักษาเดิม

อาสาสมัครเป็นเพศหญิงอายุ 25–35 ปี ที่มีรอยแดงหลังสิวบนใบหน้า รับเข้าร่วมการศึกษาจำนวน 19 คน และติดตามผลครบ 17 คน อาสาสมัครแต่ละรายได้รับการสุ่มด้วยวิธี Block Randomization เพื่อกำหนดด้านของใบหน้าที่ได้รับการรักษาด้วย Copper Bromide Laser ส่วนอีกด้านเป็นกลุ่มควบคุมที่ได้รับการรักษาหลอก (sham treatment) ด้วยการนวดหน้าด้วย stainless steel face massage ที่อุ่นที่อุณหภูมิ 40°C โดยผู้ประเมินผลไม่ทราบการจัดสรรด้านรักษา

การรักษาด้วย Copper Bromide Laser (Norseld CuB D-10, Australia; wavelength 578/511 nm) ใช้หัวสแกนขนาด 10 มิลลิเมตร ความหนาแน่นพลังงาน 8 J/cm² และ off time 400 ms ทำการรักษา 2 ครั้งในสัปดาห์ที่ 0 และ 6 โดยประเมินผลทั้งหมด 3 ครั้ง ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 6 และ 12

ตัวชี้วัดหลักได้แก่ Erythema Index (EI) วัดด้วย Mexameter® รวมถึงประเมินความพึงพอใจของอาสาสมัครและติดตามอาการไม่พึงประสงค์ตลอดการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ส่วนการเปรียบเทียบค่าระหว่างด้านรักษาและด้านควบคุม และการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวชี้วัดในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้สถิติ multilevel logistic regression โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

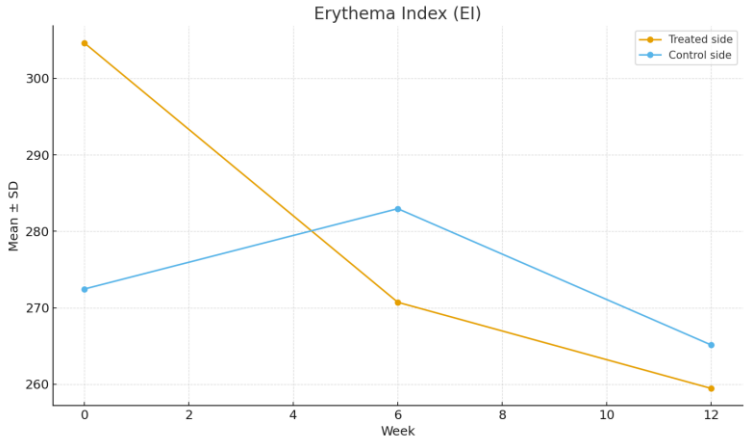
ผลการวิจัย

อาสาสมัครหญิงไทยจำนวน 19 คนเข้าร่วมการศึกษา และสามารถติดตามผลครบ 17 คนตลอดระยะเวลา 12 สัปดาห์

ก่อนเริ่มการรักษา พบว่าค่า Erythema Index (EI) ของด้านที่ได้รับการรักษาสูงกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (304.65 ± 49.99 เทียบกับ 272.45 ± 34.29, $p = 0.036$)

เมื่อเปรียบเทียบภายในด้านที่ได้รับการรักษา พบว่าค่า Erythema Index ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการรักษาทั้งในสัปดาห์ที่ 6 และ 12 ($p < 0.001$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุมในสัปดาห์ที่ 6 และ 12 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านความพึงพอใจของอาสาสมัคร พบว่าความพึงพอใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในสัปดาห์ที่ 12 อาสาสมัครร้อยละ 76.5 มีความพึงพอใจในระดับมากต่อด้านที่ได้รับการรักษา และไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ที่สำคัญตลอดระยะเวลาการศึกษา



ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Erythema Index (EI) ระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุม ในสัปดาห์ที่ 0, 6 และ 12

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของ Erythema Index (EI) ค่า p-value ค่า 95% CI เปรียบเทียบกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยคอปเปอร์โบรไมด์เลเซอร์และกลุ่มควบคุมในสัปดาห์ที่ 0, 6 และ 12

Week	Treated side ($\bar{x}$ ± SD)	Placebo side ($\bar{x}$ ± SD)	p-value (95% CI)
0 (Baseline)	304.65 ± 49.99	272.45 ± 34.29	0.036 (–62.53, –2.28)
6	270.72 ± 47.75	282.96 ± 60.21	0.516 (–49.86, 25.77)
12	259.45 ± 46.38	265.13 ± 42.04	0.711 (–38.62, 26.26)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของ Erythema Index ค่าเฉลี่ยของผลต่าง ค่า p-value และค่า 95% CI เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการรักษาในใบหน้าด้านที่ได้รับ การรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์คอปเปอร์โบรไมด์ ก่อนเริ่มการวิจัย เทียบกับสัปดาห์ที่ 6 และ 12

ตัวแปร	Week 0 ($\bar{x}$ ± SD)	Week 6 ($\bar{x}$ ± SD)	$\bar{D}$ ± SD (95% CI)	p-value	Week 12 ($\bar{x}$ ± SD)	$\bar{D}$ ± SD (95% CI)	p-value
EI	304.65 ± 49.99	270.72 ± 47.75	33.93 ± 23.12 (22.52, 45.34)	0.000	259.45 ± 46.38	45.19 ± 26.33 (32.03, 58.36)	0.000

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของ Erythema Index ค่าเฉลี่ยของผลต่าง ค่า p-value และค่า 95% CI เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการรักษาในใบหน้าด้านควบคุม ก่อนเริ่มการวิจัย เทียบกับสัปดาห์ที่ 6 และ 12

ตัวแปร	Week 0 ($\bar{x}$ ± SD)	Week 6 ($\bar{x}$ ± SD)	$\bar{D}$ ± SD (95% CI)	p-value	Week 12 ($\bar{x}$ ± SD)	$\bar{D}$ ± SD (95% CI)	p-value
EI	272.45 ± 34.29	282.96 ± 60.21	–10.51 ± 29.31 (–32.01, 11.00)	0.318	265.13 ± 42.04	7.32 ± 18.97 (–2.53, 17.17)	0.133

ตารางที่ 4 แสดงผลจากแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ

	ระดับความพึงพอใจต่อผลการรักษา	Week 6		Week 12	
		A	B	A	B
1	ไม่พึงพอใจมาก (very unsatisfied)	0	0	0	0
2	ไม่พึงพอใจ (unsatisfied)	0	0	0	0
3	เฉยๆ (neutral)	10	13	0	1
4	พึงพอใจ (satisfied)	6	4	4	6
5	พึงพอใจมาก (very satisfied)	1	0	13	10
	ความพึงพอใจโดยเฉลี่ย ($\bar{x}$ ± SD)	3.59 ± 0.62	3.24 ± 0.44	4.53 ± 0.51	4.53 ± 0.59

EI=Mexameter (Erythema index), A=Treated side of face, B=Placebo side of face

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ใบหน้าด้านที่ได้รับการรักษาด้วย Copper Bromide Laser มีค่า Erythema Index ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการรักษา อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุมในสัปดาห์ที่ 6 และ 12 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วย Copper Bromide Laser อาจช่วยลดรอยแดงหลังสิวภายในด้านที่ได้รับการรักษา แต่จากการเปรียบเทียบระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุม ยังไม่มีหลักฐานเพียงพอที่จะสรุปว่าการรักษามีประสิทธิผลเหนือกว่าการรักษาหลอกภายใต้เงื่อนไขของการศึกษานี้

นอกจากนี้ การศึกษานี้พบว่าค่า Erythema Index ก่อนการรักษาของด้านที่ได้รับการรักษาสูงกว่าด้านควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจส่งผลต่อการตีความผลการรักษา จึงควรพิจารณาประเด็นดังกล่าวร่วมกับผลการศึกษาที่ได้

การลดลงของรอยแดงหลังสิวสามารถอธิบายได้จากการดูดซับพลังงานของ oxyhemoglobin ที่ความยาวคลื่น 578 นาโนเมตร ตามหลักการ selective photothermolysis ซึ่งส่งผลให้เกิดการทำลายหลอดเลือดขนาดเล็กที่ผิดปกติและลดการคงอยู่ของรอยแดงหลังการอักเสบ กลไกดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติของ Copper Bromide Laser และรายงานการศึกษาก่อนหน้าในกลุ่ม vascular lasers
อาสาสมัครมีระดับความพึงพอใจต่อผลการรักษาเพิ่มขึ้นตลอดการติดตาม และไม่พบผลข้างเคียงที่สำคัญตลอดการศึกษา สะท้อนให้เห็นว่า Copper Bromide Laser มีความปลอดภัยและเป็นที่ยอมรับของผู้รับการรักษา

โดยสรุป ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการรักษาด้วย Copper Bromide Laser มีแนวโน้มช่วยลดรอยแดงหลังสิวเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการรักษาภายในด้านที่ได้รับการรักษา และมีความปลอดภัยในการใช้งาน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างด้านที่ได้รับการรักษาและด้านควบคุมในสัปดาห์ที่ 6 และ 12 รวมทั้งมีความไม่สมดุลของค่า Erythema Index ตั้งแต่ก่อนเริ่มการศึกษา จึงยังไม่สามารถสรุปประสิทธิผลของ Copper Bromide Laser เหนือกว่าการรักษาหลอกได้ การศึกษาในอนาคตควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และอาจพิจารณาปรับปรุงการออกแบบการศึกษาเพื่อลดความไม่สมดุลของข้อมูลตั้งแต่ก่อนเริ่มการรักษา เพื่อยืนยันประสิทธิผลของการรักษาได้อย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะ

แม้ว่าผลการศึกษาครั้งนี้จะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการรักษาด้วยเลเซอร์คอปเปอร์โบรไมด์ในการลดรอยแดงหลังสิว อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรนำมาพิจารณาในการตีความผลการศึกษา

ข้อจำกัดประการแรก คือ การศึกษานี้เป็นการศึกษาเฉพาะในกลุ่มอาสาสมัครสตรีไทยช่วงอายุ 25–35 ปี ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการนำผลการศึกษาไปอ้างอิงหรือประยุกต์ใช้กับประชากรกลุ่มอื่น เช่น เพศชาย กลุ่มอายุที่แตกต่างกัน หรือผู้ที่มีลักษณะชนิดผิวที่หลากหลายมากขึ้น ข้อจำกัดประการที่สอง คือ ระยะเวลาการติดตามผลที่จำกัดอยู่เพียง 12 สัปดาห์ ซึ่งอาจยังไม่เพียงพอในการประเมินความคงทนของผลการรักษา ข้อจำกัดประการที่สาม การประเมินผลการรักษาในงานวิจัยนี้อาศัยเครื่องมือวัดเชิงคลินิกเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนการเปลี่ยนแปลงของผิวหนังในระดับกายภาพ แต่ยังไม่ได้มีการประเมินการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์หรือชีวโมเลกุลโดยตรง

ดังนั้น การศึกษาครั้งต่อไปควรพิจารณาเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงขยายระยะเวลาการติดตามผลให้ยาวนานขึ้น ตลอดจนการนำการตรวจประเมินในระดับเซลล์หรือชีวโมเลกุลเข้ามาประกอบการวิเคราะห์ เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ขององค์ความรู้ และสนับสนุนการประยุกต์ใช้การรักษาด้วยเลเซอร์คอปเปอร์โบรไมด์ในทางคลินิกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Pawin H, Chivot M, Beylot C, Faure M, Poli F, Revuz J, et al. Living with acne. A study of adolescents' personal experiences. Dermatology. 2007;215(4):308-14.
2. Collier CN, Harper JC, Cafardi JA, Cantrell WC, Wang W, Foster KW, et al. The prevalence of acne in adults 20 years and older. J Am Acad Dermatol. 2008;58(1):56-9.
3. McCOY S, HANNA M, ANDERSON P, McLENNAN G, REPACHOLI M. An Evaluation of the Copper-Bromide Laser for Treating Telangiectasia. Dermatologic Surgery. 1996;22(6):551-7.
4. Yoo KH, Kim BJ, Kim MN. Efficacy of high-energy copper bromide laser (511 and 578 nm) with for deep infantile haemangioma. Clin Exp Dermatol. 2009;34(7):e451-2.
5. Bowe WP, Doyle AK, Crerand CE, Margolis DJ, Shalita AR. Body image disturbance in patients with acne vulgaris. J Clin Aesthet Dermatol. 2011;4(7):35-41.
6. Kalantari Y, Dadkhahfar S, Etesami I. Post-acne erythema treatment: A systematic review of the literature. J Cosmet Dermatol. 2022;21(4):1379-92.
7. Baldwin HE. The interaction between acne vulgaris and the psyche. Cutis. 2002;70(2):133-9.
8. Kurokawa I, Danby FW, Ju Q, Wang X, Xiang LF, Xia L, et al. New developments in our understanding of acne pathogenesis and treatment. Exp Dermatol. 2009;18(10):821-32.
9. Jeremy AH, Holland DB, Roberts SG, Thomson KF, Cunliffe WJ. Inflammatory events are involved in acne lesion initiation. J Invest Dermatol. 2003;121(1):20-7.
10. Tanghetti EA. The role of inflammation in the pathology of acne. J Clin Aesthet Dermatol. 2013;6(9):27-35.
11. Thiboutot D, Gollnick H, Bettoli V, Dréno B, Kang S, Leyden JJ, et al. New insights into the management of acne: an update from the Global Alliance to Improve Outcomes in Acne group. J Am Acad Dermatol. 2009;60(5 Suppl):S1-50.
12. Firlej E, Kowalska W, Szymaszek K, Roliński J, Bartosińska J. The Role of Skin Immune System in Acne. J Clin Med. 2022;11(6).
13. Davis EC, Callender VD. Postinflammatory hyperpigmentation: a review of the epidemiology, clinical features, and treatment options in skin of color. J Clin Aesthet Dermatol. 2010;3(7):20-31.
14. Fabbrocini G, Annunziata MC, D'Arco V, De Vita V, Lodi G, Mauriello MC, et al. Acne Scars: Pathogenesis, Classification and Treatment. Dermatology Research and Practice. 2010;2010(1):893080.

15. Liu L, Xue Y, Chen Y, Chen T, Zhong J, Shao X, et al. Prevalence and risk factors of acne scars in patients with acne vulgaris. Skin Res Technol. 2023;29(6):e13386.
16. Bae-Harboe YS, Graber EM. Easy as PIE (Postinflammatory Erythema). J Clin Aesthet Dermatol. 2013;6(9):46-7.
17. Clark AK, Saric S, Sivamani RK. Acne Scars: How Do We Grade Them? Am J Clin Dermatol. 2018;19(2):139-44.
18. Tan J, Liu H, Leyden JJ, Leoni MJ. Reliability of Clinician Erythema Assessment grading scale. J Am Acad Dermatol. 2014;71(4):760-3.
19. Jakhar D, Kaur I. Topical 5% tranexamic acid for acne-related postinflammatory erythema. J Am Acad Dermatol. 2020;82(6):e187-e8.
20. Agamia N, Essawy M, Kassem A. Successful treatment of the face post acne erythema using a topically applied selective alpha 1-Adrenergic receptor agonist, oxymetazoline 1.5%, a controlled left to right face comparative trial. J Dermatolog Treat. 2022;33(2):904-9.
21. Kurokawa I, Yoshioka M, Ito S. Split-face comparative clinical trial using glyceryl-octyl-ascorbic acid/ascorbyl 2-phosphate 6-palmitate/DL-α-tocopherol phosphate complex treatment for postinflammatory hyperpigmentation, postinflammatory erythema and atrophic scar in acne vulgaris. J Dermatol. 2019;46(10):e347-e8.
22. Genedy RM. Topical brimonidine tartrate as a novel treatment for facial erythema of rosacea and acne erythema. Journal of the Egyptian Women's Dermatologic Society. 2016;13(2):55-64.
23. Al Mokadem SM, Ibrahim AM, El Sayed AM. Efficacy of Topical Timolol 0.5% in the Treatment of Acne and Rosacea: A Multicentric Study. J Clin Aesthet Dermatol. 2020;13(3):22-7.
24. Railan D, Parlette EC, Uebelhoer NS, Rohrer TE. Laser treatment of vascular lesions. Clinics in Dermatology. 2006;24(1):8-15.
25. Srinivas CR, Kumaresan M. Lasers for vascular lesions: standard guidelines of care. Indian J Dermatol Venereol Leprol. 2011;77(3):349-68.
26. Mathew M, Karthik R, Mallikarjun M, Bhute S, Varghese A. Intense Pulsed Light Therapy for Acne-induced Post-inflammatory Erythema. Indian Dermatology Online Journal. 2018;9:159-64.

27. Mohamed E-EM, Mohamed Tawfik K, Hassan Ahmad W. Successful treatment of facial vascular skin diseases with a 577-nm pro-yellow laser. Journal of Cosmetic Dermatology. 2019;18(6):1675-9.
28. Longo L, Postiglione M, Marangoni O, Melato M. Two-Year Follow-Up Results of Copper Bromide Laser Treatment of Striae. Journal of clinical laser medicine & surgery. 2003;21:157-60.
29. Yoon H, Lee D-H, Kim S, Park K, Youn SW. Acne erythema improvement by long-pulsed 595-nm pulsed-dye laser treatment: A pilot study. The Journal of dermatological treatment. 2008;19:38-44.
30. Wanitphakdeedecha R, Cembrano KAG, Ungaksornpairote C, Kobwanthanakun W, Phothong W, Eimpunth S, et al. The efficacy and safety of a 577-nm high-power optically pumped semiconductor laser in the treatment of postacne erythema. J Cosmet Dermatol. 2020;19(7):1642-7.
31. LEE HI, LIM YY, KIM BJ, KIM MN, MIN HJ, HWANG JH, et al. Clinicopathologic Efficacy of Copper Bromide Plus/Yellow Laser (578 nm with 511 nm) for Treatment of Melasma in Asian Patients. Dermatologic Surgery. 2010;36(6):885-93.

การศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สี

A STUDY OF FLUORIDE IN COLORANT-FREE THAI TEA

นภัสสร ลิมปกานนท์*

NAPATSORN LIMPAKANONT

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130271@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Thunnawat Wattanaseth, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

ฟลูออไรด์ในชาสะสมได้สูงตามธรรมชาติการบริโภคชาปริมาณมากต่อเนื่องจึงอาจทำให้ได้รับฟลูออไรด์เกินโดยไม่รู้ตัว ซึ่งอาจก่อให้เกิดภาวะฟันตกกระ (dental fluorosis) และฟลูออโรซิสของกระดูก (skeletal fluorosis) และเกี่ยวข้องกับระบบอื่น ๆ เช่น ระบบประสาทและระบบต่อมไร้ท่อ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทย โดยคัดเลือกตัวอย่าง 10 รายการ จากแพลตฟอร์มออนไลน์ ชงด้วยใบชา 8 กรัมในน้ำร้อน 200 มิลลิลิตร อุณหภูมิเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วตรวจวัดด้วยวิธี Ion-selective electrode (ISE) ผลพบว่าค่าเฉลี่ยฟลูออไรด์ของทั้ง 10 ตัวอย่างเท่ากับ 5.42 ± 1.15 mg/L (สูงสุด 7.31 ± 0.04 และต่ำสุด 3.91 ± 0.03 mg/L) ขณะที่น้ำที่ใช้ชงมีฟลูออไรด์ 0.57 ± 0.01 mg/L แสดงให้เห็นว่าชาไทยไม่ใส่สี มีฟลูออไรด์ในระดับสูง ซึ่งการบริโภคปริมาณมากเป็นประจำมีโอกาสทำให้ได้รับฟลูออไรด์เกินเกณฑ์ที่แนะนำได้ จึงควรสร้างความตระหนักรู้แก่ผู้บริโภคเพื่อให้ประเมินการบริโภคได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ชาไทย, ชาไทยไม่ใส่สี, ฟลูออไรด์

Abstract

Tea naturally accumulates high levels of fluoride, so heavy, continuous tea consumption may lead to an unknowingly excessive intake, which may cause dental fluorosis and skeletal fluorosis, and is associated with other systems such as the nervous and endocrine systems. This study aimed to determine the fluoride content of colorant-free Thai tea sold in Thailand. Ten products were selected from online platforms and brewed using 8 g of tea leaves in 200 mL of hot water at an initial 100 °C for 5 minutes, then measured by the ion-selective electrode (ISE) method. The mean fluoride content across the ten samples was 5.42 ± 1.15 mg/L (maximum 7.31 ± 0.04 and minimum 3.91 ± 0.03 mg/L), while the brewing water contained 0.57 ± 0.01 mg/L. These results show that colorant-free Thai tea is high in fluoride, and regular heavy consumption may risk exceeding recommended intake limits; raising consumer awareness is therefore needed to enable appropriate consumption assessment.

Keywords: Thai tea, Colorant-free Thai tea, Fluoride

บทนำ

ชาไทย (Thai tea) เป็นเครื่องดื่มที่มีเอกลักษณ์และได้รับการยอมรับในระดับสากล มีการบริโภคแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ ประเด็นความปลอดภัยของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์จึงส่งผลต่อผู้บริโภคจำนวนมาก แม้สีสังเคราะห์จะได้รับอนุญาตให้ใช้ภายใต้กรอบที่กำหนด แต่เพื่อตอบสนองกระแสความใส่ใจสุขภาพจึงมีการพัฒนาชาไทยไม่ใส่สีขึ้นเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน

ฟลูออไรด์เป็นสารธรรมชาติที่พบในน้ำชา โดยพืชชาสะสมฟลูออไรด์ในระดับสูงผ่านการดูดซับจากดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อม ปริมาณในน้ำชาแปรผันกว้างตั้งแต่ระดับต่ำจนถึงระดับสูง[1] ทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มอาจได้รับฟลูออไรด์สูงโดยไม่รู้ตัว ฟลูออไรด์มีผลต่อสุขภาพทั้งด้านบวกและด้านลบ โดยระดับที่เหมาะสมช่วยป้องกันฟันผุ แต่การได้รับสูงต่อเนื่องสัมพันธ์กับภาวะฟันตกกระ ภาวะฟลูออโรซิสของกระดูก และอาจส่งผลต่อระบบประสาทและต่อมไร้ท่อ[2] จึงจำเป็นต้องมีข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อประเมินความเสี่ยงอย่างเป็นระบบ

ผลิตภัณฑ์ชาไทยไม่ใส่สีจำนวนมากจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ แต่ข้อมูลเชิงปริมาณของฟลูออไรด์ในผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายจริงในตลาดไทยยังมีจำกัด งานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการประเมินความเสี่ยงและการสื่อสารความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค ผู้ประกอบการ และผู้กำกับดูแล

คำถามและวัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสื่อสารกับผู้บริโภค ผู้ผลิต และผู้กำกับดูแล

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

ชาไทยทำจากชาดำ (มักใช้ชาอัสสัมหรือซีลอน) ผสมเครื่องเทศและปรุงแต่งกลิ่นรส โดยเดิมสีส้มมาจากวัตถุดิบธรรมชาติ แต่ปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้สีผสมอาหารสังเคราะห์ที่นิยมที่สุดคือ Sunset Yellow FCF ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของไทยอนุญาตให้ใช้ได้ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่บางประเทศได้ห้ามหรือควบคุมการใช้เนื่องจากข้อกังวลด้านสุขภาพ[3] เพื่อตอบสนองกระแสสุขภาพจึงมีการจำหน่ายชาไทยไม่ใส่สี[4] โดยข้อมูล Social Listening ระหว่างวันที่ 16–23 มิถุนายน 2568 พบว่าความนิยมชาไทยไม่ใส่สีมีสัดส่วน 84.9% เทียบกับชาส้มดั้งเดิม 15.1%[5] ในการศึกษานี้ ชาไทยไม่ใส่สีหมายถึงผลิตภัณฑ์ใบชาหรือใบชาบดอบแห้งที่ไม่เติมสีสังเคราะห์ ซึ่งบริโภคโดยชงกับน้ำร้อนแล้วกรองใบชาออก

ฟลูออรีนเป็นธาตุที่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีสูงสุด ในร่างกายและสารละลายมักพบในรูปฟลูออไรด์ไอออน (F^-) แหล่งหลักคือน้ำดื่ม โดยหลายประเทศเติมฟลูออไรด์ในน้ำประปาที่ระดับ 0.7–1.0 mg/L เพื่อป้องกันฟันผุ[6] สำหรับชา พืชชาสะสมฟลูออไรด์ได้สูงและปล่อยออกมาในน้ำชงตามชนิดชา เวลาแช่ และน้ำที่ใช้ โดยพบความเข้มข้นเฉลี่ยราว 1.37 และ 2.73 mg/L ในชาเขียวและชาดำตามลำดับ[1] ส่วนยาสีฟันผสมฟลูออไรด์มักมีความเข้มข้น 1,000–1,500 ppm[7]

ในด้านประโยชน์ ฟลูออไรด์มีหลักฐานชัดเจนในการป้องกันฟันผุโดยส่งเสริมการคืนแร่ธาตุและยับยั้งแบคทีเรีย[8] แต่การได้รับเกินขนาดต่อเนื่องในช่วงฟันกำลังพัฒนา (แรกเกิด–8 ปี) ทำให้เกิดภาวะฟันตกกระ ซึ่งความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเมื่อฟลูออไรด์ในน้ำเกิน 1.5 mg/L และรุนแรงขึ้นเมื่อเกิน 3 mg/L รวมถึงภาวะฟลูออโรซิสของกระดูกเมื่อดื่มน้ำที่มีฟลูออไรด์ 3–6 mg/L นานกว่า 10 ปี และอาจรบกวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนไทรอยด์และการจับไอโอดีน[2] นอกจากนี้ systematic review ปี 2024 พบความเชื่อมโยงกับคะแนนสติปัญญา (IQ) ที่ลดลงในเด็กโดยเฉพาะเมื่อฟลูออไรด์ในน้ำเกิน 1.5 mg/L[9] และ meta-analysis ปี 2025 ยืนยันความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างการได้รับฟลูออไรด์กับ IQ ของเด็ก[10] สำหรับพิษเฉียบพลัน ขนาดต่ำสุดที่ก่อพิษรุนแรงประมาณ 5 mg/kg[11]

Institute of Medicine (IOM) กำหนดค่า Adequate Intake (AI) และ Tolerable Upper Intake Level (UL) ของฟลูออไรด์จำแนกตามกลุ่มอายุ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2[12] ขณะที่ในปี 2025 European Food Safety Authority (EFSA) ปรับเป็น Safe Intake Levels โดยลดลงเหลือ 3.3 mg/วันสำหรับผู้ใหญ่และหญิงตั้งครรภ์ เนื่องจากข้อกังวลด้านพัฒนาการระบบประสาทของทารก[13] ด้านมาตรฐานน้ำดื่ม WHO กำหนดไม่เกิน 1.5 mg/L[14] และประเทศไทยกำหนดฟลูออไรด์ในน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิทไม่เกิน 0.7 mg/L ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 316) พ.ศ. 2553[15]

ตารางที่ 1 ค่า Adequate Intake (AI) ของฟลูออไรด์ จำแนกตามกลุ่มอายุ กำหนดโดย Institute of Medicine (IOM)[12]

ช่วงอายุ	เพศชาย (มก./วัน)	เพศหญิง (มก./วัน)	หญิงตั้งครรภ์ (มก./วัน)	หญิงให้นมบุต (มก./วัน)
แรกเกิด–6 เดือน	0.01	0.01	–	–
7–12 เดือน	0.5	0.5	–	–
1–3 ปี	0.7	0.7	–	–
4–8 ปี	1.0	1.0	–	–
9–13 ปี	2.0	2.0	–	–
14–18 ปี	3.0	3.0	3.0	3.0
19 ปีขึ้นไป	4.0	3.0	3.0	3.0

ตารางที่ 2 ค่า Tolerable Upper Intake Level (UL) ของฟลูออไรด์ จำแนกตามกลุ่มอายุ กำหนดโดย Institute of Medicine (IOM)[12]

ช่วงอายุ	เพศชาย (มก./วัน)	เพศหญิง (มก./วัน)	หญิงตั้งครรภ์ (มก./วัน)	หญิงให้นมบุตร (มก./วัน)
แรกเกิด–6 เดือน	0.7	0.7	–	–
7–12 เดือน	0.9	0.9	–	–
1–3 ปี	1.3	1.3	–	–
4–8 ปี	2.2	2.2	–	–
9–13 ปี	10	10	–	–

ช่วงอายุ	เพศชาย (มก./วัน)	เพศหญิง (มก./วัน)	หญิงตั้งครรภ์ (มก./วัน)	หญิงให้นมบุตร (มก./วัน)
14–18 ปี	10	10	10	10
19 ปีขึ้นไป	10	10	10	10

ปริมาณฟลูออไรด์ในชาขึ้นกับหลายปัจจัย ได้แก่ ดินและสิ่งแวดล้อม (ดินกรดจัด pH ต่ำเพิ่มฟลูออไรด์ในรูปที่พืชดูดซับได้ง่าย และการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต) ปัจจัยของพืชชา (ฟลูออไรด์ราว 98% สะสมในใบ โดยเฉพาะใบแก่ และชาอัสสัมมักดูดซับได้มากกว่าชาจีน) การแปรรูป (ชาที่หมักสมบูรณ์อย่างชาดำมีฟลูออไรด์สูงกว่า) และวิธีชง (เวลานานและใบชายิ่งเล็กหรือบดเป็นผงยิ่งปล่อยฟลูออไรด์มาก น้ำที่ใช้ชงก็มีผล) เมื่อรวมทุกปัจจัย ระดับเฉลี่ยในน้ำชาเรียงจากสูงไปต่ำคือ ชาดำ 2.73 ชาเขียว 1.37 ชาอู่หลง 0.99 และชาขาว 0.49 mg/L[1]

การตรวจด้วยวิธี Ion-selective electrode (ISE) ใช้ขั้วอิเล็กโทรดจำเพาะไอออนร่วมกับบัฟเฟอร์ TISAB ซึ่งช่วยควบคุม pH ความแรงไอออน และจับโลหะรบกวน ทำให้ลดการรบกวนจากสารอินทรีย์และสีในชา ให้ผลเร็ว แม่นยำเมื่อมีฟลูออไรด์มากกว่า 0.1 mg/L[16] เป็นเทคนิคมาตรฐานที่ใช้แพร่หลายทั้งในใบชาแห้งและน้ำชา และได้รับการรับรองในมาตรฐานสากล เช่น AOAC 975.04 และ DIN 10807[17,18] การศึกษานี้จึงเลือกใช้วิธี ISE

Pattaravisitsate และคณะ[19] ศึกษาอิทธิพลของเงื่อนไขการชงต่อฟลูออไรด์ในชาและชาสมุนไพร 5 ประเภท 16 ยี่ห้อ ด้วยชา 1 กรัมต่อน้ำ 50 mL ชงในน้ำเดือด 100 °C วัดด้วย ISE พบว่าเมื่อชง 5 นาที ชาดำมีฟลูออไรด์สูงสุด (เฉลี่ยราว 2.53 mg/L) รองลงมาคือชาเขียว ชาอู่หลง ชาสมุนไพร และชาขาว การบดใบชาให้เล็กและน้ำที่มีฟลูออไรด์/เป็นด่างเพิ่มฟลูออไรด์ในน้ำชา และในผู้ดื่มชาดำมากอาจได้รับเกินค่าอ้างอิงของ USEPA (0.06 mg/kg/day)

Rirattanapong และคณะ[20] ตรวจฟลูออไรด์ในเครื่องดื่มชาพร้อมดื่ม 58 ผลิตภัณฑ์ พบช่วง 0.07–2.15 mg/L เฉลี่ย 0.81 ± 0.51 mg/L (ชาดำสูงสุด) โดย 67% เกิน 0.6 mg/L

Kulrath และคณะ[21] เปรียบเทียบชาเขียวจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ทั่วไทย พบว่าฟลูออไรด์แตกต่างกันตามแหล่งปลูกอย่างมีนัยสำคัญ และมีแนวโน้มเพียงพอต่อการส่งเสริมแร่ธาตุบนผิวฟัน

Waugh และคณะ[22] พบว่าผู้ดื่มชาดำเป็นประจำในนิวซีแลนด์มีโอกาสได้รับฟลูออไรด์เกินค่า AI และอาจเข้าใกล้หรือเกิน UL ของ EFSA โดยเฉพาะเมื่อรวมกับน้ำประปาที่เติมฟลูออไรด์

Małyszek และคณะ[23] ทำ systematic review ปี 2025 พบช่วงฟลูออไรด์ในน้ำชากว้างมาก (0.008 ถึงมากกว่า 8 mg/L) โดยชาดำและชาเขียวสูงสุด และชาบดละเอียดหรือแบบถุงมากกว่าชาใบ

Szmagara และคณะ[24] พบว่าชาดำมีฟลูออไรด์สูงสุด (เฉลี่ย 2.65 mg/L) และชาแบบถุงให้ฟลูออไรด์สูงกว่าชาแบบใบราว 2 เท่า

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบงานวิจัย

เป็นการศึกษาเชิงสังเกตแบบภาคตัดขวางเชิงพรรณนาในห้องปฏิบัติการ (observational cross-sectional, laboratory-based descriptive study) โดยใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดและรายงานความเข้มข้นของฟลูออไรด์ในผลิตภัณฑ์ชาไทยชนิดไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทยผ่านช่องทางออนไลน์

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ ผลิตภัณฑ์ชาไทยอบแห้งชนิดไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทย ตัวอย่างจำนวน 10 รายการคัดเลือกจากแพลตฟอร์มออนไลน์ด้วยการสุ่มแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (non-probability sampling) แบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีอันดับยอดขายสูงสุดที่แพลตฟอร์มแสดง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ (1) ระบุบนฉลากชัดเจนว่าเป็นชาไทยชนิดไม่ใส่สี (2) ส่วนผสมบนฉลากไม่มีสารให้สีสังเคราะห์ (3) เป็นชนิดใบชาสำหรับชง (4) ระบุยี่ห้อ ผู้ผลิต/ผู้นำเข้า เลขสารบบ ปริมาณสุทธิ สายพันธุ์ แหล่งเพาะปลูก วันผลิตและวันหมดอายุ (กรณีไม่ระบุจะเขียนว่า “ไม่ระบุ”) และ (5) อยู่ในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทไม่เสียหาย

ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

ดำเนินการตามลำดับ ได้แก่ จัดซื้อตัวอย่าง ตรวจสอบสภาพบรรจุภัณฑ์และความครบถ้วนของฉลาก กำหนดรหัสและบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ เก็บรักษาในที่แห้ง อุณหภูมิห้อง หลีกเลี่ยงแสงและความชื้นจนถึงวันวิเคราะห์ เตรียมตัวอย่างด้วยสูตรชงมาตรฐานคือใบชา 8 กรัมในถุงชงชา แช่ในน้ำร้อน 200 mL อุณหภูมิเริ่มต้น 100 °C เป็นเวลา 5 นาที (โดยใบชา 8 กรัม จะเทียบเท่ากับประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ซึ่งเป็นหน่วยตวงที่ผู้บริโภคทั่วไปใช้ในการชงชาไทย) พักให้เย็นแล้วบรรจุน้ำชาและน้ำที่ใช้ชงลงในขวดพลาสติก High-Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 60 mL จากนั้นส่งตรวจปริมาณฟลูออไรด์ด้วยวิธี ISE ที่สำนักทันตสาธารณสุข กรมอนามัย จังหวัดนนทบุรี แล้วรวบรวมผล บันทึกลงตาราง และวิเคราะห์พร้อมอภิปรายผล

วิธีการและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) รายงานปริมาณฟลูออไรด์ของทุกตัวอย่างเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในหน่วย mg/L

ผลการวิจัย

การศึกษานี้ตรวจวัดปริมาณฟลูออไรด์ในผลิตภัณฑ์ชาไทยอบแห้งชนิดไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทย จำนวน 10 ตัวอย่าง คัดเลือกจากแพลตฟอร์มออนไลน์ตามอันดับยอดขายสูงสุด ณ วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2569 โดยมีข้อมูลผลิตภัณฑ์ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลตัวอย่างที่ส่งตรวจ

ลำดับตัวอย่าง	ลักษณะตัวอย่าง	ปริมาณสุทธิ (กรัม)	สายพันธุ์	แหล่งเพาะปลูก	วันผลิต	วันหมดอายุ
1	ใบชาแห้งบด	400	อัสสัม	ภาคเหนือ	07/12/2025	07/12/2027
2	ใบชาแห้งบด	400	ไม่ระบุ	เชียงราย	17/09/2025	17/09/2027
3	ใบชาแห้งบด	50	อัสสัม	เชียงใหม่, เชียงราย	01/01/2026	01/01/2027
4	ใบชาแห้งบด	250	อัสสัม	อินโดนีเซีย	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
5	ใบชาแห้งบด	400	อัสสัม	เชียงราย	12/01/2026	12/01/2028
6	ใบชาแห้งบด	500	อัสสัม	เชียงใหม่, เชียงราย	01/10/2025	30/09/2027
7	ใบชาแห้งบด	500	อัสสัม	ภาคเหนือ	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
8	ใบชาแห้งบด	100	อัสสัม	เชียงราย	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
9	ใบชาแห้งบด	500	อัสสัม	น่าน	06/11/2025	06/11/2026
10	ใบชาแห้งบด	500	ไม่ระบุ	เชียงใหม่	03/07/2025	03/07/2027

ตารางที่ 4 ผลการตรวจปริมาณฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สี

ลำดับตัวอย่าง	ปริมาณฟลูออไรด์ (mg/L)				
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	วัดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
น้ำที่ใช้ชง	0.56	0.57	0.57	0.57	0.01
1	5.38	5.34	5.31	5.34	0.04
2	5.81	5.90	5.93	5.88	0.06
3	7.35	7.27	7.31	7.31	0.04
4	4.15	4.11	4.18	4.15	0.04
5	6.77	6.72	6.69	6.73	0.04
6	4.09	4.00	4.01	4.03	0.05
7	6.14	6.15	6.10	6.13	0.03
8	5.14	5.16	5.13	5.14	0.02
9	3.88	3.91	3.94	3.91	0.03
10	5.57	5.54	5.50	5.54	0.04

จากตารางที่ 4 ซึ่งใช้สูตรชงใบชา 8 กรัมในถุงชงชา แช่ในน้ำร้อน 200 mL อุณหภูมิเริ่มต้น 100 °C เป็นเวลา 5 นาที พบว่าชาไทยไม่ใส่สีที่มีฟลูออไรด์สูงสุดอยู่ที่ 7.31 ± 0.04 mg/L (ตัวอย่างที่ 3) ต่ำสุด 3.91 ± 0.03 mg/L (ตัวอย่างที่ 9) ค่าเฉลี่ยของทั้ง 10 ตัวอย่าง 5.42 ± 1.15 mg/L โดยน้ำที่ใช้ชงมีฟลูออไรด์ 0.57 ± 0.01 mg/L โดยแต่ละตัวอย่างตรวจ 3 ครั้งแล้วคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อภิปรายผลการวิจัย

เมื่อชงด้วยใบชา 8 กรัมในถุงชงชา แช่ในน้ำร้อน 200 mL อุณหภูมิเริ่มต้น 100 °C เป็นเวลา 5 นาที ด้วยน้ำที่มีฟลูออไรด์ 0.57 mg/L (ไม่เกิน 0.7 mg/L ตามมาตรฐานน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุปิดสนิท ฉบับที่

316[15]) ปริมาณฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 3.91–7.31 mg/L เฉลี่ย 5.42 mg/L แสดงว่าน้ำชาไทยไม่ใส่สีมีฟลูออไรด์สะสมในระดับสูง โดยค่าต่ำสุด 3.91 mg/L ยังสูงกว่ามาตรฐานน้ำบริโภคของไทยเกิน 5 เท่า และสูงกว่ามาตรฐานน้ำดื่มของ WHO เกิน 2 เท่า

หากกำหนดให้ชาไทยไม่ใส่สี 1 แก้วมีปริมาณ 200 mL จะมีฟลูออไรด์เฉลี่ย 1.08 mg ต่อแก้ว เมื่อพิจารณาร่วมกับฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม (0.57 mg/L) หากดื่มน้ำวันละ 2 ลิตรควบคู่กับการดื่มชาไทยไม่ใส่สีวันละ 2 แก้ว จะได้รับฟลูออไรด์รวมราว 3.3 mg/day ซึ่งเท่ากับปริมาณสูงสุดที่แนะนำต่อวัน (UL) สำหรับผู้ใหญ่[13] เมื่อรวมกับแหล่งอื่น เช่น อาหารทะเล สัตว์น้ำเปลือกแข็ง หอย หรือสาหร่าย อาจทำให้ได้รับเกินเกณฑ์ จึงแนะนำให้จำกัดการบริโภคไม่เกิน 1 แก้วต่อวัน โดยเฉพาะหญิงตั้งครรภ์ที่ควรระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากมีการศึกษาที่เชื่อมโยงการได้รับฟลูออไรด์เกินขนาดกับภาวะบกพร่องทางสติปัญญา (IQ) และความผิดปกติของพัฒนาการระบบประสาทในทารก[9] นอกจากนี้ผู้ป่วยภาวะไทรอยด์ทำงานต่ำควรระมัดระวังอย่างยิ่ง เนื่องจากฟลูออไรด์ขัดขวางการดูดซึมไอโอดีนและรบกวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนไทรอยด์[2] โดยเฉพาะผู้ที่กำลังเริ่มหรือปรับขนาดยา ควรปรึกษาแพทย์ ทั้งนี้โอกาสเกิดพิษเฉียบพลันเกิดได้ยาก เนื่องจากต้องบริโภคมากถึง 34–63 ลิตรในคนน้ำหนัก 50 กิโลกรัม (คำนวณจากขนาดต่ำสุดที่ก่อพิษรุนแรงราว 5 mg/kg)

ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Pattaravisitsate และคณะ[19] ที่บ่งชี้ความเสี่ยงของการได้รับฟลูออไรด์เกินจากการดื่มชาดำซึ่งมีฟลูออไรด์สูงกว่าชาชนิดอื่น โดยชาไทยไม่ใส่สีก็ทำจากชาดำ ทั้งนี้ค่าที่วัดได้สูงกว่าของ Pattaravisitsate และคณะ ซึ่งปัจจัยหลักคือความเข้มข้นของชาต่อน้ำที่ใช้ชง (การศึกษาดังกล่าวใช้ชาเพียง 1 กรัมต่อน้ำ 50 mL) เมื่อเทียบกับเครื่องดื่มชาพร้อมดื่มในไทย การศึกษาของ Rirattanapong[20] พบฟลูออไรด์ 0.81 ± 0.51 mg/L ซึ่งต่ำกว่าชาไทยไม่ใส่สีชนิดชงในการศึกษานี้ เนื่องจากชาไทยมีพื้นฐานจากชาดำที่มีแนวโน้มฟลูออไรด์สูงกว่า ทั้งนี้ผู้บริโภคจริงอาจได้รับปริมาณต่างจากที่วัดได้เนื่องจากปัจจัยอื่น เช่น น้ำที่ใช้ชง ความเข้มข้นของใบชาต่อน้ำ และเวลาชง การศึกษานี้จึงสนับสนุนการสร้างความตระหนักรู้แก่ผู้บริโภคถึงปริมาณฟลูออไรด์จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้รับประโยชน์ในการป้องกันฟันผุและลดความเสี่ยงภาวะฟลูออไรด์เกิน โดยไม่แนะนำให้บริโภคเกิน 1 แก้วต่อวัน และควรระมัดระวังเป็นพิเศษในหญิงตั้งครรภ์และผู้ป่วยภาวะพร่องไทรอยด์ฮอร์โมน

สรุปผลการวิจัย

ชาไทยไม่ใส่สีที่จำหน่ายในประเทศไทยทั้ง 10 ตัวอย่าง เมื่อชงด้วยใบชา 8 กรัมในถุงชงชา แช่ในน้ำร้อน 200 mL อุณหภูมิเริ่มต้น 100 °C เป็นเวลา 5 นาที มีปริมาณฟลูออไรด์อยู่ในช่วง 3.91–7.31 mg/L (เฉลี่ย 5.42 ± 1.15 mg/L) สูงสุดที่ตัวอย่างที่ 3 (7.31 ± 0.04 mg/L) และต่ำสุดที่ตัวอย่างที่ 9 (3.91 ± 0.03 mg/L) ขณะที่น้ำที่ใช้ชงมีฟลูออไรด์ 0.57 ± 0.01 mg/L แสดงว่าชาไทยไม่ใส่สีมีฟลูออไรด์ในระดับสูงเพียงพอต่อฤทธิ์ป้องกันฟันผุ แต่การบริโภคปริมาณมากเป็นประจำก็มีโอกาสทำให้ได้รับฟลูออไรด์เกินเกณฑ์ที่แนะนำได้ การศึกษานี้จึงสนับสนุนการสร้างความตระหนักรู้แก่ผู้บริโภคถึงปริมาณฟลูออไรด์จากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ประเมินการบริโภคได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษานี้พบว่าชาไทยไม่ใส่สีมีปริมาณฟลูออไรด์ในระดับสูง จึงควรมีการเผยแพร่ให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริโภค ผู้ประกอบการ และผู้กำกับดูแล ให้ตระหนักถึงความสำคัญของการได้รับฟลูออไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมจากแหล่งต่าง ๆ โดยใช้สื่อประชาสัมพันธ์หรือการระบุข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์ ในการสื่อสารคำแนะนำในการประเมินการบริโภค ทั้งนี้ควรอาศัยความร่วมมือจากบุคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานด้านสาธารณสุข สูติแพทย์ และกุมารแพทย์ ซึ่งดูแลกลุ่มหญิงตั้งครรภ์และเด็ก ซึ่งเป็นกลุ่มที่ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ นอกจากนี้ หน่วยงานกำกับดูแล เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) อาจพิจารณาแนวทางการให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณฟลูออไรด์บนฉลากผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บริโภคต่อไป

การศึกษานี้ตรวจวัดฟลูออไรด์ในชาไทยไม่ใส่สี 10 ตัวอย่างที่คัดเลือกจากแพลตฟอร์มออนไลน์ จึงอาจมีข้อจำกัดด้านความครอบคลุมผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด โดยเฉพาะสินค้าจากผู้ขายรายย่อย และศึกษาด้วยสูตรการชงเพียงรูปแบบเดียว ขณะที่ชาไทยในตลาดมีสูตรการชงหลากหลายและอาจเข้มข้นกว่านี้ โดยเฉพาะเมื่อนำไปปรุงแต่งด้วยนม นมข้นหวาน หรือน้ำตาล ทั้งความเข้มข้นของใบชาต่อน้ำ ระยะเวลา อุณหภูมิ และชนิดของน้ำที่ใช้ชงล้วนมีผลต่อปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำชา จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลของปัจจัยเหล่านี้ต่อปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำชาไทยไม่ใส่สีต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Jayasingha H, Amarasooriya G, Rajapaksha N, Senavirathna L, Weragoda S, Kawakami T, Kuroda K. Fluoride in tea: accumulation, dietary exposure, and future strategies for risk mitigation in food safety; a scoping review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2025 Jun 12:1–14. doi:10.1080/10408398.2025.2516756.
2. Taher MK, Momoli F, Go J, et al. Systematic review of epidemiological and toxicological evidence on health effects of fluoride in drinking water. Crit Rev Toxicol. 2024;54:2-34. doi:10.1080/10408444.2023.2295338.
3. ชนกนันท์ ทองมา. รู้จัก “Sunset Yellow FCF” อันตรายแฝงจากสารสีส้มในชาไทย. Thai PBS NOW [Internet]. 2025 Feb 21 [cited 2025 Nov 8]. Available from: https://www.thaipbs.or.th/now/content/2353 Thai PBS.
4. สภาองค์กรของผู้บริโภค. เทรนด์ “ชาไทยไม่ใส่สี” ทางเลือกใหม่ผู้บริโภค. สภาองค์กรของผู้บริโภค [Internet]. 2025 Jun 20 [cited 2025 Nov 8]. Available from: https://www.tcc.or.th/pure-thai-tea/.
5. Dataxet. ชาไทยไม่ใส่สี (ส้ม) เทรนด์ใหม่เปลี่ยนตลาด [Internet]. Bangkok: Dataxet; 2025 [cited 2025 Nov 8]. Available from: https://www.dataxet.co/insights/social-media-thai-tea-natural-color.
6. American Cancer Society. Water Fluoridation and Cancer Risk. Atlanta: ACS; 2021. Available from: https://www.cancer.org/healthy/water-fluoridation-and-cancer-risk.html.
7. World Health Organization (WHO). Inadequate or excess fluoride: a major public health concern. Geneva: WHO; 2019. (WHO/CED/PHE/EPE/19.4.5). Available from: https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.5.
8. World Dental Federation (FDI). Promoting Oral Health Through Fluoride Toothpaste. Adopted by FDI General Assembly, 7 September 2018, Buenos Aires, Argentina. Original version adopted by FDI General Assembly, November 2000, Paris, France. PMID: 30697711.
9. Moore D. Fluoride and children's IQ: evidence of causation lacking. Evid Based Dent. 2024 Jun 1;25(2):95-97. doi:10.1038/s41432-024-01022-6.
10. Taylor KW, Eftim SE, Sibrizzi CA, et al. Fluoride Exposure and Children's IQ Scores: A Systematic Review and Meta-Analysis. JAMA Pediatr. 2025;179(3):282-292. doi:10.1001/jamapediatrics.2024.5542.

11. National Institutes of Health, Office of Dietary Supplements. Fluoride - health professional fact sheet. [Internet]. Bethesda (MD): NIH ODS; 2025 [cited 2025 Nov 8]. Available from: https://ods.od.nih.gov/factsheets/Fluoride-HealthProfessional/.
12. Institute of Medicine (US), Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride. Washington (DC): National Academies Press; 1997. doi:10.17226/5776.
13. EFSA (European Food Safety Authority), CONTAM Panel. Updated consumer risk assessment of fluoride in food and drinking water including the contribution from other sources of oral exposure. EFSA J. 2025 Jul 21;23(7):e9478. doi:10.2903/j.efsa.2025.e9478.
14. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First and Second Addenda. Geneva: WHO; 2023. ISBN: 978-92-4-004506-4. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064.
15. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 316) พ.ศ. 2553 เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 6). ราชกิจจานุเบกษา. 2553;127(ตอนพิเศษ 67 ง). https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-312-4.
16. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Fluoride, Hydrogen Fluoride, and Fluorine. Atlanta, GA: US Dept of Health and Human Services; 2003. Available from: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp11.pdf.
17. Shyu TH, Chen JH, Lee YH. Determination of fluoride in tea leaves and tea infusions by ion selective electrode. J Food Drug Anal. 2009;17(1):Article 9. doi:10.38212/2224-6614.2308.
18. Metrohm. Fluoride in tea (AN-I-023). 2025. Available from: https://www.metrohm.com/en/applications/application-notes/aa-i-001-100/an-i-023.html.
19. Pattaravisitsate N, Phetrak A, Denpetkul T, Kittipongvises S, Kuroda K. Effects of brewing conditions on infusible fluoride levels in tea and herbal products and probabilistic health risk assessment. Sci Rep. 2021;11:14115. doi:10.1038/s41598-021-93548-3.
20. Rirattanapong P, Rirattanapong O. Fluoride content of commercially available ready-to-drink tea in Bangkok, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2017;48(3):690-697.

21. Kulrath P, Duangdee N, Supornpun N, Prateeptongkum E. Comparison of fluoride and catechin levels in green tea extract at various geographical locations in Thailand. J Med Assoc Thai. 2019;102(2):114-120.
22. Waugh DT, Godfrey M, Limeback H, Potter W. Black tea source, production, and consumption: assessment of health risks of fluoride intake in New Zealand. J Environ Public Health. 2017;2017:5120504. doi:10.1155/2017/5120504.
23. Małyszek A, Kiryk S, Kensy J, Kotela A, Michalak M, Kiryk J, et al. Identification of factors influencing fluoride content in tea infusions: A systematic review. Appl Sci. 2025;15(11):5974. doi:10.3390/app15115974.
24. Szmagara A, Krzyszczak A, Stefaniak EA. Determination of fluoride content in teas and herbal products popular in Poland. J Environ Health Sci Eng. 2022;20:717-727. doi:10.1007/s40201-022-00811-4.

ประสิทธิผลของโปรแกรมบำบัดความเครียดด้วยการเจริญสติ (MBSR) ต่ออาการทางกายในสตรีวัยหมดประจำเดือน: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม

EFFECTIVENESS OF MINDFULNESS-BASED STRESS REDUCTION (MBSR) ON PHYSICAL SYMPTOMS IN MENOPAUSAL WOMEN: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS OF RANDOMIZED CONTROLLED TRIALS

ปารมิตา มารศรี*

PARAMITA MARASRI

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130978@dpu.ac.th

พัฒนา เต็งอำนวย, พันธ์ศักดิ์ ศุกรฤกษ์** และ สุรศักดิ์ เสาแก้ว*****

PATANA TENG-AMNUAY, PANSAK SUKRAROEK, SURASAK SAOKAEW

วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ผู้ประจำหลักสูตร สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Assistant Professor Patana Teng-amnuay, M.D. Ph.D., Advisor,

Assistant Professor Pansak Sukraroek, M.D., Co-Advisor

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา***

Associate Professor Surasak Saokaew, BPharm, PharmD, RPh, PhD, Co-Advisor

School of Pharmaceutical Sciences , University of Phayao

อีเมล: patana.ten@dpu.ac.th, pansak.sug@dpu.ac.th and surasak.sa@up.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลของโปรแกรมบำบัดความ เครียดด้วยการเจริญสติ (Mindfulness-Based Stress Reduction; MBSR) ต่ออาการทางกายในสตรีวัยหมดประจำเดือนโดย ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็น ระบบและการวิเคราะห์อภิมานของการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม ตามแนวทาง PRISMA 2020 สืบค้นวรรณกรรมภาษาอังกฤษจากฐานข้อมูลและแหล่งข้อมูลเสริมรวม 13 แหล่ง ครอบคลุมการศึกษาที่เผยแพร่ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2569 เกณฑ์คัดเข้าเป็นการศึกษาที่เปรียบเทียบโปรแกรม MBSR เป็นการฝึกเจริญสติอย่างมีโครงสร้าง โดยทั่วไป ดำเนินการต่อเนื่อง 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ร่วมกับการฝึกด้วยตนเองที่บ้านอย่างสม่ำเสมอ กิจกรรมหลัก ประกอบด้วยการสแกนร่างกาย การนั่งสมาธิ การเคลื่อนไหวหรือโยคะอย่างมีสติและการนำสติไปประยุกต์ใช้ ในชีวิตประจำวัน กับกลุ่มควบคุมในสตรีวัยใกล้หมดประจำเดือน วัยหมดประจำเดือน หรือวัยหลังหมด ประจำเดือนและรายงานผลลัพธ์ด้วยเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ การวิเคราะห์หลักเฉพาะด้าน ร่างกายใช้คะแนนจากแบบสอบถาม Menopause-Specific Quality of Life Questionnaire (MENQOL) และคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มาตรฐานในรูป Hedges' g ด้วยแบบจำลอง random-effects จาก ระเบียนทั้งหมด 285 รายการ พบงานวิจัยที่เข้าเกณฑ์ 4 การศึกษา รวมผู้เข้าร่วม 520 คน โดยมี 3 การศึกษา รวมผู้เข้าร่วมที่นำมาวิเคราะห์ 187 คน ซึ่งรายงานคะแนน MENQOL ด้านร่างกายและ สามารถนำมารวม ผลได้ โปรแกรม MBSR ให้ผลดีต่ออาการทางกายอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (pooled SMD = -0.86; 95% CI: -1.34 ถึง -0.38; I^2 = 60%) การวิเคราะห์ความไวพบว่าผลลัพธ์ยังคงมีนัยสำคัญเมื่อไม่นำงานวิจัยของ Yazdani Aliabadi et al. มาวิเคราะห์ (pooled SMD = -0.62; 95% CI: -0.98 ถึง -0.26; I^2= 0%) และเมื่อ ไม่นำงานวิจัยของ van Driel et al. มาวิเคราะห์ (pooled SMD = -0.97; 95% CI: -1.74 ถึง -0.21; I^2 = 77%) ผลการประเมิน GRADE จัดระดับความเชื่อมั่นของ หลักฐานด้านร่างกายไว้ในระดับปานกลาง โดย สรุป MBSR อาจเป็นการแทรกแซงเสริม ที่ไม่ใช้ยาซึ่งมีศักยภาพในการบรรเทาอาการทางกายและส่งเสริม คุณภาพชีวิตของสตรีวัย หมดประจำเดือน อย่างไรก็ตามควรตีความร่วมกับข้อจำกัดด้านจำนวนงานวิจัยและ ความ แตกต่างระหว่างการศึกษาและควรมีการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมคุณภาพสูงเพิ่มเติม

คำสำคัญ: การเจริญสติเพื่อลดความเครียด, วัยหมดประจำเดือน, อาการทางกาย, MENQOL, การวิเคราะห์อภิมาน

Abstract

This systematic review and meta-analysis evaluated the effectiveness of Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) for physical symptoms in menopausal women. The review followed PRISMA 2020. English-language studies published between January 2011, and April 2026 were searched across 13 sources. Eligible randomized controlled trials compared structured MBSR with control conditions in perimenopausal, menopausal, or postmenopausal women and used validated instruments. The primary analysis focused on the physical domain of the Menopause-Specific Quality of Life Questionnaire (MENQOL). MBSR is a structured mindfulness training program, typically delivered once weekly for 8 weeks, together with regular home practice. Its core activities include body scan meditation, sitting meditation, mindful movement or yoga, and the application of mindfulness skills in daily life. Standardized mean differences were calculated as Hedges' g using a random-effects model. Of 285 records, four trials involving 520 participants met the inclusion criteria. Three trials with 187 analysed participants provided MENQOL physical-domain data. MBSR significantly improved physical symptoms (pooled SMD = -0.86; 95% CI: -1.34 to -0.38; I^2 = 60%). The result remained statistically significant after excluding Yazdani Aliabadi et al. (pooled SMD = -0.62; 95% CI: -0.98 to -0.26; I^2 = 0%) and after excluding van Driel et al. (pooled SMD = -0.97; 95% CI: -1.74 to -0.21; I^2 = 77%). GRADE certainly was moderate. MBSR may be a useful non-pharmacological complementary intervention; however, further high-quality randomized controlled trials are required.

Keywords: mindfulness-based stress reduction, menopause, physical symptoms, MENQOL, meta-analysis

บทนำ

วัยหมดประจำเดือนเป็นช่วงเปลี่ยนผ่านสำคัญของสุขภาพสตรี ซึ่งสัมพันธ์กับ การเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนและอาการที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในหลายมิติ อาการที่พบ ได้บ่อยประกอบด้วยอาการร้อนวูบวาบเหงื่อออกกลางคืน ปัญหาการนอน อารมณ์ แปรปรวน ความอ่อนเพลียและอาการทางระบบกล้ามเนื้อและข้อ สตรีจำนวนมากยัง รายงานว่ากลุ่มอาการดังกล่าวกระทบต่อการทำงานและการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมีนัยสำคัญ[1-3]

แบบสอบถาม Menopause-Specific Quality of Life Questionnaire (MENQOL) เป็นเครื่องมือมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นเพื่อประเมินผลกระทบของอาการวัยหมด ประจำเดือนต่อคุณภาพชีวิตประกอบด้วย 29 ข้อ แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านอาการ ทางหลอดเลือดและการควบคุมอุณหภูมิ ด้านจิตสังคม ด้านร่างกายและด้านเพศสัมพันธ์ คะแนนที่สูงกว่าสะท้อนอาการหรือผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตที่มากกว่า โดยเฉพาะด้านร่างกายมี 16 ข้อ ครอบคลุมอาการหลายระบบเช่น ปวดกล้ามเนื้อและข้อ อ่อนเพลีย นอนไม่หลับ น้ำหนักเพิ่ม ผิวแห้งและปัสสาวะบ่อย[4]

การรักษาด้วยฮอร์โมนวัยหมดประจำเดือนมีบทบาทสำคัญในการบรรเทาอาการในผู้ป่วยที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการเลือกใช้จำเป็นต้องพิจารณาข้อบ่งชี้ ข้อห้ามและ ความเสี่ยงรายบุคคล จึงเกิดความสนใจต่อการแทรกแซงเสริมที่ไม่ใช้ยาเพื่อช่วยลดความรุนแรงของอาการและสนับสนุนคุณภาพชีวิต[5]

โปรแกรมบำบัดความเครียดด้วยการเจริญสติหรือ Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) เป็นโปรแกรมเชิงพฤติกรรมที่เน้นการรับรู้ปัจจุบันขณะอย่างไม่ตัดสิน ผ่านการสแกนร่างกาย การนั่งสมาธิ โยคะแบบมีสติ การเดินอย่างมีสติ และการฝึกที่บ้าน อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมจะเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่มกับผู้สอนสัปดาห์ละ 1 ครั้ง รวมทั้งหมด 8 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 2–2.5 ชั่วโมง หรือคิดเป็นเวลาฝึกร่วมกับผู้สอนประมาณ 16–20 ชั่วโมงตลอดโปรแกรม เนื้อหาการฝึกประกอบด้วยการสแกนร่างกาย (body scan) เพื่อฝึกรับรู้ความรู้สึกตั้งแต่บริเวณศีรษะจนถึงปลายเท้าอย่างเป็นระบบ การนั่งสมาธิ (sitting meditation) โดยฝึกสังเกตลมหายใจ เสียง ความคิด อารมณ์ และความรู้สึกทางกาย การเดินอย่างมีสติ (walking meditation) โดยให้ความสนใจกับการเคลื่อนไหวของร่างกายในแต่ละก้าว และการฝึกโยคะหรือการยืดเหยียดร่างกายอย่างมีสติ (mindful yoga or mindful stretching) ซึ่งใช้ท่าทางที่อ่อนโยนและเหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้เข้าร่วม

นอกเหนือจากการเรียนร่วมกับผู้สอน ผู้เข้าร่วมยังได้รับมอบหมายให้ฝึกด้วยตนเองที่บ้านอย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณวันละ 30–45 นาที อย่างน้อย 6 วันต่อสัปดาห์หรือประมาณ 40 นาทีต่อวัน การฝึกอาจใช้ไฟล์เสียงนำฝึก คู่มือ หรือการบันทึกการฝึกประจำวันร่วมด้วย ในบางรูปแบบของโปรแกรมอาจมีช่วงฝึกต่อเนื่องแบบเงียบ (silent retreat หรือ silence day) เพิ่มเติมอีก 1 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 4–6 ชั่วโมง เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประยุกต์ใช้ทักษะหลายรูปแบบร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ภายหลังจบโปรแกรมผู้เข้าร่วมสามารถนำหลักการเจริญสติไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ขณะรับประทานอาหาร เดิน ทำงานหรือเผชิญกับอาการทางกายและความเครียดที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน[6] การทบทวนวรรณกรรมก่อนหน้านี้

สนับสนุนว่า MBSR หรือการแทรกแซงที่อาศัย การเจริญสติอาจช่วยลดอาการวัยหมดประจำเดือนและส่งเสริมคุณภาพชีวิตแต่ยังมีข้อ จำกัดด้านจำนวนการศึกษา ความแตกต่างของรูปแบบการแทรกแซงและการรายงานผลลัพธ์เฉพาะด้าน[7,8]

คำถามและวัตถุประสงค์

1. โปรแกรมบำบัดความเครียดด้วยการเจริญสติ (MBSR) มีประสิทธิผลต่ออาการทางกายในสตรีวัยหมดประจำเดือนเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมหรือไม่?
2. เพื่อประเมินขนาดอิทธิพลรวมความแตกต่างระหว่างการศึกษาความแข็งแกร่งของผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ความไวและระดับความเชื่อมั่นของหลักฐานสำหรับ MENQOL ด้านร่างกาย

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

การเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมนในช่วงวัยหมดประจำเดือนอาจมีผลต่อการนอน ระบบประสาทอัตโนมัติ กระบวนการรับรู้ความเจ็บปวดและภาวะอักเสบระดับต่ำซึ่ง สัมพันธ์กับอาการทางกายที่ผู้ป่วยรับรู้ในชีวิตประจำวัน ความเครียดสามารถกระตุ้นแกน hypothalamic-pituitary-adrenal axis และเพิ่มการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่ออาการ ทำให้ผู้ป่วยรับรู้ความรบกวนของอาการมากขึ้นแม้ความรุนแรงของปัจจัยทางชีวภาพจะไม่ เปลี่ยนแปลงทั้งหมด[2,9] MBSR มีได้มุ่งลดอาการทางกายผ่านกลไกเดียวแต่มีความเป็นไปได้ ที่จะช่วยผ่านการปรับการรับรู้ต่ออาการ การลดปฏิกิริยาตอบสนองต่อความเครียด การเพิ่มทักษะกำกับอารมณ์และการส่งเสริมพฤติกรรมดูแลตนเอง การฝึก body scan และ mindful movement ยังทำให้ผู้เข้าร่วมสังเกตสัญญาณจากร่างกายอย่างเป็นระบบ โดยไม่ตีความเชิงลบโดยอัตโนมัติ[6,10]

ดังนั้นสมมติฐานของการศึกษานี้คือ โปรแกรม MBSR มีประสิทธิผลในการลด คะแนน MENQOL ด้านร่างกายอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมโดย คะแนนที่ลดลงหมายถึงผลกระทบของอาการทางกายต่อคุณภาพชีวิตลดลง

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการศึกษา การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์อภิมานดำเนินการตามแนวทาง PRISMA 2020 และ Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions[11,12]

แหล่งข้อมูลและกลยุทธ์การสืบค้น

วรรณกรรมภาษาอังกฤษจากฐานข้อมูลและแหล่งข้อมูลเสริมรวม 13 แหล่ง โดย ใช้คำค้นที่ครอบคลุม intervention ได้แก่ “Mindfulness-Based Stress Reduction” หรือ “MBSR”; population ได้แก่ “menopause”, “perimenopause”, “postmenopause” หรือ “climacteric”; และ outcome ได้แก่ “quality of life”, “MENQOL” หรือคำที่เกี่ยวข้อง การสืบค้นครอบคลุมช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2569

เกณฑ์คัดเลือก

คัดเข้าเฉพาะการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมในสตรีอายุ 40 ปีขึ้นไปซึ่งอยู่ใน ช่วงวัยใกล้หมดประจำเดือน วัยหมดประจำเดือนหรือวัยหลังหมดประจำเดือนทั้งที่เกิด ตามธรรมชาติและจากการผ่าตัด ได้รับโปรแกรม MBSR แบบมีโครงสร้าง และมีผลลัพธ์ ด้านคุณภาพชีวิตหรืออาการวัยหมดประจำเดือนจากเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ

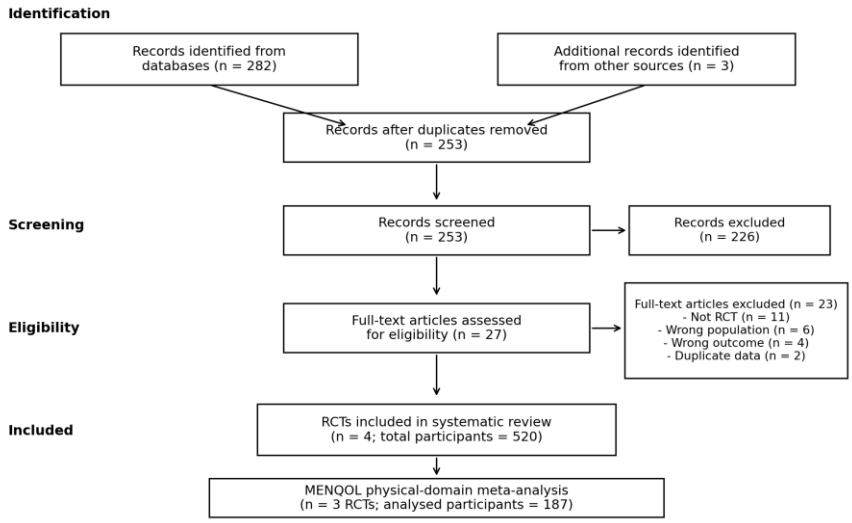
การสกัดข้อมูลและประเมินความเสี่ยงต่ออคติ ผู้ประเมินสกัดข้อมูลด้านประชากร ลักษณะโปรแกรม กลุ่มควบคุม เครื่องมือวัด ระยะเวลาติดตามและข้อมูลสถิติที่จำเป็น สำหรับการศึกษาของ van Driel et al.ซึ่งไม่ได้รายงานส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยตรง มีการประมาณค่าจากช่วงความเชื่อมั่น 95% ตามแนวทางที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ความเสี่ยง ต่ออคติประเมินด้วย Cochrane Risk of Bias tool version 2.0[13,14]

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์หลักใช้ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (standardized mean difference; SMD) ในรูป Hedges' g เพื่อปรับอคติจากตัวอย่างขนาดเล็ก และรวมผลด้วย inverse-variance random-effects model ค่า SMD ที่เป็นลบหมายถึงกลุ่ม MBSR มีคะแนนอาการลดลงมากกว่ากลุ่มควบคุม ประเมินความแตกต่างระหว่างการศึกษาด้วย I^2 และตรวจสอบความแข็งแกร่งของผลลัพธ์ด้วย leave-one-out sensitivity analysis[12,15,16]

การประเมินความเชื่อมั่นของหลักฐาน

ใช้แนวทาง GRADE โดยพิจารณาความเสี่ยงต่ออคติ ความไม่สอดคล้องกัน ความไม่ตรงประเด็น ความไม่แม่นยำและอคติจากการตีพิมพ์สำหรับผลลัพธ์ MENQOL ด้านร่างกาย



ภาพที่ 1 แผนผังกระบวนการสืบค้นและคัดเลือกงานวิจัยตามแนวทาง PRISMA 2020

ผลการวิจัย

ผลการสืบค้นและลักษณะงานวิจัย พบระเบียนทั้งหมด 285 รายการ หลังตัดรายการซ้ำ 32 รายการ เหลือ 253 รายการสำหรับการกลั่นกรองชื่อเรื่องและ บทคัดย่อ ตัดออก 226 รายการ เหลือบทความฉบับเต็ม

27 รายการ และคัดออก 23 รายการ สุดท้ายมีการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม 4 การศึกษา รวมผู้เข้าร่วม 520 คนจากอิหร่าน เนเธอร์แลนด์ ตุรกี และฮ่องกง งานวิจัย 3 การศึกษารายงาน MENQOL ด้านร่างกายและสามารถนำมารวมผลได้ ส่วนงานของ Wong et al. ใช้ Greene Climacteric Scale และรายงานเป็นหลักฐานสนับสนุนแยกต่างหาก[17-20]

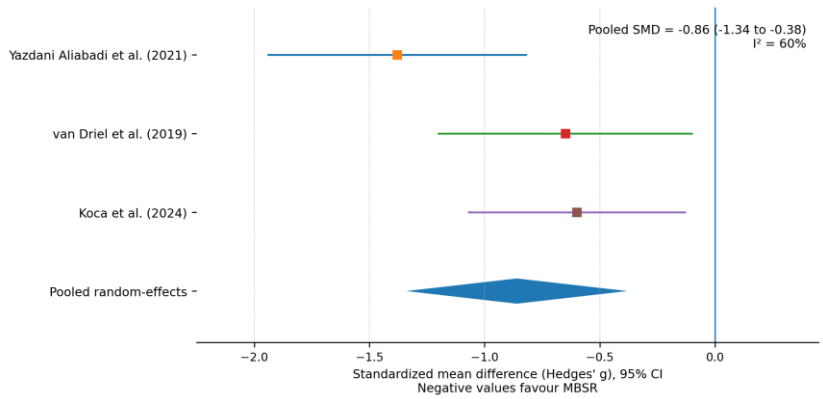
ตารางที่ 1 ลักษณะงานวิจัยปฐมภูมิที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ MENQOL ด้านร่างกาย

การศึกษา	ประเทศ	ประชากร	MBSR	กลุ่มควบคุม	เวลาประเมินผล
Yazdani Aliabadi et al. 2021	อิหร่าน	Natural menopause; n=60	8 สัปดาห์; 2 ชม./ครั้ง	Passive control	8 สัปดาห์; ติดตาม 3 เดือน
van Driel et al. 2019	เนเธอร์แลนด์	Surgical menopause หลัง RRSO; BRCA1/2; n=66	8 สัปดาห์; 2.5 ชม./ครั้ง	Care as usual	3, 6 และ 12 เดือน
Koca et al. 2024	ตุรกี	Natural menopause; 4-arm RCT; n=146	8 สัปดาห์; 2.5 ชม./ครั้ง	Passive control	8 สัปดาห์
Wong et al. 2018	ฮ่องกง	Peri-/postmenopause; n=197	8 สัปดาห์; 2.5 ชม./ครั้ง	Active MEC	GCS ที่ 2, 5 และ 8 เดือน

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์รายงานวิจัย MENQOL ด้านร่างกายที่นำมารวมผล

การศึกษา	n MBSR/Control	SMD (Hedges' g)	95% CI	การตีความ
Yazdani Aliabadi et al. 2021	30/30	-1.38	-1.94 ถึง -0.82	สนับสนุน MBSR
van Driel et al. 2019	28/25	-0.65	-1.20 ถึง -0.10	สนับสนุน MBSR
Koca et al. 2024	37/37	-0.60	-1.07 ถึง -0.13	สนับสนุน MBSR
ผลรวม random effects	k=3; N=187	-0.86	-1.34 ถึง -0.38	มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์อภิมานด้านร่างกาย การรวมผลจาก 3 การศึกษาพบว่า MBSR มีผลดีต่อ MENQOL ด้านร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมี pooled SMD = -0.86; 95% CI: -1.34 ถึง -0.38 และ I^2 = 60% ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับค่อนข้างใหญ่ และทิศทางของผลลัพธ์จากทั้งสามการศึกษาสนับสนุน MBSR อย่างสอดคล้องกัน[17-19]



ภาพที่ 2 Forest plot ของผลการวิเคราะห์อภิมาน MENQOL ด้านร่างกาย

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยและการวิเคราะห์ความไวของ MENQOL ด้านร่างกาย

การวิเคราะห์	k	Pooled SMD	95% CI	I^2
การวิเคราะห์หลัก	3	-0.86	-1.34 ถึง -0.38	60%
Natural menopause subgroup	2	-0.97	-1.74 ถึง -0.21	77%
Surgical menopause subgroup	1	-0.65	-1.20 ถึง -0.10	0%
ตัด Yazdani Aliabadi et al. ออก	2	-0.62	-0.98 ถึง -0.26	0%
ตัด van Driel et al. ออก	2	-0.97	-1.74 ถึง -0.21	77%

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์อภิมานครั้งนี้สนับสนุนว่า MBSR อาจช่วยลดผลกระทบของอาการทางกายต่อคุณภาพชีวิตของสตรีวัยหมดประจำเดือนได้ โดยพบขนาดอิทธิพลรวมในทิศทางที่สนับสนุน MBSR และช่วงความเชื่อมั่น 95% ไม่ครอบคลุมค่าศูนย์ ผลลัพธ์นี้มีความสำคัญเนื่องจาก MENQOL ด้านร่างกายครอบคลุมอาการที่พบในเวชปฏิบัติจริงหลายประการ ทั้งอาการอ่อนเพลีย ปัญหาการนอน อาการทางกล้ามเนื้อและข้อ น้ำหนักเพิ่ม ผิวแห้ง และปัสสาวะบ่อย[4]

เมื่อพิจารณารายการศึกษางานวิจัยทั้งสามชิ้นให้ผลในทิศทางเดียวกัน แม้ขนาด อิทธิพลแตกต่างกัน โดย Yazdani Aliabadi et al. รายงานขนาดอิทธิพลสูงที่สุด ขณะที่ van Driel et al. และ Koca et al. รายงานขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง ความแตกต่างดังกล่าวอาจสัมพันธ์กับเกณฑ์คัดเข้า ประชากรศึกษา ระยะเวลาประเมินผล รูปแบบกลุ่มควบคุม และบริบทของการหมดประจำเดือน[17-19]

การวิเคราะห์ความไวช่วยสนับสนุนความแข็งแกร่งของผลลัพธ์ด้านร่างกายอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อไม่นำงานวิจัยของ Yazdani Aliabadi et al. มารวม ค่าผลรวมยังคงมี นัยสำคัญและ I^2 ลดลงเหลือ 0% สะท้อนว่างานดังกล่าวอาจเป็นแหล่งหนึ่ง ของความ แตกต่างระหว่างการศึกษา ขณะเดียวกัน เมื่อไม่นำงานวิจัยของ van Driel et al. มารวม ทิศทางและนัยสำคัญยังคงเดิม แม้ I^2 เพิ่มขึ้นเป็น 77% ผลลัพธ์จึงมิได้ขึ้นอยู่กับงานวิจัย
เพียงรายการเดียว

การวิเคราะห์กลุ่มย่อยพบประโยชน์ทั้งในสตรีที่หมดประจำเดือนตามธรรมชาติ และจากการผ่าตัด อย่างไรก็ตามควรตีความอย่างระมัดระวังเนื่องจากกลุ่ม สตรีที่หมด ประจำเดือนจากการผ่าตัด อ้างอิงจากการศึกษาเพียงหนึ่งรายการและบริบทของผู้เข้าร่วมที่ได้รับการผ่าตัดลดความเสี่ยงรังไข่และท่อนำไข่ในผู้มียีน BRCA1/2 แตกต่างจากประชากรวัยหมดประจำเดือนทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ[18]

กลไกที่เป็นไปได้ของ MBSR ต่ออาการทางกายอาจประกอบด้วยการลดปฏิกิริยา ตอบสนองต่อความเครียด การปรับการรับรู้ต่ออาการ การช่วยให้นอนหลับและพักฟื้นดีขึ้น และการเพิ่มความสามารถในการอยู่กับความรู้สึกไม่สบายโดยไม่เกิดวงจรความกังวลซ้ำ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่สามารถยืนยันกลไกเชิงสาเหตุโดยตรงได้ จึงควรใช้คำอธิบาย ดังกล่าวในฐานะข้อเสนอเชิงชีวพฤติกรรมที่สอดคล้องกับหลักฐานที่มีอยู่[9,10]

ระดับความเชื่อมั่นของหลักฐาน ผลลัพธ์ MENQOL ด้านร่างกายได้รับการประเมินด้วย GRADE ในระดับปานกลาง โดยปรับลดหนึ่งระดับจากความเสี่ยงต่ออคติเนื่องจาก การแทรกแซงเชิงพฤติกรรมไม่สามารถปกปิดการรับรู้ของผู้เข้าร่วมได้อย่างสมบูรณ์แม้ I^2 = 60% จะสะท้อนความแตกต่างระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง แต่ทิศทางของผลลัพธ์ ยังค่อนข้างสอดคล้องและช่วงความเชื่อมั่นไม่ครอบคลุมค่าศูนย์

ข้อจำกัด

จำนวนการศึกษาที่นำมารวมผลมีเพียง 3 รายการและมีผู้เข้าร่วมที่วิเคราะห์ได้ 187 คน จึงควรระมัดระวังการสรุปอ้างอิงไปยังประชากรอื่น นอกจากนี้ข้อมูลของ van Driel et al. จำเป็นต้องประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากช่วงความเชื่อมั่นของ linear mixed model ซึ่งอาจไม่เทียบเท่าความแปรปรวนดิบของคะแนนรายบุคคล โดยตรง รูปแบบกลุ่มควบคุม ระยะเวลาติดตามและลักษณะประชากรยังแตกต่างกันระหว่างการศึกษา การใช้ SMD ช่วยให้รวมผลได้แต่ไม่ควรตีความแทนค่าการเปลี่ยนแปลงคะแนนดิบหรือ minimal clinically important difference โดยตรง[14,15,21]

สรุปผลการวิจัย

หลักฐานจากการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมสนับสนุนว่าโปรแกรม MBSR อาจมีประสิทธิผลในการลดอาการทางกายที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของสตรีวัยหมดประจำ เดือน โดยผลรวม MENQOL ด้านร่างกายมีนัยสำคัญทางสถิติและมีระดับความเชื่อมั่นของ หลักฐานปานกลาง ผลการวิเคราะห์ความไวแสดงความคงทนของทิศทางและนัยสำคัญ ของผลลัพธ์ อย่างไรก็ตาม MBSR ควรถูกพิจารณาเป็นการแทรกแซงเสริมที่ไม่ใช้ยา มิใช่การทดแทนการประเมินและการรักษามาตรฐานรายบุคคล

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ควรมีการทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมซึ่งมีขนาดตัวอย่างเพียงพอ ใช้ MENQOL เป็นเครื่องมือมาตรฐาน รายงานค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานดิบอย่างครบถ้วน ใช้กลุ่มควบคุมแบบ active control เมื่อเหมาะสมและติดตามผลระยะยาว ควรวิเคราะห์ แยกตามประเภทของการหมดประจำเดือน ระดับอาการตั้งต้น ความสม่ำเสมอในการฝึก และองค์ประกอบของโปรแกรมรวมทั้งรายงานเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์และผลลัพธ์ที่ผู้ป่วย ให้ความสำคัญหรือวัดค่าผลลัพธ์ด้วยbiological marker เช่น hsCRP เพื่อเพิ่มความชัดเจนของการประยุกต์ใช้ทางคลินิก

เอกสารอ้างอิง

1. Monteleone P, Mascagni G, Giannini A, Genazzani AR, Simoncini T. Symptoms of menopause - global prevalence, physiology and implications. Nat Rev Endocrinol. 2018;14(4):199-215.
2. Fang Y, Liu F, Zhang X, Chen L, Liu Y, Yang L, et al. Mapping global prevalence of menopausal symptoms among middle-aged women: a systematic review and meta-analysis. BMC Public Health. 2024;24(1):1767.
3. Faubion SS, Enders F, Hedges MS, Chaudhry R, Kling JM, Shufelt CL, et al. Impact of menopause symptoms on women in the workplace. Mayo Clin Proc. 2023;98(6):833-45.
4. Hilditch JR, Lewis J, Peter A, van Maris B, Ross A, Franssen E, et al. A menopause-specific quality of life questionnaire: development and psychometric properties. Maturitas. 1996;24(3):161-75.
5. Crandall CJ, Mehta JM, Manson JE. Management of menopausal symptoms: a review. JAMA. 2023;329(5):405-20.
6. Kabat-Zinn J. Mindfulness-based interventions in context: past, present, and future. Clin Psychol Sci Pract. 2003;10(2):144-56.
7. Chen TL, Chang SC, Hsieh HF, Huang CY, Chuang JH, Wang HH. Effects of mindfulness-based stress reduction on quality of life and menopausal symptoms of perimenopausal and postmenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. Maturitas. 2021;144:81-6.
8. Liu H, Cai K, Wang J, Zhang H. The effects of mindfulness-based interventions on anxiety, depression, stress, and mindfulness in menopausal women: a systematic review and meta-analysis. Front Public Health. 2023;10:1045642.
9. McEwen BS, Nasca C, Gray JD. Stress effects on neuronal structure: hippocampus, amygdala, and prefrontal cortex. Neuropsychopharmacology. 2016;41(1):3-23.
10. Tang YY, Holzel BK, Posner MI. The neuroscience of mindfulness meditation. Nat Rev Neurosci. 2015;16(4):213-25.
11. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n71.
12. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, et al., editors. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Version 6.4. Cochrane; 2023.

13. Sterne JAC, Savovic J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. BMJ. 2019;366:l4898.
14. Wan X, Wang W, Liu J, Tong T. Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range. BMC Med Res Methodol. 2014;14:135.
15. Borenstein M, Hedges LV, Higgins JPT, Rothstein HR. Introduction to meta-analysis. Chichester: Wiley; 2009.
16. Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. BMJ. 2003;327(7414):557-60.
17. Yazdani Aliabadi M, Dehghani M, Rezaei M, Jahanbani J, Khayat S, Sedighi S. A study of mindfulness-based stress-reduction training effects on menopause-specific quality of life in postmenopausal women: a randomized controlled trial. Complement Ther Clin Pract. 2021;44:101398.
18. van Driel CM, Stuursma A, Schroevers MJ, Mourits MJ, de Bock GH. PURSUE study - mindfulness-based stress reduction programme after risk-reducing salpingo-oophorectomy in BRCA1/2 mutation carriers: a randomised controlled trial. BJOG. 2019;126(3):402-11.
19. Koca T, Kosgeroglu N, Cerit B, Demiray A. Effects of mindfulness-based stress reduction, acupressure, and laughter yoga on menopausal symptoms: a four-arm randomized controlled trial. Menopause. 2024;31(10):879-86.
20. Wong C, Yip BH, Gao T, Lam KY, Woo DM, Wu RH, et al. Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) or Psychoeducation for the Reduction of Menopausal Symptoms: A Randomized, Controlled Clinical Trial. Sci Rep. 2018;8(1):6609.
21. Schultz SL, DeSantis NJ, Toner CA, Wehr AM, Frank GJ, Snider KN, et al. Determining the minimally clinically important difference for Menopause-Specific Quality of Life Questionnaire total score and domain scores. Menopause. 2024;31(3):200-8.

ประสิทธิผลของ Copper Bromide laser (Dual yellow®) ต่อสิวอักเสบในเพศหญิง

THE EFFECTIVENESS OF COPPER BROMIDE LASER (DUAL YELLOW®) ON INFLAMMATORY ACNE VULGARIS IN FEMALE

วลัญช์ปพร ลิ้มพันธ์อุดม*

WALANPAPHON LIMPHANUDOM

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 645159100035@dpu.ac.th

ปองศิริ คุณงาม**

PONGSIRI KUNGNAM

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Pongsiri Kungnam, M.D., Advisor

อีเมล: pongsirikoonngam.@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผลของ Copper Bromide laser (Dual Yellow®) ต่อการรักษาสิวในเพศหญิง อาการไม่พึงประสงค์ และระดับความพึงพอใจหลังการรักษา กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครเพศหญิงจำนวน 22 คน ที่มีภาวะสิวอักเสบระดับปานกลางถึงรุนแรง โดยใช้ระยะเวลาในการรักษา 12 สัปดาห์ ประเมินผลที่สัปดาห์ที่ 0, 2, 6, 8 และ 12 การประเมินผลประกอบด้วยการนับจำนวนสิวอุดตันจากภาพถ่ายใบหน้า รวมทั้งประเมินอาการไม่พึงประสงค์และความพึงพอใจของอาสาสมัครหลังการรักษา ผลการศึกษาพบว่า Copper Bromide Laser สามารถลดจำนวนสิวอุดตันได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ($p < 0.05$) โดยความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มชัดเจนในสัปดาห์ที่ 12 กลไกสำคัญเกิดจากพลังงานแสงความยาวคลื่น 511 และ 578 นาโนเมตร ที่สามารถถูกดูดซับโดย porphyrins ของเชื้อ Cutibacterium acnes ทำให้เกิด singlet oxygen radical ส่งผลให้เชื้อถูกทำลาย ด้านความพึงพอใจ พบว่าอาสาสมัครในกลุ่ม Copper Bromide Laser มีระดับความพึงพอใจสูงกว่าในสัปดาห์ที่ 6, 8 และ 12 โดยสัปดาห์ที่ 12 มีความพึงพอใจระดับมากร้อยละ 81.25 และไม่พบผลข้างเคียงรุนแรงจากการรักษาในทั้งสองกลุ่ม สรุปได้ว่า Copper Bromide laser (Dual Yellow®) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการรักษาสิว โดยมีความปลอดภัยและได้รับความพึงพอใจจากอาสาสมัครในระดับที่ดี จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการรักษาสิวทางคลินิกได้

คำสำคัญ: Copper Bromide Laser, สิวอุดตัน, Split-face Design, Cutibacterium acnes

Abstract

This experimental study aimed to investigate the effectiveness of Copper Bromide laser (Dual Yellow®) in the treatment of comedone acne in female participants, including adverse effects, and patient satisfaction after treatment. The study included 22 female volunteers with moderate to severe inflammatory acne. The treatment period lasted 12 weeks, with evaluations conducted at weeks 0, 2, 6, 8 and 12. Outcome assessments included comedone acne lesion counts from facial photographs. Adverse effects and participant satisfaction following treatment were also evaluated. The results showed that Copper Bromide Laser significantly reduced comedone acne lesions compared with the control group starting from week 6 ($p < 0.05$) with a clear difference between the two groups at week 12. The mechanism is related to the 511 nm and 578 nm wavelengths, which can be absorbed by porphyrins produced by Cutibacterium acnes, resulting in the generation of singlet oxygen radicals that destroy the bacteria. In terms of satisfaction, participants in the Copper Bromide Laser group reported higher satisfaction levels at weeks 6, 8, and 12, with 81.25% reporting a high level of satisfaction at week 12. No severe adverse effects were observed in either group. In conclusion, Copper Bromide Laser (Dual Yellow®) is an effective treatment option for acne. It reduces acne with good safety and satisfaction outcomes. Therefore, it may be applied as an alternative treatment for acne in clinical practice.

Keywords: Copper Bromide Laser, Comedone Acne, Split-face Design, Cutibacterium acnes

บทนำ

สิว (Acne vulgaris) จัดเป็นโรคปัญหาทางผิวหนังที่เกิดจากต่อมไขมันและรูขุมขนมีความผิดปกติ (pilosebaceous unit) พบได้บ่อยในช่วงวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น โดยเฉพาะในช่วงอายุประมาณ 12–25 ปี ซึ่งมีรายงานการพบผู้ป่วยในสัดส่วนสูงร้อยละ 85[1] แม้ว่าสิวในผู้ป่วยส่วนใหญ่สามารถหายเองได้และไม่มีผลกระทบจนถึงขั้นเสียชีวิต อย่างไรก็ตาม การเกิดสิวไม่ได้ส่งผลเฉพาะต่อสุขภาพผิวเท่านั้น แต่ยังกระทบต่อสภาพจิตใจ ความมั่นใจในตนเอง และคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอีกด้วยโดยเฉพาะกลุ่มวัยรุ่น โดยพบว่าในผู้ป่วยที่เป็นโรคสิวมีแนวโน้มหรือมีโอกาสที่จะเป็นภาวะซึมเศร้ามากกว่าคนทั่วไปประมาณ 2-3 เท่า[2] รวมถึงยังส่งผลต่อสังคม ทั้งด้าน ความมั่นใจในตนเอง การเข้าสังคม และการถูกว่าจ้างงาน นอกจากนี้สิวเป็นโรคเรื้อรังจำเป็นต้องใช้ ระยะเวลาในการรักษาค่อนข้างนาน ทำให้ผู้ที่เป็นโรคสิวเสียค่ารักษา และเสียเวลาในการทำการรักษา ซึ่งถือเป็นภาระทางการเงินและเวลาอย่างหนึ่งของผู้ป่วย โดยการรักษาสิวมีค่ารักษาคิดเป็นอันดับสอง เมื่อเทียบกับการรักษาแผลทางผิวหนังและโรคทางผิวหนังทั้งหมด ปัจจุบันการรักษาสิวสามารถทำได้โดยการใช้ยารับประทานและยาสำหรับทาภายนอก เช่น ยากลุ่ม retinoids ยาปฏิชีวนะ ยากลุ่ม benzoyl peroxide และยาคุมกำเนิดให้แก่ผู้ป่วยเพศหญิง แนวทางการรักษาสิวในปัจจุบันมักใช้วิธีการรักษาหลายรูปแบบร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมอาการและลดความรุนแรงของโรค อย่างไรก็ตาม การรักษาบางวิธีอาจก่อให้เกิดปัญหาหรือผลข้างเคียงจากการใช้ยา โดยเฉพาะการใช้ยาปฏิชีวนะในปริมาณมากหรือเป็นระยะเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลให้เชื้อ *C. acnes* เกิดการดื้อยา ทำให้ระยะเวลาในการรักษายาวนานขึ้น และอาจส่งผลให้ผู้ป่วยบางรายขาดความร่วมมือในการรักษา จนทำให้การรักษามีความซับซ้อนและยากต่อการควบคุมอาการมากยิ่งขึ้น[3]

นอกจากนี้ยังมีแนวทางในการรักษาอื่น เช่น การใช้พลังงานแสงในการรักษา การ ใช้เลเซอร์ ซึ่งถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถลดอัตราการเกิดสิว ลดการอักเสบของสิว จึงสามารถลดการใช้ยาที่เกินจำเป็นและช่วยลดอาการข้างเคียงจากการใช้ยา รวมถึงลดความเสี่ยงจากการดื้อยาของ *C.acnes* ดังนั้นการใช้ Copper Bromide laser หรือ Dual yellow laser ซึ่งประกอบไปด้วยแสง 2 ชนิด คือ แสงสี เขียว ซึ่งมีความยาวคลื่น 511 นาโนเมตร และแสงสีเหลือง มีความยาวคลื่น 578 นาโนเมตร ช่วยบรรเทาอาการอักเสบที่เกิดจากสิวอักเสบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถลดจำนวนเชื้อ *C.acnes* ถือเป็นอีกแนวทางในการรักษาสิว โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประสิทธิผลของการใช้ Copper Bromide laser ในการรักษาสิวอักเสบ รวมถึงประเมินอาการไม่พึงประสงค์ของการรักษา และความพึงพอใจโดยรวมหลังจากการรักษาด้วย Copper Bromide laser

สมมุติฐานของการวิจัย

1. สมมุติฐานหลัก: การใช้ Copper Bromide laser สามารถลดจำนวนสิวอุดตัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้ Copper Bromide laser ในการลดจำนวนสิวอุดตัน
2. เพื่อศึกษาอาการไม่พึงประสงค์ในการใช้ Copper Bromide laser
3. เพื่อศึกษาระดับความพึงพอใจโดยรวมในการใช้ Copper Bromide laser

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

มีการศึกษาของ Adrienne S. Glaich และคณะ ในปี ค.ศ. 2006 เรื่อง “การรักษาสิวอักเสบบริเวณใบหน้าด้วยการใช้เลเซอร์ Pulsed-Dye Laser ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตรร่วมกับระบบทำความเย็นแบบ Dynamic-Cooling และเลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 1450 นาโนเมตร” ซึ่งเป็นการศึกษาทางคลินิกแบบ split-face เพื่อประเมินผลลัพธ์ของการรักษาสิวอักเสบด้วยเลเซอร์ โดยมีการคัดเลือกอาสาสมัครที่มีสิวอักเสบบริเวณใบหน้าจำนวน 15 ราย การศึกษานี้เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองรักษาระหว่างใบหน้าด้านที่ได้รับใช้ด้วยเลเซอร์กับใบหน้าด้านที่ได้รับ placebo เพื่อใช้เป็นกลุ่มควบคุม ภายใต้การออกแบบการศึกษาที่ช่วยลดความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาสาสมัครได้รับการทดลองรักษาทั้งหมด 3 ครั้ง โดยมีระยะห่างประมาณ 4–6 สัปดาห์ต่อการรักษา 1 ครั้ง ภายหลังการติดตามผล พบว่าใบหน้าด้านที่ได้รับการทดลองรักษาโดยการใช้เลเซอร์มีการลดลงของจำนวนสิวอักเสบอย่างเห็นได้ชัด และมีผลที่สอดคล้องในทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ สำหรับด้านที่ได้รับ placebo โดยหลังการรักษาครั้งที่ 1 จำนวนสิวอักเสบลดลงเฉลี่ยร้อยละ 52 หลังการรักษาครั้งที่ 2 ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 63 และหลังการรักษาครั้งที่ 3 ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 84 ตามลำดับ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การรักษาด้วยเลเซอร์ชนิด 595-nm Pulsed-Dye Laser ร่วมกับ 1450-nm Diode Laser สามารถช่วยลดการอักเสบของสิวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอาจเป็นอีกแนวทางที่สามารถนำมาใช้ในการรักษาสิวในทางคลินิก[4]

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองทางคลินิกรูปแบบ Therapeutic research มีกลุ่มควบคุมแบบ RCT, Split-face design มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผล ของการใช้ copper bromide laser ในการลดสิวอักเสบเปรียบเทียบกับการใช้ stainless steel face massage ที่แช่ในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส วนที่ใบหน้า ใช้ระยะเวลาศึกษาวิจัยรวม 12 สัปดาห์ มีการติดตามผลทั้งหมด 5 ครั้งที่ 0, 2, 6, 8 และ 12 สัปดาห์ มีอาสาสมัครที่ตรงตามเกณฑ์คัดเข้าทั้งหมด 22 คน แบ่งให้การรักษาครึ่งหน้าโดยใช้กระบวนการแบบสุ่ม (block randomization) โดยใช้ copper bromide laser ครึ่งหน้า และใช้ stainless steel face massage ที่แช่ในน้ำอุ่นอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส วนที่ใบหน้าอีกครึ่งหน้า โดยให้การรักษาทั้งหมดสองครั้งในสัปดาห์ที่ 0 และ 6 ซึ่งการรักษาด้วย copper bromide laser ใช้หัว scanner 10 มิลลิเมตร ความหนาแน่นพลังงาน 8J/cm^2 off time 400 ms

โดยการศึกษาวิจัยนี้ต้องการทำการศึกษาประสิทธิผลของการใช้ Copper Bromide laser ในการทำให้ สิวอักเสบลดลงในอาสาสมัครเพศหญิงจำนวนทั้งสิ้น 22 คน ใช้ระยะเวลาในการรักษา 12 สัปดาห์ โดยการ

วัดประสิทธิผลจะดูจากจำนวนสิวอุดตันลดลงของใบหน้าด้วยรูปถ่าย โดยประเมินสภาพผิวหลังการรักษาที่ 0, 2, 6, 8 และ 12 สัปดาห์ ร่วมกับประเมินอาการไม่พึงประสงค์ และประเมินความพึงพอใจโดยรวมของอาสาสมัครหลังการใช้ Copper Bromide laser ซึ่งการคำนวณอาสาสมัครอ้างอิงจากการศึกษา Treatment of inflammatory facial acne vulgaris with combination 595-nm pulsed-dye laser with dynamic-colling device and 1450-nm diode laser ที่มีการศึกษา 595-nm pulsed-dye laser พบว่า มีจำนวนสิวอักเสบลดลงที่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วย laser จำนวนเม็ดสิวลดลง 52% และ 63% ตามลำดับ และกลุ่ม ควบคุม ลดลง 9% จากขนาดตัวอย่างเพื่อทดสอบสมมุติฐานค่าเฉลี่ย โดยประชากรทั้ง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน กำหนดให้ alpha = 0.05 , power = 0.8 (beta = 0.2) คำนวณ N ได้ 16.7668 = กลุ่มตัวอย่าง 17 คนต่อ 1 กลุ่ม คำนวณ drop off rate 20% = 17+3.4 = 20.4 ตัวอย่าง ดังนั้นกลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลองศึกษา จำนวน 22 คนต่อกลุ่ม

เกณฑ์การคัดตัวอย่างเข้า (Inclusion Criteria)

1. ผู้เข้าร่วมการทดลองรักษาในครั้งนี้เป็นเพศหญิง อายุ 25–35 ปี
2. ผู้เข้าร่วมการทดลองรักษาในครั้งนี้ได้รับการประเมินว่าเป็นสิวระดับปานกลางถึงรุนแรงตามเกณฑ์ IAA grading of acne severity โดยมีจำนวนสิวอักเสบอย่างน้อย 10–20 เม็ดขึ้นไป

เกณฑ์การคัดตัวอย่างออก (Exclusion criteria)

1. ผู้เข้าร่วมที่ต้องการถอนตัวจากการศึกษา หรือไม่สามารถเข้าร่วมต่อได้
2. ผู้ที่กำลังตั้งครรภ์หรืออยู่ในช่วงให้นมบุตร
3. ผู้ที่มีโรคประจำตัวซึ่งอาจมีผลต่อการเกิดสิว เช่น adrenal tumor หรือ polycystic ovary syndromeอาสาสมัครมีโรคประจำตัวที่ไม่สามารถใช้ Copper Bromide laser ในการรักษาสิว เช่น SLE, Photosensitivity
4. อาสาสมัครมีการใช้ยาที่ส่งผลกระทบต่อการเป็นสิว เช่น ยา steroid, ยาคุมกำเนิด, การใช้ฮอร์โมน ทดแทน

เกณฑ์การถอนตัว (Withdrawal criteria)

1. อาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงการรักษาสิวในช่วงที่เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยที่
   1.1. มีการรับประทานยารักษาสิว ต้องมีการใช้อย่างน้อย 2 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
   1.2. มีการทำหัตถการรักษาสิว ต้องมีการทำต่อเนื่องอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย
2. หลังทำการรักษาด้วย Copper Bromide laser พบว่าอาสาสมัครมีโรคที่อาจเกิดผลข้างเคียงจากการรักษา
3. เช่น เกิดสะเก็ดหรือเกิดแผล burn หลังการรักษา หรืออาสาสมัครไม่สามารถทนผลข้างเคียงจากการรักษาได้
4. หลังทำการรักษาด้วย Copper Bromide laser พบว่าอาสาสมัครมีโรคที่อาจเกิดผลข้างเคียงจากการรักษา เช่น Photosensitivity, โรค SLE

5. เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของรอยโรคสิวมากขึ้นจนอาสาสมัครต้องมีการเปลี่ยนแปลงการรักษา สิว
6. อาสาสมัครไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดของงานวิจัย เช่น อาสาสมัครมีการเปลี่ยนแปลงการรักษาสิว
7. อาสาสมัครไม่ได้มาทำการรักษาด้วย Copper Bromide laser ในครั้งที่สองตามนัด เกินกว่า 10

ผลการวิจัย

เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

จากการวิจัย ค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดของสิวอุดตันในกลุ่มทดลองในสัปดาห์ที่ 0, 2, 6, 8 และ12 สัปดาห์เท่ากับ 8.06 ± 4.57, 8.88 ± 5.73, 7.13 ± 4.06, 5.31 ± 3.79 และ 4.69 ± 3.33 ตามลำดับ และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 8.69 ± 6.01, 8.69 ± 6.02, 8.81 ± 5.61, 8.63 ± 6.16 และ 8.94 ± 5.57 ตามลำดับ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่มโดยสถิติ multilevel logistic regression พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 12 ที่ p = 0.75, 0.92, 0.27, 0.09 และ .003 ตามลำดับ โดยค่า 95% CI = (-2.79, 4.05), (-3.90, 3.52), (-1.33, 4.71), (-0.45, 7.09) และ (0.46, 8.04) ตามลำดับ พบว่าค่า 95% CI มีความเชื่อมั่นในสัปดาห์ที่ 12 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดสิว ได้แก่ เม็ดสิวทั้งหมด เม็ดสิวอักเสบ เม็ดสิวอุดตัน และค่า p-value, ค่า 95% CI ร เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ที่ 0, 2, 6, 7 และ 12 สัปดาห์ โดย Multilevel logistic regression

Week	$\bar{x}$ ± SD เม็ดสิวอักเสบ		p-value	$\bar{x}$ ± SD เม็ดสิวอุดตัน		p-value	$\bar{x}$ ± SD เม็ดสิวทั้งหมด		p-value
	T	P	(95%CI)	T	P	(95%CI)	T	P	(95%CI)
0	7.94 ± 3.02	7.56 ± 2.68	0.71 (-0.66, 0.87)	8.06 ± 4.57	8.69 ± 6.01	0.75 (-2.79 , 4.05)	15.63 ±6.82	16.44 ±8.36	0.75 (-4.36 , 5.98)
2	4.56 ± 2.68	7.13 ± 2.46	0.00 (1.73, 3.40)	8.88 ± 5.73	8.69 ± 6.02	0.92 (-3.90 , 3.52)	11.94 ±6.15	16.19 ±7.78	0.07 (-0.33 , 8.83)
6	4.06 ± 2.41	7.00 ± 1.79	0.00 (2.23, 3.90)	7.13 ± 4.06	8.81 ± 5.61	0.27 (-1.33 , 4.71)	10.94 ±5.64,	15.88 ±7.00	0.03 (0.51 , 9.37),)
8	2.50 ± 1.75	6.56 ± 1.46	0.00 (3.23, 4.90)	5.31 ± 3.79	8.63 ± 6.16	0.09 (-0.45 , 7.09)	7.81 ±4.60	15.75 ±7.18	0.001 (3.74 , 12.14)
12	2.63 ± 1.20	6.25 ± 1.24	0.00 (2.76, 4.62)	4.69 ± 3.33	8.94 ± 5.57	0.03 (0.46 , 8.04)	7.69 ±4.17	15.19 ±6.79	0.001 (3.45 , 11.55)

หมายเหตุ . T = กลุ่ม copper bromide laser (กลุ่มทดลอง), P = กลุ่ม placebo (กลุ่มควบคุม), Wk=week, $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ย SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $\bar{D}$ = ค่าเฉลี่ยของผลต่าง

เปรียบเทียบภายในกลุ่มทดลองที่ได้รับการรักษาด้วย copper bromide laser

ผลการศึกษาเปรียบเทียบภายในกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของจำนวนเม็ดของสิวอุดตันลดลงเท่ากับ -0.81 ± 1.67, -0.94 ± 2.58, -2.75 ± 1.67 และ-3.37 ± 1.84 ที่ 2, 6,8 และ 12 สัปดาห์ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 เป็นต้นไป โดย p = 0.07, 0.02, 0.001 และ

0.001 ตามลำดับ โดยค่า 95% CI = (−0.08, 1.70), (−1.72,−0.16), (−3.69,−1.81) และ (−4.41,−2.33) ตามลำดับ พบว่าค่า 95% CI มีความเชื่อมั่นในตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 ดังตารางที่ 2

เปรียบเทียบภายในกลุ่มควบคุม

ผลการศึกษาเปรียบเทียบภายในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของจำนวนเม็ดของสิวอุดตันลดลงเท่ากับ -0.31 ± 0.60, -0.44 ± 1.24, -0.44 ± 1.39, และ -0.56 ± 1.30 ตามลำดับ ที่ 2, 6, 8 และ 12 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกช่วงเวลา โดย p= 0.06, 0.18, 0.23 และ 0.11 และค่า 95% = (−0.01 , 0.63), (−0.22 , 1.09), (−0.30 , 1.18) และ (−0.13 , 1.25) ตามลำดับ พบว่าค่า 95% CI ไม่มีความเชื่อมั่นทุกช่วงเวลา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดสิวทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของผลต่างของเม็ดสิวทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดของสิวอักเสบ ค่าเฉลี่ยของผลต่างของเม็ดสิวอักเสบ ค่าเฉลี่ยของจำนวนเม็ดของสิวอุดตัน ค่าเฉลี่ยของผลต่างของเม็ดสิวอุดตัน ค่า p-value ค่า 95% CI เปรียบเทียบก่อนและหลังการได้รับการรักษาด้วย copper bromide laser และ placebo ที่ 0, 2, 6, 8 และ สัปดาห์ (multilevel logistic regression)

กลุ่ม	WK	$\bar{x}$ ±SD เม็ดสิวอักเสบ	$\bar{D}$±SD	p-value (95%CI)	$\bar{x}$ ±SD เม็ดสิวอุดตัน	$\bar{D}$±SD	p-value (95%CI)	$\bar{x}$ ±SD เม็ดสิวทั้งหมด	$\bar{D}$ ±SD	p-value (95%CI)
T	0	7.94 ± 3.02			8.06 ± 4.57			15.63 ±6.82		
	2	4.56 ± 2.68	-3.38 ± 1.50	0.00 (2.58, 4.17)	8.88 ± 5.73,	-0.81 ± 1.67	0.07 (−0.08 , 1.70)	11.94 ±6.15	−3.69 ±4.10	0.011 (−6.73,−0.65)
	6	4.06 ± 2.41	-3.88 ± 1.71	0.00 (2.97, 4.79),	7.13 ± 4.06	-0.94 ± 2.58	0.02 (−1.72,−0.16)	10.94 ±5.64	−4.69 ±3.96	0.002 (−7.27,−2.11)
	8	2.50 ± 1.75	-5.44 ± 1.75	0.00 (1.82-5.71)	5.31 ± 3.79	-2.75 ±1.67	0.001 (−3.69,−1.81)	7.81 ±4.60	−7.81 ±4.21	0.000 (−10.20,−5.42)
	12	2.63 ± 1.20	-5.31 ± 2.39	0.00 (4.04, 6.58)	4.69 ± 3.33	-3.37 ± 1.84	0.001 -(4.41,−2.33)	7.69 ±4.17	−7.94 ±4.08	0.000 (−10.26,−5.62)
P	0	8.56 ± 5.92			8.69 ±6.01			16.44 ±8.36		
	2	7.63 ± 5.30-	-0.44 ± 0.89	0.05 (-0.04,0.91)	8.69 ±6.02	-0.31 ±0.60	0.06 (−0.01 ,0.63)	16.19 ±7.78	−0.25 ±1.10	0.38 (−0.91 ,0.41)
	6	7.06 ± 4.93	-0.56 ± 1.26	0.17 (-0.11,1.24),	8.81 ±5.61	-0.44 ± 1.24	0.175 (−0.22 ,1.09)	15.88 ±7.00	−0.56 ±1.25	0.21 (−1.32 ,0.20)
	8	6.81 ± 4.12	-1.00 ± 1.51	0.018 (0.20, 1.80)	8.63 ±6.16	-0.44 ± 1.39	0.23 (−0.30 ,1.18)	15.75 ±7.18	−0.69 ±1.35	0.14 (−1.49 ,0.11)
	12	7.19 ± 4.32	-1.31 ± 2.02	0.020 (0.23, 2.39)	8.94 ±5.57	-0.56 ±1.30	0.11 (-0.13 ,1.25)	15.19 ±6.79	−1.25 ±1.52	0.045 (−2.37,−0.13)

หมายเหตุ . T = กลุ่ม copper bromide laser (กลุ่มทดลอง), P = กลุ่ม placebo (กลุ่มควบคุม), Wk=week, $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ย SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, $\bar{D}$ = ค่าเฉลี่ยของผลต่าง

ความพึงพอใจโดยรวมของอาสาสมัครต่อการรักษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมที่ 6 ,และ 12 สัปดาห์

ความพึงพอใจของอาสาสมัครในสัปดาห์ที่ 2 พบว่าทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจเท่ากัน แต่ในสัปดาห์ที่ 6 8 ,และ 12 สัปดาห์ อาสาสมัครมีความพึงพอใจในข้างที่รักษาด้วย copper bromide laser มากกว่า placebo และไม่พบผลข้างเคียงจากการวิจัย ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลจากแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจโดยรวม

แบบสอบถามความพึงพอใจโดยรวมของอาสาสมัคร	copper bromide laser (Dual Yellow®)				placebo			
	Week 2	Week 6	Week 8	Week 12	Week 2	Week 6	Week 8	Week 12
ความพึงพอใจต่อการรักษาที่ได้รับ								
2 พึงพอใจมาก	-	6.25%	56.25%	81.25%	-	-	25%	62.5%
1 พึงพอใจ	18.75%	31.25%	43.75%	18.75%	18.75%	25%	75%	37.5%
0 เฉยๆ	81.25%	62.5%	-	-	81.25%	75%	-	-
-1 ไม่พึงพอใจ	-	-	-	-	-	-	-	-
-2 ไม่พึงพอใจมาก	-	-	-	-	-	-	-	-

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า การรักษาสิวด้วย copper bromide laser พบว่าสิวอุดตันในกลุ่มทดลองเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม พบว่าผลการรักษาสิวอุดตันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 12 เนื่องจาก copper bromide laser มีคลื่นแสงสองความยาวคลื่น คือ แสงสีเขียว มีความยาวคลื่น 511 นาโนเมตร และแสงสีเหลือง มีความยาวคลื่น 578 นาโนเมตร โดยเชื้อ *C.acnes* สามารถสร้างสาร endogenous porphyrins ซึ่งมีความจำเพาะต่อพลังงานแสง จึงทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงบางความยาวคลื่นได้มากขึ้น และเกิด singlet oxygen radical ส่งผลให้เชื้อ *C.acnes* ถูกทำลาย โดยช่วงแสงที่จำเพาะต่อการดูดซับพลังงานของ Porphyrins คือช่วงแสงที่ความยาวคลื่น 400-410 และ 500-700 นาโนเมตร จึงสามารถดูดซับพลังงานแสงจากคลื่นแสงสีเขียวและสีเหลืองได้ ส่งผลให้ *C.acnes* ถูกทำลาย มีผลทำให้ลดสิวอุดตันได้ โดยกลุ่มทดลองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตั้งแต่สัปดาห์ที่ 6 โดยค่า 95% CI มีความเชื่อมั่น

ความพึงพอใจโดยรวมของอาสาสมัครหลังได้รับการรักษาด้วย copper bromide laser พบว่าที่ 2 สัปดาห์ อาสาสมัครพึงพอใจในการรักษาด้วย copper bromide laser และ placebo เท่ากัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปที่ 6, 8 และ12 สัปดาห์ พบว่าอาสาสมัครพึงพอใจในกลุ่ม copper bromide laser มากกว่า โดยในสัปดาห์ที่ 12 อาสาสมัครในกลุ่มทดลองให้คะแนนความพึงพอใจในระดับพึงพอใจมากถึง 81.25% ผลข้างเคียงจากการวิจัย ไม่พบอาการข้างเคียงอย่างอื่นเช่น หน้าแดง ผิวหนังลอก หรือผลข้างเคียงที่รุนแรงในทั้งสองกลุ่ม

สรุปผลการวิจัย

การรักษาด้วย Copper Bromide laser สามารถลดจำนวนสิวอุดตันได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ควรจะมีการเก็บข้อมูลในอาสาสมัครกลุ่มอื่น เช่น ในอาสาสมัครเพศชาย เพื่อที่จะได้ดูความแตกต่างของผลการรักษาเปรียบเทียบระหว่างเพศหญิงและเพศชายได้ หรือผลของฮอร์โมนเพศที่ส่งผลต่อสิว รวมถึงอาสาสมัครที่ใช้มีจำนวนน้อยเกินไป และการวัดผล porphyrin เป็นการวัดผลทางอ้อม

เอกสารอ้างอิง

1. Kang S, Amagai M, Bruckner AN, Enk AH, Margolis Dj, Mcmichael AJ, et al. (Ed.).(2019). Fitzpatrick's dermatology. (9th Ed.). United states : McGraw-Hill.
2. Sood S, Jafferany M, Kumar SV. Depression, Psychiatric comorbidities and Psychosocial Implications associated with Acne Vulgaris. Journal of Cosmetic Dermatology. 2020;19(12):3177-3182.
3. Larson SK, Dawson AL, Dunnick CA, Dellavalle RP. Acne vulgaris: pathogenesis, treatment, and needs assessment. Dermatologic Clinics. 2012;30(1):99-106
4. Glaich AS, Friedman PM, Jih MH, Goldberg LH. Treatment of inflammatory facial acne vulgaris with combination 595-nm pulsed-dye laser with dynamic-cooling-device and 1,450- nm diode laser. Laser in Surgery and Medicine. 2006;38(3):177-80.
5. Jeremy AH, Holland DB, Roberts SG, Thomson KF, Cunliffe WJ. Inflammatory events are involved in acne lesion initiation. The Journal of Investigative Dermatology. 2003;121(1):20-7
6. Nast A, Dreno B, Bettoli V, Degitz K, Erdmann R, Finlay AY, et al. European evidencebased (S3) guidelines for the treatment of acne. Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology. 2012; 26: 1-29.
7. Anaba LE, Ogunbiyi OA, George OA. Adolescent Facial Acne Vulgaris and Body Mass Index: Any Relationship? West African Journal of Medicine. 2019;36(2):129-132.
8. Ramli R, Malik AS, Hani AF, Jamil A. Acne analysis, grading and computational assessment methods: an overview. Skin Research and Technology. 2012;18(1):1-14.
9. Kulthanan K, Jiamton S, Kittisarapong R. Dermatology Life Quality Index in Thai patients with acne. Siriraj Medical Journal. 2007;59(12):3–7.
10. Kubba R, Bajaj AK, Sharma R, Vedamurthy M, Dhar S, Criton S, et al. Acne in India: guidelines for management - IAA consensus document. Indian Journal Dermatology, Venereology and leprology. 2009;75(1):1-62.
11. Zaenglein AL, Pathy AL, Schlosser BJ, Stern M, Boyer KM, Bhushan R, et al. Guidelines of care for the management of acne vulgaris. Journal of the American Academy of Dermatology. 2016;74(5):945-973.
12. Clark AK, Saric S, Sivamani RK. Acne Scars: How Do We Grade Them? American Journal of Clinical Dermatology. 2018;19(2):139-144.

13. Taub AF. The Treatment of Acne Scars, a 30-Year Journey. American Journal of Clinical Dermatology. 2019;20(5):683-690.
14. Davis P. A practical comparison of Copper Bromide Laser for photorejuvenation, acne and the treatment of vascular and pigmented lesions. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2013:3765-8.
15. Lloyd JR, Mirkov M, Selective photothermolysis of the sebaceous glands for acne treatment. Lasers in Surgery and Medicine. 2002;31(2):115-20.
16. Lee SY, You CE, Park MY. Blue and red light combination LED phototherapy for acne vulgaris in patients with skin phototype IV. Lasers in Surgery and Medicine. 2007;39(2):180-8.
17. Ammed S, Gonzales M, Edwards C, Finlay AY, Mills C. An Assessment of Efficacy of Blue Light Phototherapy in Treatment of Acne Vulgaris. Journal of Cosmetic Dermatology. 2008;7(3):180-8.
18. Longo L, Postiglione MG, Marangoni O, Melato M. Two-year follow-up results of copper bromide laser treatment of striae Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery. 2003;21(3):157-60.
19. Goldberg DJ, Russell BA. Combination blue (415 nm) and red (633 nm) LED phototherapy in the treatment of mild to severe acne vulgaris. Journal of Cosmetic and Laser Therapy. 2006;8(2):71-5

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการปนเปื้อนสารเซนโนไซด์ บี ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยเรื่องการขับถ่าย ที่จำหน่ายในประเทศไทย

PRELIMINARY STUDY OF SENNOSIDE B CONTAMINATION IN LAXATIVE DIETARY SUPPLEMENTS MARKETED IN THAILAND

วิลาสินี ศรีวิจิตร*

WILASINEE SRIWIJIT

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130608@dpu.ac.th

เอกราช บำรุงพืชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เสริมอาหารกลุ่มที่กล่าวอ้างสรรพคุณด้านการช่วยขับถ่าย เช่น กระตุ้นการขับถ่ายและลดอาการท้องผูก ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่ไม่ได้ระบุบนฉลาก โดยเฉพาะสารในกลุ่มยาระบายชนิดกระตุ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยไม่รู้ตัว หนึ่งในสารสำคัญดังกล่าวคือ เซนโนไซด์ บี (Sennoside B) ซึ่งเป็นสารในพืชมะขามแขกที่มีฤทธิ์เป็นยาระบาย และไม่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารตามกฎหมายของประเทศไทย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจการปนเปื้อนและตรวจสอบการมีอยู่ของสารเซนโนไซด์ บี ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีการกล่าวอ้างด้านการช่วยขับถ่ายที่วางจำหน่ายในประเทศไทย โดยใช้การวิจัยเชิงปริมาณด้านเคมีวิเคราะห์ ทำการคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 5 ตัวอย่าง จากผลิตภัณฑ์ที่มียอดจำหน่ายสูงผ่านช่องทางออนไลน์ ซึ่งมีการขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และไม่ระบุส่วนผสมของมะขามแขกหรือเซนโนไซด์ บี บนฉลาก จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) ณ ศูนย์วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผลการศึกษาพบว่า จากตัวอย่างทั้งหมด 5 รายการ มี 4 รายการ (ร้อยละ 80) ตรวจพบสารเซนโนไซด์ บี ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.1–3.04 โดยตัวอย่างที่มีค่าสูงสุด (ร้อยละ 3.04) มีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรมะขามแขกตามบัญชียาหลักแห่งชาติที่กำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.5 เมื่อคำนวณตามหน่วยบริโภค พบว่าผู้บริโภคอาจได้รับสารในช่วงประมาณ 11.2–30.6 มิลลิกรัมต่อครั้ง ซึ่งอยู่ในระดับใกล้เคียงกับขนาดยาที่ใช้เป็นยาระบายในทางการแพทย์ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารกลุ่มช่วยขับถ่ายในท้องตลาดประเทศไทยมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในระดับที่อาจส่งผลต่อร่างกาย โดยผู้บริโภคอาจได้รับสารดังกล่าวโดยไม่ทราบข้อมูลด้านขนาดการใช้และข้อจำกัดเหมือนผลิตภัณฑ์ยา ซึ่งอาจนำไปสู่ผลข้างเคียง เช่น การสูญเสียสมดุลน้ำและอิเล็กโทรไลต์ หรือภาวะลำไส้พึ่งพายาในระยะยาวได้

คำสำคัญ : เซนโนไซด์ บี, มะขามแขก, ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร, กระตุ้นการขับถ่าย, การปนเปื้อน, HPLC

Abstract

Dietary supplements claiming to promote bowel movement—such as stimulating laxation and relieving constipation—have seen a continuous increase in popularity. However, these products are at significant risk of contamination with undeclared pharmacologically active substances, particularly stimulant laxatives, which may pose unforeseen health risks to consumers. A primary compound of concern is Sennoside B, an active constituent of senna (Senna alexandrina) with potent laxative properties. Under Thai regulations, the inclusion of Sennoside B in dietary supplements is strictly prohibited. This study aimed to investigate the prevalence and verify the presence of Sennoside B contamination in dietary supplements marketed for bowel movement support in Thailand. A quantitative analytical approach was employed, using purposive sampling to select five top-selling products from major online platforms. All selected products were registered with the Thai Food and Drug Administration (FDA) and lacked declarations of senna or Sennoside B on their labels. Quantitative analysis was performed using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) at the Center for Analysis of Pharmaceutical Products, Faculty of Pharmacy, Mahidol University. The analysis revealed that 4 out of 5 samples (80%) were contaminated with Sennoside B, with concentrations ranging from 0.1% to 3.04%. Notably, the highest concentration (3.04%) exceeded the minimum standard requirement for crude senna materials (≥2.5%) as specified in the Thai National List of Essential Medicines. When calculated based on the recommended serving size, the estimated intake of Sennoside B ranged from 11.2 to 30.6 mg per serving—levels comparable to the therapeutic doses used for pharmaceutical laxative purposes. These findings indicate that dietary supplements marketed for bowel movement in Thailand pose a significant risk of containing undeclared pharmacologically active substances at levels capable of producing physiological effects. Consumers may be unknowingly exposed to such compounds without proper dosage guidance or safety warnings, potentially leading to adverse effects such as electrolyte imbalance or long-term laxative dependency.

Keywords : Sennoside B, Senna alexandrina, Dietary supplements, Laxative, Contamination, HPLC

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการผลิตภัณฑ์เสริมอาหารทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน ตามรายงานของแกรนด์วิวรีเสิร์ช[1] ระบุว่าตลาดโลกมีมูลค่าสูงกว่า 150,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ เช่นเดียวกับตลาดในประเทศไทยที่ เดต้าเอ็ม อินเทลลิเจนซ์[2] ในปี 2025 รายงานว่ามีมูลค่าราว 2.023 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ (ประมาณ 70,000 ล้านบาท) ในปี 2023 และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) อยู่ที่ร้อยละ 5.9 ไปจนถึงปี 2027 ทว่าความต้องการที่สูงในกลุ่มผลิตภัณฑ์ “ล้างสารพิษ (ดีท็อกซ์)” และ “ลดน้ำหนัก” ซึ่งโฆษณาอ้างสรรพคุณกระตุ้นการขับถ่าย ได้นำไปสู่ปัญหาการปลอมปนของสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในกลุ่มยาระบายที่ไม่ได้ระบุบนฉลากเพื่อผลประโยชน์ทางการค้า

สารออกฤทธิ์สำคัญที่มักพบคือ เซนโนไซด์บี (Sennoside B) จากมะขามแขกซึ่งเป็นยาระบายชนิดกระตุ้น โดยตามบัญชียาสมุนไพรแห่งชาติ (ฉบับปี 2566)[3] กำหนดให้ยาสมุนไพรมะขามแขกต้องมีสารกลุ่มไฮดรอกซีแอนทราซีน ไกลโคไซด์ (คำนวณเป็นเซนโนไซด์ บี) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.5 อย่างไรก็ตาม มีข้อควรระวังในเด็กอายุต่ำกว่า 12 ปี ผู้ป่วยโรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง และห้ามใช้ในผู้ป่วยทางเดินอาหารอุดตัน เนื่องจากการได้รับสารนี้ในปริมาณสูงหรือต่อเนื่องระยะยาวอาจก่อให้เกิดภาวะไตอักเสบ อาการท้องร่วงรุนแรงที่นำไปสู่การสูญเสียน้ำและโพแทสเซียม รวมถึงภาวะลำไส้พึ่งพายาจนไม่สามารถขับถ่ายเองได้ ด้วยความเสี่ยงดังกล่าว สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศไทย จึงไม่อนุญาตให้ใช้มะขามแขกหรือสารเซนโนไซด์ บี เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ทว่าในปัจจุบันยังไม่มีรายงานการศึกษาวิจัยและตรวจสอบการปนเปื้อนของสารชนิดนี้ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลสำคัญในการเฝ้าระวังและคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการปนเปื้อนและตรวจสอบการมีอยู่ของสารเซนโนไซด์ ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีการกล่าวอ้างสรรพคุณด้านการช่วยระบบขับถ่ายที่วางจำหน่ายในประเทศไทย

บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการปลอมปนสารออกฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเป็นวิกฤตสาธารณสุขระดับสากลที่มี “แรงจูงใจทางเศรษฐกิจ” เป็นสิ่งขับเคลื่อน โดยจอร์จิ และคณะ (Giorgi et al.)[4] ระบุว่าผู้ผลิตมักลักลอบเติมยาที่ไม่ได้ประกาศบนฉลากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ตามคำอ้างทางการตลาด เช่น กลุ่มลดน้ำหนักและช่วยขับถ่าย ซึ่งรายงานของฮัลมันน์ (Hallmann)[5] พบว่าสารกลุ่มที่มักถูกนำมาใช้ในทางที่ผิดสูงคือสารสกัดมะขามแขก (Sennosides A และ B) ซึ่งเป็นยาระบายชนิดกระตุ้น

ในทางพิษวิทยา สเตฟเฟน และคณะ (Steffen et al.)[6] และ ฮวง และคณะ (Huang et al.)[7] รายงานว่า การได้รับสารกลุ่มนี้ในขนาดสูงหรือต่อเนื่องระยะยาวส่งผลเสียรุนแรงต่อระบบทางเดินอาหาร โดยกระตุ้นการแบ่งตัวของเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้และทำลาย Tight junction จนเกิดภาวะลำไส้รั่ว (Leaky gut) และหากมีการใช้เรื้อรังยังเชื่อมโยงกับการเกิดภาวะ *Pseudomelanosis coli* และภาวะลำไส้เฉื่อยตามรายงานของ เม

เนกเซ และคณะ (Menekşe et al.)[8] นอกจากนี้ นิมิธา และคณะ (Nimitha et al.)[9] ยังพบว่าการใช้ต่อเนื่องในผู้สูงอายุเสี่ยงต่อภาวะขาดน้ำและโซเดียมในเลือดต่ำ (Hyponatremia) จนส่งผลพิษต่อระบบประสาททำให้เกิดอาการเพ้อและสับสนได้

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้ใช้การวิจัยเชิงปริมาณด้านเคมีวิเคราะห์ โดยการกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยโดยเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งจัดอยู่ในการสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) เพื่อคัดเลือกผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจำนวน 5 รายการ ที่มียอดจำหน่ายสูงสุดในช่องทางการจำหน่ายออนไลน์ โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัยคือ ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นทะเบียนเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและมีเลขสารบบอาหารจากองค์การอาหารและยาอย่างถูกต้อง ครอบคลุมรูปแบบแคปซูลหรือเม็ด ผงชงดื่มหรือผงละลายน้ำ รวมถึงชาสมุนไพรหรือเครื่องดื่มสำเร็จรูป ที่มีการโฆษณาอ้างสรรพคุณในการ "กระตุ้นการขับถ่าย" ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกมาต้องไม่มีการระบุส่วนผสมของสาร Sennoside B หรือมะขามแขกบนฉลากผลิตภัณฑ์จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค High-Performance Liquid Chromatography ณ ศูนย์วิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยมหิดล จากนั้นทำการสรุปและอภิปรายผล ทั้งนี้ การศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น โดยมีการคัดเลือกตัวอย่างเพียง 5 ผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จึงมีข้อจำกัดในการเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่ช่วยเรื่องการขับถ่ายทั้งหมดที่วางจำหน่ายในประเทศไทย ผลการศึกษาจึงควรใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการเฝ้าระวังและการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างมากขึ้นในอนาคต

ผลการวิจัย

ผลการตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า จากตัวอย่างทั้งหมด 5 ตัวอย่าง มี 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 80) ตรวจพบสาร Sennoside B ในขณะที่ 1 ตัวอย่างไม่ตรวจพบสารดังกล่าว

ปริมาณ Sennoside B ที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.1–3.04% โดยตัวอย่างที่มีปริมาณสูงที่สุดคือร้อยละ 3.04 ขณะที่ค่าความแม่นยำของการวิเคราะห์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยมีค่า %RSD อยู่ในช่วง 0.53–3.31 สะท้อนถึงความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบการปนเปื้อนสาร Sennoside B ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยวิธีการตรวจ HPLC

ตัวอย่าง	ปริมาณ Sennoside B (mean ± SD mg/100mg ตัวอย่าง)	ผลการตรวจพบ	%	N	% Relative Standard Deviation
A	0.17± 0.00	พบ	0.17	3	0.98
B	2.24 ± 0.01	พบ	2.24	3	0.53
C	3.04±0.09	พบ	3.04	3	3.10
D	0.1± 0.00	พบ	0.1	3	3.31
E	Not detected	ไม่พบ	Not detected	3	-

การเปรียบเทียบกับเกณฑ์อ้างอิงทางเภสัชกรรม

เมื่อนำค่าที่ตรวจพบมาเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงทางเภสัชกรรมพบว่าบางตัวอย่างมีระดับความเข้มข้นใกล้เคียงหรือสูงกว่ามาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรที่ใช้ในตำรับยา (≥2.5% คำนวณเป็น sennosides) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบค่าที่ตรวจพบกับข้อมูลอ้างอิง

รายการ	ค่าอ้างอิง
ปริมาณ sennosides ที่แนะนำสำหรับการใช้เป็นยาระบาย[10]	10–30 mg/day
ปริมาณ sennosides ในยาเม็ดมาตรฐาน (Senokot®)	8.6 mg/tablet
มาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพร (บัญชียาหลักแห่งชาติ)[3]	≥2.5%
ปริมาณ Sennoside B ที่ตรวจพบในการศึกษา	0.1–3.04%

การประเมินการได้รับสารตามหน่วยบริโภค (Serving Size)

เมื่อคำนวณปริมาณ Sennoside B ที่ผู้บริโภคจะได้รับจริงต่อหนึ่งหน่วยบริโภค พบว่าปริมาณที่ได้รับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลิตภัณฑ์ โดยขึ้นอยู่ทั้งความเข้มข้นของสารและขนาดหน่วยบริโภค (serving size) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบปริมาณ Sennoside B ที่จะได้รับ สำหรับการรับประทาน 1 Serving size

ตัวอย่าง	ปริมาณ Sennoside B (mean ± SD mg/100mg ตัวอย่าง)	ลักษณะของผลิตภัณฑ์	1 Serving size (g.)	ปริมาณ sennoside B ที่จะได้รับสำหรับการรับประทาน 1 Serving size (mg)
A	0.17± 0.00	ผงละเอียด	18	30.6
B	2.24 ± 0.01	แคปซูล	0.5	11.2
C	3.04±0.09	แคปซูล	0.5	15.2
D	0.1± 0.00	ผงละเอียด	15	15
E	Not detected	ผงบดหยาบ	5.04	-

โดยผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่าง A ให้ปริมาณสูงสุดถึง 30.6 mg ต่อครั้ง แม้มีความเข้มข้นต่ำ, ตัวอย่าง D ให้ 15 mg ต่อครั้ง จาก serving size ที่สูง, ตัวอย่าง B และ C แม้มีความเข้มข้นสูง แต่ปริมาณต่อครั้งอยู่ในช่วง 11.2–15.2 mg

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบการปนเปื้อนของสาร Sennoside B สูงถึงร้อยละ 80 ของกลุ่มตัวอย่าง สะท้อนถึงความเป็นไปได้ในการเจตนาเติมสารออกฤทธิ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาเชิงปริมาณพบความเข้มข้นสูงสุดถึงร้อยละ 3.04 ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานวัตถุดิบสมุนไพรมะขามแขกตามบัญชียาหลักแห่งชาติ[3] (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.5) ชี้ว่าผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความแรงทางเภสัชวิทยาใกล้เคียงตำรับยา สอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศของ Shin และคณะ(2020)[11] ที่พบการปนเปื้อนของสารกลุ่ม Sennosides

ในผลิตภัณฑ์ลดน้ำหนักและดีท็อกซ์ร้อยละ 1.39–3.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเด็นดังกล่าวเป็นปัญหาร่วมในระดับสากล

เมื่อประเมินความปลอดภัยร่วมกับขนาดหน่วยบริโภคที่ระบุบนฉลาก พบความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิดผงชงดื่ม (ตัวอย่าง A และ D) ซึ่งแม้มีความเข้มข้นของสารต่ำ (ร้อยละ 0.1–0.17) แต่เนื่องจากมีขนาดหน่วยบริโภคสูง (15–18 กรัม) ส่งผลให้ผู้บริโภคได้รับสาร Sennoside B สูงถึง 15–30.6 มิลลิกรัมต่อครั้ง ซึ่งเทียบเท่าหรือสูงกว่าขนาดการใช้ยาระบายทางคลินิกที่แนะนำ (10–30 มิลลิกรัมต่อวัน) ส่วนรูปแบบแคปซูล (ตัวอย่าง B และ C) แม้มีปริมาณต่อเม็ดต่ำกว่ายาระบายขั้นต่ำ (11.2–15.2 มิลลิกรัม) แต่หากบริโภคตั้งแต่ 2 เม็ดขึ้นไป ปริมาณสารจะเข้าสู่ระดับการออกฤทธิ์ทางยาเช่นกัน ผลวิเคราะห์นี้ระบุว่าความเข้มข้นของสารเพียงอย่างเดียวไม่สามารถบ่งชี้ความเสี่ยงได้ แต่จำเป็นต้องประเมินร่วมกับขนาดหน่วยบริโภคจริงเสมอ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดการใช้เป็นยาระบายทางคลินิก พบว่าตัวอย่าง A–D มีปริมาณ Sennoside B ต่อหนึ่งหน่วยบริโภคอยู่ในระดับที่อาจก่อให้เกิดฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา จึงสามารถจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเสี่ยงเบื้องต้น (Preliminary Risk Characterization) ต่อการได้รับสารออกฤทธิ์โดยไม่ตั้งใจ ขณะที่ตัวอย่าง E ไม่ตรวจพบสารดังกล่าว จึงไม่พบความเสี่ยงในประเด็นนี้

ในเชิงเภสัชวิทยา สาร Sennoside B จะถูกจุลชีพในลำไส้เปลี่ยนเป็นสารออกฤทธิ์ Rhein Anthrone กระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ใหญ่และยับยั้งการดูดกลับของน้ำ จึงเกิดฤทธิ์เป็นยาระบายแบบกระตุ้น (Stimulant Laxative)[12] อย่างไรก็ตาม การได้รับสารปริมาณสูงหรือใช้ต่อเนื่องระยะยาวจะก่อให้เกิดผลข้างเคียงหลายประการ สอดคล้องกับรายงานของ Le และคณะ (2018)[13] ที่ระบุว่าการใช้ระยะยาวเชื่อมโยงกับการเกิดภาวะ Melanosis Coli (การสะสมเม็ดสีในผนังลำไส้) รวมถึงความเสี่ยงต่อพิษตับและไต

แม้ผู้บริโภคจะมีแนวโน้มเชื่อมั่นว่าผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมีความปลอดภัยสูงตามที่ Petkova-Gueorguieva และคณะ (2020)[14] ได้รายงานไว้ แต่การตรวจพบสารออกฤทธิ์ที่ไม่ได้ระบุบนฉลากในการศึกษานี้ถือเป็นความเสี่ยงทางสาธารณสุขที่สำคัญ ยิ่งไปกว่านั้น ในบริบททางกฎหมายของประเทศไทยที่ไม่อนุญาตให้ใช้สารกลุ่มนี้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ข้อมูลดังกล่าวจึงมีนัยสำคัญเชิงนโยบายที่ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นเร่งด่วนในการยกระดับมาตรการเฝ้าระวัง การควบคุมคุณภาพ และการสุ่มตรวจผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดอย่างเข้มงวดเพื่อคุ้มครองความปลอดภัยของผู้บริโภคในระยะยาว

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

การศึกษาในอนาคตควรเพิ่มจำนวน ความหลากหลาย และขยายช่องทางเก็บตัวอย่าง (เช่น ออนไลน์และขายตรง) เพื่อให้สะท้อนสถานการณ์ในตลาดได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรเร่งสร้างความตระหนักรู้แก่ผู้บริโภคเกี่ยวกับอันตรายของสารปนเปื้อนที่ไม่ระบุบนฉลาก เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์สุขภาพอย่างปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

1. Grand View Research. Dietary supplements market size, share & trends analysis report. [Internet]. 2023. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/dietary-supplements-market
2. DataM Intelligence. Thailand Food Supplements Market - Size, Share, Outlook, and Forecast [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 15]. Available from: https://www.datamintelligence.com/research-report/thailand-food-supplements-market
3. คณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ. รายการยาสมุนไพรแห่งชาติ พ.ศ. 2566. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2566.
4. Giorgi A, Pizzala R, Lodola A, Dell'Agli M, Sangiovanni E. Contaminants: a dark side of food supplements. Pharmaceuticals (Basel). 2023;16(2):238. doi:10.3390/ph16020238.
5. Hallmann F. Toxicity of commonly used laxatives. *Med Sci Monit.* 2000;6(3):618–628.
6. Steffen R, van Gorkom BA, Kleibeuker JH, Sugita T, Fujita H. *Toxicology of senna*. In: LiverTox: Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury [Internet]. Bethesda (MD): National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases; 2021. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK576224/
7. Huang X, Sun W, Sun C, Tan J, Wu L, Yang F. Effects of ethanol extract from senna leaf (EESL) on inflammation and oxidative stress in mice: A non-targeted metabolomic study. Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets. 2025 Jul;25(9):695-709.
8. Sanalp Menekşe T, Saritaş A, Güçlü Utlu S, Akan A, Tekin E, Ergin M. Effectiveness of senna in treating chronic constipation in geriatric patients presenting to the emergency department: a randomized, double-blind, multicenter study. Turk Geriatri Dergisi. 2024;27(3).
9. Nimitha KJ, Chutia P, Misal P, Singh B. A case report of delirium induced by Herbal Laxative Senna. Int J Health Sci Res. 2021;11(6):231.
10. World Health Organization. WHO monographs on selected medicinal plants. World Health Organization; 1999.
11. Shin D, Kang HS, Kim H, Moon G. Multi-class determination of 64 illicit compounds in dietary supplements using liquid chromatography–tandem mass spectrometry. Molecules. 2020 Sep 24;25(19):4399.
12. เพ็ญนภา เจริญวิวัฒนกิจ. ยาระบายชนิดกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ในสมุนไพรไทย. บทความวิชาการ. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม; 2560.
13. Le J, Ji H, Zhou X, Wei X, Chen Y, Fu Y, et al. Pharmacology, toxicology, and metabolism of sennoside A, a medicinal Plant-Derived natural compound. Frontiers in Pharmacology 2021;12:714586. [Internet]. 2021 Oct 26;12:714586. doi:10.3389/fphar.2021.714586
14. Petkova-Gueorguieva E, Ivanov K, Gueorguiev S, Mihaylova A, Madzharov V, Ivanova S. Detection of sibutramine in herbal food supplements by UHPLC/HRMS and UHPLC/MSMS. Biomedical Research. 2018;29(14):3006.

ผลของการใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์ “กินดี” คำนวณแคลอรี่มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารในผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน: การทดลองทางคลินิกแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม

EFFECTS OF THE "KIN-DEE" AI-BASED MEAL CALORIE APPLICATION COMBINED WITH A DIETARY CONTROL PROGRAM IN OVERWEIGHT AND OBESE ADULTS: A RANDOMIZED CONTROLLED TRIAL

พิชญานิษฐ์ สร้อยสุวรรณ*

PICHAYANITH SROYSUWAN

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130190@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิผลของการใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์แอปพลิเคชัน “กินดี” คำนวณแคลอรี่มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมควบคุมการบริโภค (ตามหลักการ TDEE, Standard Diet Advice และรับประทานอาหารแบบคาร์โบไฮเดรตต่ำ < 150 กรัมต่อวัน) ต่อน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) องค์ประกอบของร่างกาย (เส้นรอบเอว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐานร่างกาย (BMR)) ในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองทางคลินิก (Clinical Study) แบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมโดยผู้วิจัย (Randomized controlled trial: RCT) ระหว่างเดือนธันวาคม 2568 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2569 แบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน โดยกลุ่มทดลองคือกลุ่มที่ใช้แอปพลิเคชันร่วมกับโปรแกรมควบคุมการบริโภค ส่วนกลุ่มควบคุมคือกลุ่มที่ไม่ใช้แอปพลิเคชัน แต่ได้เข้าโปรแกรมควบคุมการบริโภคเพียงอย่างเดียว วัดผลการศึกษาในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 โดยบันทึกข้อมูลน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงเอว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ระดับไขมันในช่องท้อง มวลกล้ามเนื้อลาย และอัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมาน ได้แก่ Paired t-test และ Independent t-test ผลการศึกษาพบว่า อายุเฉลี่ยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมคือ 53.2 ปี และ 41.76 ปี ตามลำดับ มีสัดส่วนเพศหญิง 80% และ 82% ตามลำดับ โดยกลุ่มทดลองที่ใช้แอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงเอว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และระดับไขมันในช่องท้อง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยมวลกล้ามเนื้อและอัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้ง 2 กลุ่มทดลอง การใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์แอปพลิเคชัน คำนวณแคลอรี่มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารในผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน มีประสิทธิผลในการลดน้ำหนักและเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่า การใช้โปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นต้นแบบในการประยุกต์ใช้ในกลุ่มเป้าหมายที่มีภาวะเสี่ยงต่อโรคอ้วนให้ลดน้ำหนักได้ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์, คำนวณแคลอรี่ มื้ออาหาร, โปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหาร, แอปพลิเคชัน, ภาวะน้ำหนักเกิน, โรคอ้วน, ดัชนีมวลกาย

Abstract

This study aims to evaluate the effectiveness of an artificial intelligence (AI)-based meal calorie calculation application, the "Kin-Dee" application, combined with a dietary control program (based on Total Daily Energy Expenditure [TDEE] principles, Standard Diet Advice, and a low-carbohydrate diet of less than 150 grams per day) on body weight, Body Mass Index (BMI), and body composition—including waist circumference, fat mass, body fat percentage, visceral fat, muscle mass, and Basal Metabolic Rate (BMR)—among overweight and obese adults. This clinical study was designed as a randomized controlled trial (RCT) conducted between December 2025 and February 2026. A total of 100 participants were randomly allocated into two equal groups: the experimental group (n = 50), which utilized the application in conjunction with the dietary control program, and the control group (n = 50), which received the dietary control program alone. Outcomes were assessed at weeks 4 and 8, with measurements recorded for body weight, body mass index (BMI), waist circumference, fat mass, body fat percentage, visceral fat level, skeletal muscle mass, and basal metabolic rate (BMR). Data were analyzed using descriptive statistics (frequency, percentage, mean, and standard deviation) and inferential statistics, including the paired t-test and independent t-test. The findings revealed that the mean ages of the experimental and control groups were 53.2 and 41.76 years, with female proportions of 80% and 82%, respectively. At weeks 4 and 8, the experimental group utilizing the application demonstrated statistically significant reductions ($p < 0.05$) in mean body weight, body mass index (BMI), waist circumference, fat mass, body fat percentage, and visceral fat level. Conversely, no statistically significant changes in skeletal muscle mass or basal metabolic rate (BMR) were observed in either group. The integration of an artificial intelligence (AI)-based meal calorie calculation application with a dietary control program is significantly more effective in promoting weight reduction and improving body composition in overweight and obese adults compared to a dietary control program alone. Consequently, these findings suggest that this digital health intervention can serve as a model for implementation in populations at risk of obesity to support long-term and sustainable weight loss.

Keywords: Artificial intelligence, Meal calorie calculation, Dietary control program, Application, Overweight, Obesity, Body mass index (BMI)

บทนำ

โรคอ้วนเป็นปัจจัยหลักของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง[1] เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคเบาหวาน ผู้ป่วยโรคเหล่านี้เสียชีวิตเป็น 74%[2] ของการเสียชีวิตทั่วโลกและยังคงอัตราเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง[3,4] การปรับพฤติกรรมการรับประทานอาหารเป็นหนึ่งในวิธีการลดน้ำหนักที่เห็นผลชัดเจน[2] เช่น การจำกัดพลังงาน[5,6] การรับอาหารโปรตีนสูง และการรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำ[7,8] จากทฤษฎีของแบนดูรา[9] (Bandura's Social Cognitive Theory) ระบุว่าการตั้งเป้าหมาย การกำกับตนเอง (Self-Regulation) และการตระหนักรู้ในพฤติกรรมของตนและการลงมือทำ (Self-awareness) เป็นกุญแจสำคัญในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เทคนิคหนึ่งที่จะช่วยลดน้ำหนักแบบปรับพฤติกรรมคือ "Recall Eating" หรือการระลึกถึงสิ่งที่บริโภคในแต่ละวัน จากงานวิจัยผู้ที่ใช้แอปพลิเคชันสุขภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าดัชนีมวลกายลดลง แอปพลิเคชัน "กินดี" เป็นปัญญาประดิษฐ์ของคนไทยวิเคราะห์รูปภาพ (AI Image Recognition) เพื่อประเมินโภชนาการจากภาพถ่าย ซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ GPT-4o ปัญญาประดิษฐ์ กินดี นี้ใช้ฐานข้อมูลอาหารไทยจาก Nutrition5K dataset ในการเรียนรู้และประเมินความถูกต้องเพื่อสร้างโมเดล เมื่อผู้ใช้ถ่ายภาพมื้ออาหารแทนการบันทึกข้อมูลแบบจดเอง ระบบจะประมวลและบันทึกโภชนาการแจ้งกลับทันที[10] เช่น ประเภทอาหาร ปริมาณแคลอรี่ และองค์ประกอบสารอาหารหลัก ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน น้ำตาล และโซเดียม คำนวณค่าพลังงานที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน (TDEE) โดยอิงจากน้ำหนัก ส่วนสูง อายุ เพศ และระดับกิจกรรมของผู้ใช้ แอปพลิเคชัน "กินดี" ช่วยบันทึกอาหาร ประเมินพลังงานและสารอาหารจากภาพถ่าย รวมทั้งใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตนเองระหว่างโปรแกรมลดน้ำหนัก เพื่อให้ผู้ใช้ลดน้ำหนักได้เร็วขึ้นใน 8 สัปดาห์ ขั้นตอนแรกผู้ใช้ต้องตั้งเป้าหมายผ่านแอปพลิเคชัน เมื่อทราบจำนวนแคลอรี่ต่อวันที่ควรรับประทาน ต้องลงมือจำกัดพลังงาน (Caloric Restriction) ผ่านการนับแคลอรี่และติดตามพฤติกรรมการกินในทุกวัน แอปพลิเคชันนับแคลอรี่มีหน้าที่เพิ่มการตระหนักรู้ในพฤติกรรมการกิน สะดวกในการบันทึกแคลอรี่แบบทันทีที่ถ่ายภาพ ช่วยให้เกิดการเตือนตนเองทันทีและส่งเสริมให้เกิดการปรับพฤติกรรมอย่างยั่งยืน[11] ปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยที่มีโปรแกรมการรับประทานอาหารตามหลักการ TDEE, Standard Diet Advice และรับประทานอาหารแบบคาร์โบไฮเดรตต่ำที่ใช้ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ ฐานข้อมูลอาหารของคนไทย ช่วยนับแคลอรี่แบบถ่ายภาพที่ก่อตั้งโดยคนไทย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิผล*ของ*การใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์ "กินดี" คำนวณแคลอรี่ มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมการบริโภคอาหารฯ (ตามหลักการ TDEE, Standard Diet Advice และรับประทานอาหารแบบคาร์โบไฮเดรตต่ำ< 150 กรัมต่อวัน) ต่อน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index: BMI) องค์ประกอบของร่างกาย (เส้นรอบเอว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ไขมันในช่องท้อง มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐานร่างกาย (BMR)) ในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน

คำถามและวัตถุประสงค์งานวิจัย

1. การใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์คำนวณแคลอรี่มื้ออาหาร ร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารในผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน มีประสิทธิผลมากกว่า การใช้โปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารเพียงอย่างเดียวหรือไม่
2. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้ ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์คำนวณแคลอรี่มื้ออาหาร ร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหาร ที่ส่งผลต่อ น้ำหนักตัว (BW) และ ดัชนีมวลกาย (BMI) ในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย: การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองทางคลินิกแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (Randomized Controlled Trial: RCT) ดำเนินการระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2568 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 ในจังหวัดชลบุรีและกรุงเทพมหานคร โดยการศึกษานี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ 1. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ประเทศไทย (COA No.028/68) 2. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี (COA No. 079/2568)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรเป้าหมายคือผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน (BMI ≥22.9 กก./ม²) อายุ 25–70 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดชลบุรีและกรุงเทพมหานคร คำนวณขนาดตัวอย่างโดยอ้างอิงงานวิจัยของ Whitelock al.[12] โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95% และค่า power ที่ 0.95 alpha level = 0.05 effect size = 0.8 โดยใช้โปรแกรม G-Power version 3.1.9.4 ได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำ 84 คน เผื่อ dropout 20% (16 คน) จึงกำหนดขนาดตัวอย่างรวม 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนได้รับรหัสประจำตัวการวิจัย โดยข้อมูลการลงทะเบียนและรหัสประจำตัวถูกเก็บรักษาเป็นความลับ จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยถูกสุ่มจัดสรรเข้ากลุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ลำดับการสุ่มที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ ร่วมกับกระบวนการปกปิดการจัดสรรกลุ่ม ผู้วิจัยที่ทำหน้าที่รับสมัครและลงทะเบียนผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทราบล่วงหน้าได้ว่าผู้เข้าร่วมแต่ละรายจะถูกจัดสรรเข้าสู่กลุ่มใด จนกระทั่งถึงขั้นตอนเปิดรหัสและแบ่งกลุ่ม ไม่พบผู้ถอนตัวหรือสูญหายจากการติดตาม (dropout) ดังนั้นจึงนำข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 100 คนมาวิเคราะห์ผลทั้งหมด

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)
    1.1 อาสาสมัคร พนักงานบริษัท ผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาล และกลุ่มผู้เกษียณ อายุ 25–70 ปี ที่มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ตั้งแต่ 22.9 กก./ม² ขึ้นไป ไม่จำกัดเพศ
    1.2 มีความประสงค์ลดน้ำหนักโดยการปรับพฤติกรรมการบริโภค
    1.3 มีโทรศัพท์สมาร์ทโฟนเป็นของตนเอง

1.4 ยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

2. เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

2.1 อยู่ในช่วงตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร

2.2 รับประทานยาหรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่อาจส่งผลต่อน้ำหนักภายใน 1 เดือนก่อน เข้าร่วมโครงการ

2.3 ได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะน้ำหนักเกินหรืออ้วนจากความผิดปกติของฮอร์โมน เช่น ไทรอยด์ต่ำ Cushing's syndrome

2.4 เป็นโรคเบาหวาน

2.5 ไม่สามารถเข้าร่วมโครงการได้ตลอด 8 สัปดาห์ หรือไม่สามารถติดตามผลได้

2.6 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีการลดน้ำหนักโดยวิธีอื่นเพิ่มเติมขณะอยู่ในช่วงวิจัย

การดำเนินการวิจัย

1. ผู้วิจัยเสนอโครงร่างวิจัยต่อคณะกรรมการมหาวิทยาลัยและขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ก่อนเริ่มดำเนินการ

2. ประกาศรับสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยผ่านช่องทางออนไลน์และในชุมชน จัดประชุมส่งเสริมให้ผู้สนใจอยากดูแลสุขภาพ และให้ความรู้การลดน้ำหนักเป็นหมู่คณะ กระตุ้นการมีส่วนร่วม มีการสนทนาเพื่อสร้างแรงจูงใจรายกลุ่ม และประเมินความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมก่อนเข้าร่วมงานวิจัย คัดเลือกตามเกณฑ์การคัดเข้า

3. ชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และประโยชน์ของการวิจัย ขอความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร (Informed Consent)

4. เก็บข้อมูลพื้นฐานก่อนเริ่มการวิจัย ได้แก่ ข้อมูลทั่วไป น้ำหนัก ส่วนสูง ค่าดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงเอว และองค์ประกอบร่างกาย ได้แก่ มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ไขมันในช่องท้อง มวลกล้ามเนื้อ อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน โดยใช้เครื่อง ACCUNIQ BC 380 ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐาน อีกทั้งผู้ร่วมวิจัยก่อนมาวัดผลทุกครั้งต้องงดออกกำลังกายหนัก 12 ชั่วโมงและงดอาหาร 3 ชั่วโมง

5. ผู้วิจัยให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำและการนับคาร์โบไฮเดรต สอนการเลือกรับประทานอาหาร สอนเลือกเมนูอาหาร โดยคาร์โบไฮเดรตไม่เกิน 150 กรัม/วัน และการคำนวณเป้าหมายพลังงานตามหลักการ TDEE (Total Daily Energy Expenditure) และสอนการลดน้ำหนักด้วยการกินตามแคลอรี่ที่ตั้งเป้าหมายไว้แก่ผู้เข้าวิจัย

6. กลุ่มทดลองจะต้องถ่ายภาพอาหารก่อนรับประทานและบันทึกอาหารที่กินทุกมื้อ (ขั้นต่ำ 1 มื้อต่อวัน) ลงในไลน์โปรแกรม แอปพลิเคชัน “กินดี” ซึ่งจะมีการคำนวณแคลอรี่จากอาหารและมีสัดส่วนของสารอาหารปรากฏ ดังต่อไปนี้

6.1 ถ่ายภาพอาหารที่ตนเองรับประทานทุกอย่างลงในแอปพลิเคชัน “กินดี” ในมือถือของตน

6.2 ส่งรูปภาพอาหารแบบเดียวกันทั้ง 3 มื้อ ลงในกลุ่มไลน์ที่ทีมผู้วิจัยสร้างขึ้น นำรูปภาพเพิ่มเข้าในอัลบั้มที่เป็นรหัสของตนเอง

6.3 ให้บริโภคคาร์โบไฮเดรต < 150 กรัมต่อวัน และแคลอรี่ที่ตั้งเป้าหมายไว้

6.4 นำผล แคลอรี่และคาร์โบไฮเดรต ที่ได้รับจากแอปพลิเคชัน มาปรับปรุงการบริโภคอาหารในมื้อถัดไป (มื้อต่อมื้อ)

7. กลุ่มควบคุม คือกลุ่มที่ไม่ได้ใช้แอปพลิเคชัน “กินดี” แต่ได้เข้าโปรแกรมการบริโภคอาหารฯ เพียงอย่างเดียว ตามหลักการ TDEE, Standard Diet Advice และรับประทานอาหารแบบคาร์โบไฮเดรตต่ำ< 150 กรัมต่อวัน

8. ติดตามผลทุกสัปดาห์ผ่านการประชุมออนไลน์ ให้คำแนะนำและแก้ปัญหาการใช้งานแอปพลิเคชัน

9. นัดพบกลุ่มที่โรงพยาบาลพนัสนิคมในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 เพื่อส่งเสริมการดูแลสุขภาพและประเมินความต่อเนื่อง

10. วัดผลองค์ประกอบร่างกายซ้ำในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ด้วยวิธีการและเครื่องมือเดียวกัน

11. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เครื่องมือวิจัย

1. เครื่องวัดองค์ประกอบร่างกาย (Body Composition Analyzer) ยี่ห้อ ACCUNIQ รุ่น BC 380
2. แอปพลิเคชันไลน์ “กินดี” สำหรับบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลโภชนาการ
3. สายวัดความยาวรอบเอวมาตรฐาน
4. แบบบันทึกข้อมูลผู้เข้าร่วมวิจัยและแบบบันทึกข้อมูลน้ำหนักและองค์ประกอบร่างกาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติเชิงพรรณนา: ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับข้อมูลพื้นฐานและค่าตัวแปรก่อน-หลังการทดลอง

2. สถิติอนุมาน:

- Paired t-test: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยภายในกลุ่มเดียวกันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง
- Independent t-test: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
- Chi-square test และ Fisher's exact test: เปรียบเทียบข้อมูลเชิงหมวดหมู่ระหว่างกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย 100 คน ช่วงอายุระหว่าง 25-70 ปี อยู่จนจบงานวิจัยที่สัปดาห์ที่ 8 จำนวน 100 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 50 คน โดยครอบคลุมทั้งช่วงก่อนดำเนินโครงการและหลังสิ้นสุดโครงการ โดยมีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานกลุ่มใช้ แอปพลิเคชัน “กินดี” และกลุ่ม ไม่ใช้ แอปพลิเคชัน “กินดี”

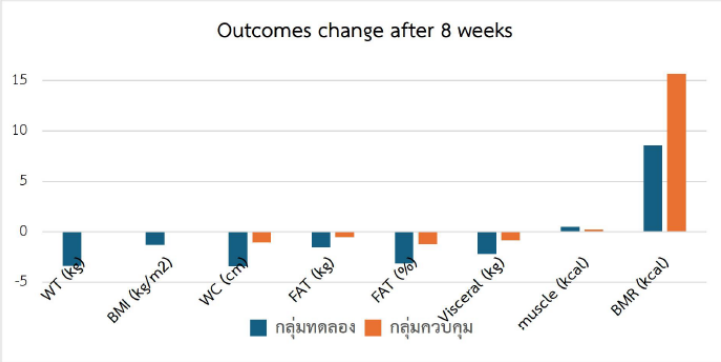
ข้อมูลพื้นฐาน	กลุ่มผู้ใช้แอปฯกินดี (n=50)	กลุ่มผู้ไม่ใช้แอปฯกินดี (n=50)	P-value
เพศ			0.799[C]
หญิง n(%)	40(80.0%)	41(82.0%)	
ชาย n(%)	10(20.0%)	9(18.0%)	
อายุ(ปี), mean (±SD)	53.22(±13.08)	41.76(±13.28)	<0.001[*,T]
25-50 ปี	20(35.1%)	37(64.9%)	<0.001[*,C]
51-70 ปี	30(69.8%)	13(30.2%)	
โรคประจำตัว			<0.001[*,F]
ไขมันสูง n(%)	6(12.0%)	1(2.0%)	
ความดันโลหิตสูง n(%)	9(18.0%)	3(6.0%)	
ไม่มี n(%)	35(68.0%)	46(92.0%)	
กลุ่มงาน			
กลุ่มเกษียณ n(%)	19(38.0%)	3(6.0%)	<0.001[*,F]
กลุ่มเจ้าของกิจการ n(%)	6(12.0%)	3(6.0%)	
กลุ่มพนักงานบริษัท n(%)	8(16.0%)	1(2.0%)	
กลุ่มโรงพยาบาลพนัสนิคม n(%)	17(34.0%)	43(86.0%)	
น้ำหนัก (kg), Mean±SD	73.27(±16.42)	71.11(±21.89)	0.577[T]
BMI (kg/m^2), Mean±SD	28.14(±5.20)	28.97±6.22)	0.471[T]
เส้นรอบวงเอว (cm), Mean±SD	90.71(±13.75)	93.08(±14.21)	0.400[T]
มวลไขมัน (kg), Mean±SD	28.06(±10.95)	29.85(±11.65)	0.430[T]
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%), Mean±SD	37.36(±7.53)	38.34(±7.08)	0.503[T]
ระดับไขมันในช่องท้อง, Mean±SD	11.72(±3.20)	11.56(±2.87)	0.793[T]
มวลกล้ามเนื้อ (kg), Mean±SD	27.00(±5.68)	29.19(±8.64)	0.136[T]
BMR (kcal), Mean±SD	1369.52(±173.53)	1370.64(±199.71)	0.976[T]

P-value corresponds to independent samples t-test. วิเคราะห์ข้อมูลโดย Chi-square test[C], Fisher exact test[F] และ Independent t-test[T] *Significant at P-value <0.05

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและองค์ประกอบร่างกายหลังการทดลองที่ 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อมูลองค์ประกอบของร่างกาย	กลุ่มทดลอง (n=50)	%จากตั้งต้น	กลุ่มควบคุม (n=50)	%จากตั้งต้น	p-value
น้ำหนัก (kg)	-3.43(±7.70)	-4.67	0.01(±2.10)	+0.01	0.004*
BMI (kg/m2)	-1.29(±3.42)	-1.95	0.01(±1.09)	+0.03	0.003*
เส้นรอบวงเอว (cm)	-3.41(±18.18)	-3.75	-1.02(±2.05)	-1.09	0.004*
มวลไขมัน (kg)	-1.52(±7.63)	-5.45	-0.55(±1.46)	-1.84	0.002*
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	-3.15(±4.14)	-5.88	-1.22(±2.19)	-2.16	0.001*
ระดับไขมันในช่องท้อง	-2.20(±6.46)	-4.52	-0.16(±1.99)	-1.38	0.036*
มวลกล้ามเนื้อ (kg)	0.51(±4.82)	+1.88	0.23(±1.20)	+0.8	0.778
BMR (kcal)	8.56(±169.83)	+0.62	15.70(±53.58)	+1.14	0.692

Data are presented as number (%), mean ± standard deviation, P-value corresponds to independent samples t-test. *Significant at P-value < 0.05



ภาพที่ 1 แสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและองค์ประกอบร่างกายก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและองค์ประกอบร่างกายหลังการทดลอง 8 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำแนกตามอายุก่อนวัยทอง (25-50 ปี) และวัยทอง (51-70 ปี)

ข้อมูลองค์ประกอบของร่างกาย	กลุ่มทดลอง (n=50)	%จากตั้งต้น	กลุ่มควบคุม (n=50)	%จากตั้งต้น	p-value
น้ำหนัก (kg)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-1.13(±1.99)	-1.45	0.19(±2.36)	+0.24	0.039*
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	-4.88(±9.58)	-6.98	-0.50(±0.99)	-0.88	0.017*
BMI (kg/m2)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-0.43(±0.17)	-1.40	0.08(±1.23)	+0.26	0.018*
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	-1.87(±0.89)	-6.86	-0.16(±0.52)	-0.62	< 0.001*
เส้นรอบวงเอว (cm)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-0.16(±6.68)	-0.17	-0.71(±2.23)	-0.75	0.723
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	-3.43(±11.33)	-3.83	-1.86(±1.12)	-2.17	0.459
มวลไขมัน (kg)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-0.75(±2.68)	-2.43	-0.37(±1.59)	-1.18	0.513
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	-2.04(±9.64)	-7.69	-1.06(±0.84)	-4.50	0.585
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-0.84(±3.14)	-2.17	-0.39(±1.86)	-0.98	0.546
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	-3.10(±7.87)	-8.58	-2.10(±1.86)	-5.96	0.517
ระดับไขมันในช่องท้อง					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-0.25(±1.99)	-2.15	0.28(±2.04)	+2.38	0.354
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	-0.71(±3.21)	-6.10	-0.19(±1.34)	-1.80	0.458
มวลกล้ามเนื้อ (kg)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-1.55(±5.01)	-5.58	0.27(±1.35)	+0.99	0.126
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	1.90(±4.22)	+7.20	0.12(±0.63)	+0.40	0.032*
BMR (kcal)					
อายุก่อนวัยทอง (25–50 ปี)	-21.05 (±130.64)	-2.40	10.21(±70.49)	+1.27	0.322
อายุวัยทอง (51-70 ปี)	37.12(±186.41)	+2.78	10.09(±22.28)	+0.76	0.441

Data are presented as number (%), mean ± standard deviation, P-value corresponds to Independent samples t-test. *Significant at P-value < 0.05

อภิปรายผลการวิจัย

1.ประสิทธิผลของแอปพลิเคชันปัญญาประดิษฐ์ในการลดน้ำหนัก: ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มทดลองที่ใช้แอปพลิเคชัน “กินดี” ร่วมกับโปรแกรมการบริโภคอาหารฯ (ตามหลักการ TDEE, Standard Diet Advice และรับประทานอาหารแบบคาร์โบไฮเดรตต่ำ) มีการลดลงของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงเอว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และระดับไขมันในช่องท้อง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) มากกว่ากลุ่มควบคุม ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับหลักสามประการ ประการแรกการกินแคลอรี่ตามเป้าหมายเพื่อสร้างสมดุลพลังงานติดลบจากการคำนวณแนวคิดสมดุลพลังงาน (Energy Balance Model) ของ Hall et al.[6] ที่อธิบายว่าการเกิดพลังงานติดลบ (Negative Energy Balance) เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้น้ำหนักตัวลดลง ต่อมาการลดคาร์โบไฮเดรต < 150 กรัมต่อวันช่วยลดพลังงานรวมและลดภาระเมตาบอลิก[13,14] สุดท้ายการใช้แอปพลิเคชันเพื่อช่วยติดตามและควบคุมของสองประการแรกได้ง่ายขึ้นโดยช่วยประเมินพลังงานและสารอาหาร ติดตามการบริโภค การให้ข้อมูลย้อนกลับ และให้คำแนะนำเฉพาะบุคคล ช่วยส่งเสริมให้ผู้ใช้มีการกำกับตนเอง ทราบพฤติกรรมการบริโภคตามแคลอรี่ที่ตั้งเป้าหมายและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมได้ดีขึ้น[11,15] การถ่ายภาพบันทึกอาหารได้สะดวก ลดภาระจากการพิมพ์ข้อมูล และเพิ่มความตระหนักต่อชนิดและปริมาณอาหารก่อนรับประทาน[16]

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลุ่มควบคุม 28 คนจาก 50 คนสามารถลดน้ำหนักได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้แอปพลิเคชัน การจำกัดแคลอรี่และคาร์โบไฮเดรตจากอาหารด้วยตนเอง ความตั้งใจเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ ส่งผลต่อการลดน้ำหนักได้ โดยไม่ต้องใช้แอปพลิเคชัน เพียงแต่แอปพลิเคชันให้ข้อมูลคำนวนเชิงปริมาณให้เห็นเป็นตัวเลขเพื่อปรับตัวได้ง่ายขึ้น

2. กลุ่มทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการบริโภคตามทฤษฎีแบนดูรา: (Bandura's Social Cognitive Theory)[9] สาเหตุจากการใช้แอปพลิเคชัน “กินดี” และกลุ่มไลน์เพื่อบันทึกอาหาร ทำให้เกิดการกำกับตนเอง Self-monitoring[14] สะท้อนตนเองทันที Feedback และมีความรับผิดชอบต่อเป้าหมายการลดน้ำหนัก Accountability อีกทั้งผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถควบคุมการบริโภคอาหาร จัดสัดส่วนสารอาหารได้อย่างทันทีและเกิดพลังงานติดลบ ในส่วนของการลดคาร์โบไฮเดรตอย่างต่อเนื่อง แอปพลิเคชันทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนกระบวนการสังเกตตนเอง (Self-Observation) และการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ที่ทันเวลา ช่วยเพิ่มความตระหนักรู้ (Awareness) และความมั่นใจในความสามารถของตนเอง (Self-Efficacy) ในการควบคุมพฤติกรรมการบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Burke et al.[14] ที่ยืนยันว่าการบันทึกอาหารอย่างสม่ำเสมอเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้การลดน้ำหนักสำเร็จ

3. ผลของโปรแกรมต่อองค์ประกอบร่างกายในกลุ่มวัยทอง: การวิเคราะห์จำแนกตามอายุ พบว่ากลุ่มทดลองวัยทอง (51–70 ปี) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในด้านน้ำหนักและดัชนีมวลกาย มวลกล้ามเนื้ออธิบายได้ว่าโปรแกรมเข้าไปแก้ปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มน้ำหนักในวัยนี้ ได้แก่ พลังงานเกิน คาร์โบไฮเดรตเกิน และการขาดการรับรู้ปริมาณอาหารที่แท้จริง โปรแกรมนี้มีโครงสร้างชัดเจนเมื่อทดลองใช้กับ วัยทอง ซึ่งเป็นวัยที่มีแนวโน้มสะสมไขมันง่าย สูญเสียกล้ามเนื้อง่าย และมีการเปลี่ยนแปลงลดลงของระบบ

เผาผลาญ ผลต่อองค์ประกอบร่างกายจึงทำให้มวลกล้ามเนื้อไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลอง กลุ่มอายุนี้มีเวลาว่างมากกว่า มีความใส่ใจสุขภาพสูง และมีความมุ่งมั่นในการปฏิบัติตามโปรแกรม (Compliance) ดีกว่า นอกจากนี้ การลดลงของฮอร์โมนเอสโตรเจนและเทสโทสเตอโรนในวัยทองอาจส่งผลต่อศูนย์ควบคุมความหิวในสมองและทำให้ความต้องการพลังงานลดลง ซึ่งอาจเสริมผลของการจำกัดพลังงานอาหาร

4. การรักษาสมดุลมวลกล้ามเนื้อ(เมื่อไม่จำแนกตามอายุ): การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของมวลกล้ามเนื้อและอัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน (BMR) ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจเกิดจากระยะเวลาการทดลองที่ค่อนข้างสั้น (8 สัปดาห์) และการที่โปรแกรมเน้นการควบคุมอาหารเป็นหลักโดยไม่มีโปรแกรมการออกกำลังกายเฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตาม ชี้ให้เห็นว่าการควบคุมพลังงานอาหารอย่างเหมาะสมร่วมกับสัดส่วนสารอาหารที่สมดุลสามารถช่วยรักษามวลกล้ามเนื้อระหว่างการลดน้ำหนักได้ สอดคล้องกับแนวทางของ Feinman et al.[8] ที่แนะนำว่าการจำกัดคาร์โบไฮเดรตควรพิจารณาเป็นแนวทางแรกในการจัดการภาวะดื้ออินซูลิน

5. ปัจจัยสนับสนุนความสำเร็จจากกระบวนการกลุ่ม: นอกเหนือจากการใช้เทคโนโลยีแล้ว กระบวนการกลุ่ม (Group Dynamics) ผ่านการสื่อสารในกลุ่มไลน์วิจัย การกระตุ้นและเสริมกำลังใจจากผู้ดูแลวิจัย และการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกัน เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมแรงจูงใจเป็นหมู่คณะและป้องกันการถอนตัวจากการวิจัยของผู้เข้าร่วม

6. ข้อจำกัดและความท้าทายในการประยุกต์ใช้: แม้แอปพลิเคชัน “กินดี” จะมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ภาพอาหาร แต่ยังคงมีข้อจำกัดเรื่องความแม่นยำในเมนูที่มีส่วนประกอบซับซ้อน หรือการถ่ายภาพในสภาพแสงไม่เหมาะสม การพัฒนาฐานข้อมูลเมนูอาหารไทยในระดับท้องถิ่นและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจสุขภาพอื่นๆ จะเป็นทิศทางสำคัญในการพัฒนาระบบต่อไป นอกจากนี้ไม่มีข้อมูลรายงานอัตราการถ่ายรูปอาหารต่อวันของกลุ่มทดลอง ผู้วิจัยจึงประเมินการถ่ายรูปอาหารจากภาพที่ส่งเข้าในกลุ่มไลน์พบว่าเกือบครบสามมื้อต่อวัน และไม่สามารถควบคุมพฤติกรรมการบริโภคของผู้ร่วมวิจัยได้ตลอดเวลา ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดองค์ประกอบร่างกายที่อาจได้รับอิทธิพลจากสภาวะน้ำในร่างกาย ในการวิจัยอนาคตจึงควรพิจารณาใช้วิธีที่มีความแม่นยำสูงกว่านี้ เช่น DXA

7. ข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่ม: เนื่องจากเป็นงานวิจัยแบบ RCT การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มทำให้ปัจจัยด้านอายุ เพศในสองกลุ่มอาจจะไม่สมดุลกัน แต่การกำกับตนเองและปรับพฤติกรรมที่เกิดพลังงานติดลบและจำกัดคาร์โบไฮเดรต ทำให้ข้อจำกัดด้านอายุและเพศไม่ส่งผลต่อการลดน้ำหนัก

สรุปผลการวิจัย

โปรแกรมการใช้ซอฟต์แวร์ปัญญาประดิษฐ์ แอปพลิเคชัน “กินดี” สำหรับคำนวณแคลอรี่มื้ออาหารร่วมกับโปรแกรมควบคุมการรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำ มีประสิทธิผลสูงในการลดน้ำหนักและเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบร่างกายในผู้ใหญ่ที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน โดยเฉพาะการลดน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เส้นรอบวงเอว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน และระดับไขมันในช่องท้อง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มากกว่าการใช้โปรแกรมควบคุมอาหารเพียงอย่างเดียว ผลการศึกษานี้สนับสนุนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมสุขภาพอย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

1. ควรมีระยะยาวมากขึ้นประมาณ 6 เดือนตามงานวิจัยอื่นๆ เพื่อเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในการวัดผลแอปพลิเคชันหรือโปรแกรมควบคุมน้ำหนักต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว องค์ประกอบของร่างกาย และการคงสภาพของน้ำหนักที่ลดลง การติดตามผลในระยะเวลาที่นานขึ้นจะช่วยให้เห็นแนวโน้มของผลลัพธ์และเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพได้อย่างยั่งยืน

2. ควรขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างและเพิ่มความหลากหลายของกลุ่มประชากรที่เข้าร่วมการวิจัย เช่น กลุ่มประชากรที่มีช่วงอายุ อาชีพ ระดับการศึกษา หรือพื้นที่ที่แตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการศึกษาไปยังประชากรในวงกว้าง และทำให้ผลการวิจัยมีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

3. การเปรียบเทียบประสิทธิผลของวิธีการแทรกแซงในรูปแบบต่าง ๆ เช่น โปรแกรมการออกกำลังกายร่วมกับการใช้แอปพลิเคชันปัญญาประดิษฐ์ การให้คำปรึกษาด้านโภชนาการโดยผู้เชี่ยวชาญ หรือการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลแบบอื่น เพื่อประเมินว่าวิธีการใดให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดน้ำหนักและเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพ

4. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการควบคุมหรือประเมินระดับกิจกรรมทางกายของผู้เข้าร่วมวิจัย เช่น การใช้เครื่องติดตามกิจกรรม (Activity Tracker) หรือแบบประเมินกิจกรรมทางกาย เพื่อช่วยลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลและเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของการวิจัย

5. ควรพัฒนาและวัดประสิทธิภาพของระบบหรือแอปพลิเคชันให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น เช่น การออกแบบฟังก์ชันที่ช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมและอยากถ่ายภาพลงทุกวัน พัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความสนุก ทำภารกิจเล่นเกมส์ ภารกิจเข้าใช้ทุกวัน แจกของรางวัล การแจ้งเตือนพฤติกรรมสุขภาพ บันทึกวิถีชีวิต (กิจกรรมทางกาย การนอนหลับ ความเครียด) หรือการให้ข้อมูลย้อนกลับแบบเฉพาะบุคคล เพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการเปลี่ยนพฤติกรรมและส่งเสริมสุขภาพในระยะยาว

6. ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจบันทึกข้อมูลในแอปพลิเคชันได้ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น การส่งเสริมแรงจูงใจภายในการกำหนดเป้าหมายการลดน้ำหนักที่ชัดเจน และการสนับสนุนจากครอบครัวหรือสังคม จึงมีความสำคัญต่อการช่วยให้ผู้เข้าร่วมสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

7. กรณีจะต่อยอดงานวิจัยนี้โดยใช้โมเดลแบบเดียวกัน แต่เพิ่มจำนวนประชากรศึกษามากขึ้น ควรวิเคราะห์ด้วยสถิติ Multiple Linear Regression เพื่อระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จในการลดน้ำหนัก การควบคุมปัจจัยกวน ด้วยสถิติ ANCOVA หรือ Regression with Covariates เพื่อขจัดอิทธิพลรบกวนจากตัวแปรด้านอายุ เพศ และโรคประจำตัว

ประโยชน์และการนำไปใช้

งานวิจัยนี้ช่วยพัฒนาองค์ความรู้ด้านการใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อจัดโภชนาการ ปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมน้ำหนักในประชากรไทย ผลการวิจัยสามารถต่อยอดสู่การศึกษาระยะยาวและพัฒนาแอปพลิเคชันสุขภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ภาคเอกชนสามารถนำข้อมูลไปพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการด้านสุขภาพดิจิทัลที่เหมาะสมกับผู้ใช้ไทย งานวิจัยยังช่วยส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษาในการพัฒนานวัตกรรมสุขภาพ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเหลื่อมล้ำด้านสุขภาพ ส่งเสริมการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน และลดการใช้ทรัพยากรกระดาษเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. Okunogbe A, Nugent R, Spencer G, Powis J, Ralston J, Wilding J. Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for 161 countries. BMJ Glob Health. 2022;7(9).
2. Blüher M. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. Nat Rev Endocrinol. 2019;15(5):288-98.
3. M B. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. Nat Rev Endocrinol. 2019;15(5):288–98.
4. Aekplakorn W, Inthawong R, Kessomboon P, et al. Prevalence and trends of obesity among Thai adults: results from the National Health Examination Surveys. BMC Public Health. 2020;20(1):850.
5. Most J TV, Redman LM, ., et al. Calorie restriction in humans: An update. Ageing Res Rev. 2017;39:36–45.
6. Hall KD HS, Kemnitz JW, ., et al. Energy balance and its components: implications for body weight regulation. Am J Clin Nutr. 2012;95(4):989–94.
7. Seidelmann SB, Claggett B, Cheng S, Henglin M, Shah A, Steffen LM, et al. Dietary carbohydrate intake and mortality: a prospective cohort study and meta-analysis. The Lancet Public Health. 2018;3(9):e419-e28.
8. Feinman RD, Pogozelski WK, Astrup A, Bernstein RK, Fine EJ, Westman EC. Dietary carbohydrate restriction as the first approach in diabetes management: critical review and evidence base. Nutrition. 2015;31(1):1-13.
9. Bandura A. Social cognitive theory of self-regulation. Organ Behav Hum Decis Process. 1991;50(2):248-87.
10. บริษัท กินดีเฮลท์เทค จ. กินดี: ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการคำนวณแคลอรี่อาหารไทย. 2023.
11. Chew HSJ, Chew NWS, Loong SSE, Lim SL, Tam WSW, Chin YH, et al. Effectiveness of an Artificial Intelligence-Assisted App for Improving Eating Behaviors: Mixed Methods Evaluation. Journal of Medical Internet Research. 2024;26:e46036.
12. Whitelock V, Kersbergen I, Higgs S, Aveyard P, Halford JCG, Robinson E. A smartphone based attentive eating intervention for energy intake and weight loss: Results from a randomised controlled trial. BMC Public Health. 2019;19(1):611.
13. He M, Sun D, Li T, et al. Time-restricted eating with or without low-carbohydrate diet reduces visceral fat and improves metabolic syndrome: a randomized trial. Cell Reports Medicine. 2022;3(12):100869.
14. Mansoor N, Vinknes KJ, Veierod MB, Retterstol K. Effects of low-carbohydrate diets vs low-fat diets on body weight and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials. British Journal of Nutrition. 2016;115(3):466-79.

15. Arya L, Neelu L, Santosh MV, Solleti PK, Rastogi R, Anjana Devi V. Effectiveness of AI-assisted mobile health apps for obesity reduction and enhanced life quality. J Inf Syst Eng Manag. 2025;10(3):1082-93.
16. Oei K, Choi EE, Bar-Dayan A, Stinson JN, Palmert MR, Alfonsi JE, et al. An Image-Recognition Dietary Assessment App for Adolescents With Obesity: Pilot Randomized Controlled Trial. JMIR Form Res. 2024;8:e58682.

การประเมินระดับออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา: การศึกษานำร่องในผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกซึ่งผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย

EVALUATION OF OXIDATION LEVELS OF FISH OIL SUPPLEMENTS: A PILOT STUDY OF SELECTED PRODUCTS MANUFACTURED AND MARKETED IN THAILAND

พริม วชรประภา*

PRIM WACHARAPRAPAR

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130729@dpu.ac.th

เอกราช บำรุงพีชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาเป็นแหล่งสำคัญของกรดไขมันโอเมกา-3 ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม กรดไขมันดังกล่าวมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการ และอาจเกี่ยวข้องกับผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค การศึกษานำร่องเชิงพรรณนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย โดยคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในรูปแบบแคปซูลนิ่ม ไม่มีส่วนผสมของน้ำมันจากแหล่งที่มีสีตามธรรมชาติ ไม่มีการเติมกลิ่นหรือรส และไม่มีการเสริมสารอาหารอื่น ยกเว้นวิตามินอี ตัวอย่างทั้งหมดจัดหาจากร้านขายยาที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและมีหน้าร้านในเขตกรุงเทพมหานคร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 ทั้งนี้ พบผลิตภัณฑ์ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกจำนวน 8 ตัวอย่าง การวิเคราะห์ดำเนินการโดยการวัดค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value; PV) และค่าพีแอนิซิดีน (p-anisidine value; pAV) ตามวิธีมาตรฐานของ American Oil Chemists' Society (AOCS) และคำนวณค่าออกซิเดชันรวม (total oxidation value; TOTOX) จากนั้นเปรียบเทียบผลกับเกณฑ์มาตรฐานของ Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED) ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์จำนวน 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 62.5) มีระดับออกซิเดชันเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ GOED ครบทุกตัวชี้วัด ขณะที่ผลิตภัณฑ์จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 37.5) มีค่าเกินเกณฑ์อย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัด เมื่อพิจารณาแยกตามรายตัวชี้วัด พบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่มี ค่า PV เกินเกณฑ์จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 37.5) ค่า pAV เกินเกณฑ์จำนวน 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 12.5) และค่า TOTOX เกินเกณฑ์จำนวน 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 25.0) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่นำมาศึกษามีความหลากหลายในด้านระดับออกซิเดชัน แม้ว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ GOED แต่ยังพบผลิตภัณฑ์บางส่วนที่มีค่าเกินเกณฑ์อย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัด สะท้อนว่าการเกิดออกซิเดชันยังคงเป็นประเด็นสำคัญด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา ผลการศึกษานี้อาจช่วยส่งเสริมความตระหนักของผู้บริโภคเกี่ยวกับการเลือกซื้อ การสังเกตคุณภาพเบื้องต้น และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม รวมทั้งสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสนับสนุนการควบคุมและเฝ้าระวังคุณภาพผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด และเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา, การออกซิเดชันของไขมัน, ค่าเพอร์ออกไซด์, ค่าพีแอนิซิดีน, ค่าออกซิเดชันรวม

Abstract

Fish oil supplements are an important source of omega-3 fatty acids, which provide recognized health benefits. However, these fatty acids are highly susceptible to oxidation, which may compromise product quality and nutritional value and may also be associated with potential effects on consumer health. This descriptive pilot study aimed to evaluate oxidation levels in fish oil supplements manufactured and marketed in Thailand. Samples were selected using purposive sampling from products manufactured and marketed in Thailand. Eligible products were in softgel capsule form, without naturally colored oil sources, added flavors, or other nutrients except vitamin E. All samples were obtained from retail pharmacies selling dietary supplements within physical stores in Bangkok during February 2026. A total of eight products met the predefined eligibility criteria. Oxidation was assessed by measuring peroxide value (PV) and p-anisidine value (pAV) using the official methods of the American Oil Chemists' Society (AOCS), and total oxidation value (TOTOX) was calculated. Results were compared with the standards established by the Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED). Five products (62.5%) met all GOED criteria, whereas three products (37.5%) exceeded at least one oxidation parameter. Specifically, PV, pAV, and TOTOX exceeded the GOED limits in three (37.5%), one (12.5%), and two (25.0%) products, respectively. These findings demonstrate variability in oxidation levels among the fish oil supplements evaluated in this study. Although most products complied with the GOED standards, some exceeded at least one oxidation criterion, indicating that oxidation remains an important quality concern for fish oil supplements. These findings may help raise consumer awareness regarding appropriate product selection, preliminary quality assessment, and proper storage practices. In addition, the findings may serve as baseline information to support quality control and market surveillance of fish oil supplements and provide a foundation for future research.

Keywords: fish oil supplements, lipid oxidation, peroxide value, p-anisidine value, total oxidation value

บทนำ

การบริโภคผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา (fish oil supplements) ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทย เนื่องจากน้ำมันปลาเป็นแหล่งสำคัญของ eicosapentaenoic acid (EPA) และ docosahexaenoic acid (DHA) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสายยาว (long-chain polyunsaturated fatty acids; LC-PUFAs) กลุ่มโอเมกา-3 (omega-3) ที่มีบทบาทในการส่งเสริมสุขภาพหลายด้าน อาทิ การทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด การทำงานของสมองและระบบประสาท การควบคุมกระบวนการอักเสบ และการสนับสนุนสุขภาพโดยรวม[1] ทั้งนี้ รายงานการวิเคราะห์ตลาดล่าสุดชี้ให้เห็นว่าตลาดกลุ่มผลิตภัณฑ์เสริมโอเมกา-3 ทั่วโลกมีมูลค่าสูงและมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง[2] ซึ่งสะท้อนถึงความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น และส่งผลให้น้ำมันปลาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีบทบาทสำคัญในตลาด

อย่างไรก็ตาม กรดไขมันโอเมกา-3 มีจำนวนพันธะคู่หลายตำแหน่ง จึงมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน (lipid oxidation) ได้ง่าย กระบวนการดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นเมื่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวสัมผัสกับออกซิเจน แสง ความร้อน หรือโลหะหนัก[3] และอาจเกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่กระบวนการผลิต การขนส่ง การจัดเก็บ ไปจนถึงการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคภายหลังการซื้อ[4] โดยในแต่ละขั้นตอนมีปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดออกซิเดชันแตกต่างกัน เช่น คุณภาพของวัตถุดิบและการควบคุมกระบวนการผลิตอาจมีผลต่อระดับออกซิเดชันตั้งแต่เริ่มต้น ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วนกรดไขมัน EPA และ DHA สูงจะมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันมากกว่า ส่วนการเติมสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี สามารถช่วยชะลอ การเกิดออกซิเดชันและเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์มีบทบาทในการลดการสัมผัสแสงและออกซิเจน ขณะที่การขนส่ง การจัดเก็บ และการวางจำหน่ายภายใต้อุณหภูมิ แสง หรือระยะเวลาที่ไม่เหมาะสม อาจเร่งการเกิดออกซิเดชันเพิ่มเติมได้[4-6] โดยการเกิดออกซิเดชันส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นแรก (primary oxidation products) เช่น สารไฮโดรเพอร์ออกไซด์ และเมื่อกระบวนการดำเนินต่อไปจะเกิดผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นที่สอง (secondary oxidation products) เช่น สารกลุ่มแอลดีไฮด์ คีโตน และสารประกอบอื่น ๆ[3] ซึ่งผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของน้ำมันปลา ทั้งด้านลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัส เช่น สีเข้มขึ้น ความใสลดลง รวมถึงการเกิดกลิ่นหืนหรือรสไม่พึงประสงค์ ตลอดจนอาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง[3,5,6] นอกจากนี้ มีรายงานว่าผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันบางชนิดอาจเกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น การเกิด oxidative stress และการอักเสบ แม้ว่าหลักฐานจากการศึกษาในมนุษย์ยังมีจำกัด[3,7,8]

ในระดับสากล องค์กร Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED) ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการประเมินคุณภาพของน้ำมันปลาโดยอาศัยการวัดระดับออกซิเดชันผ่านตัวชี้วัดสำคัญ ได้แก่ ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value; PV) สำหรับประเมินผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นแรกหรือสารไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ค่าพีแอนิซิดีน (p-anisidine value; pAV) สำหรับประเมินผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นที่สอง โดยเฉพาะสารกลุ่มแอลดีไฮด์ที่เกิดจากการสลายตัวของไฮโดรเพอร์ออกไซด์ และค่าออกซิเดชันรวม (total oxidation value; TOTOX) ซึ่งคำนวณจากทั้ง PV และ pAV เพื่อสะท้อนระดับออกซิเดชันโดยรวมของน้ำมันปลา[6,9] โดย GOED กำหนดค่า PV ไม่เกิน 5 mEq/kg ค่า pAV ไม่เกิน 20 และค่า TOTOX ไม่เกิน 26[9] ทั้งตัวชี้วัด

และเกณฑ์ดังกล่าวได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและถูกใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิงในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำมันปลาทั้งในงานวิจัยและอุตสาหกรรม[6,9] สำหรับประเทศไทย ข้อกำหนดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำมันปลาของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) อ้างอิงมาตรฐาน Codex Alimentarius โดยกำหนดค่าขีดจำกัดของ PV, pAV และ TOTOX ในระดับเดียวกับเกณฑ์ของ GOED[10] อย่างไรก็ตาม เกณฑ์มาตรฐานของ GOED ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ประเมินคุณภาพและความสดใหม่ของผลิตภัณฑ์ในด้านการเกิดออกซิเดชัน มิใช่เกณฑ์ที่ใช้กำหนดความเป็นพิษต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยตรง[9] ขณะที่ในทางปฏิบัติประเทศส่วนใหญ่รวมถึงประเทศไทยยังไม่มีการแสดงข้อมูลด้านระดับออกซิเดชันบนฉลากผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่สามารถประเมินความสดหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านดังกล่าวได้จากข้อมูลบนฉลากเพียงอย่างเดียว ดังนั้น การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการจึงมีบทบาทสำคัญในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายจริงในท้องตลาด

งานวิจัยที่สำรวจคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาในหลายภูมิภาคทั่วโลกพบว่าระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์มีความหลากหลาย ตั้งแต่การศึกษาในประเทศนิวซีแลนด์ (พ.ศ. 2558) ซึ่งรายงานการพบผลิตภัณฑ์ที่มีค่าออกซิเดชันเกินเกณฑ์ในบางตัวชี้วัดในสัดส่วนค่อนข้างสูง (ร้อยละ 83)[11] การศึกษาในประเทศออสเตรเลีย (พ.ศ. 2562) บราซิล (พ.ศ. 2562) และสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ (พ.ศ. 2563) ซึ่งรายงานการพบผลิตภัณฑ์ที่มีค่าออกซิเดชันเกินเกณฑ์ในบางส่วนของตัวอย่างที่ศึกษา (ร้อยละ 20–33)[12-14] ไปจนถึงการศึกษาในประเทศฝรั่งเศส (พ.ศ. 2565) ซึ่งรายงานว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน[15] ขณะที่การศึกษาในประเทศนิวซีแลนด์ (พ.ศ. 2560) และสหรัฐอเมริกา (พ.ศ. 2567) ชี้ให้เห็นว่าระดับออกซิเดชันที่รายงานอาจแตกต่างกันตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมกลิ่นรส ซึ่งรายงานสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีค่า pAV เกินเกณฑ์อยู่ที่ร้อยละ 60–62 เมื่อเทียบกับร้อยละ 0–14 ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกลิ่นรส[16,17] นอกจากนี้ การศึกษาในประเทศแคนาดา (พ.ศ. 2558) ซึ่งรวมผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบของสีตามธรรมชาติ รายงานการพบผลิตภัณฑ์ที่มีค่า pAV เกินเกณฑ์ร้อยละ 41[18] ผลการศึกษาเหล่านี้สะท้อนว่าระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาในท้องตลาดมีความหลากหลายและอาจได้รับอิทธิพลจากทั้งปัจจัยด้านการควบคุมคุณภาพตลอดห่วงโซ่อุปทาน เช่น คุณภาพวัตถุดิบ กระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์ การขนส่ง และสภาวะการเก็บรักษา[11-18] ตลอดจนลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา ซึ่งในบางกรณีอาจส่งผลต่อการประเมินระดับออกซิเดชัน โดยเฉพาะการวิเคราะห์ค่า pAV[16,17]

การศึกษานำร่องนี้จึงมุ่งเน้นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาในรูปแบบแคปซูลนิ่มที่มีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกัน โดยไม่มีส่วนผสมของน้ำมันจากแหล่งที่มีสารให้สีตามธรรมชาติ ไม่มีการเติมกลิ่นหรือรส และไม่มีการเสริมสารอาหารอื่น ยกเว้นวิตามินอี เพื่อลดอิทธิพลของปัจจัยที่อาจรบกวนการประเมินระดับออกซิเดชัน โดยกำหนดคุณลักษณะดังกล่าวเป็นเกณฑ์คัดเลือกผลิตภัณฑ์สำหรับการศึกษา

แม้ว่าจะมีงานวิจัยในหลายประเทศที่ประเมินระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาโดยใช้ตัวชี้วัดมาตรฐานเดียวกัน แต่ผลการศึกษาจากต่างประเทศอาจไม่สามารถสะท้อนคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยได้โดยตรง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายอาจมีความแตกต่างในด้านแหล่งผลิต บรรจุภัณฑ์ และสภาพการวางจำหน่าย อย่างไรก็ตาม ยังมีรายงานการศึกษาที่ประเมินระดับ

ออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทยอยู่จำกัด ส่งผลให้ยังไม่สามารถประเมินได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในประเทศมีความสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานสากลเพียงใด อีกทั้งยังขาดข้อมูลที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักของผู้บริโภคและภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในด้านการเกิดออกซิเดชันภายใต้สภาวะการจำหน่ายจริง

คำถามและวัตถุประสงค์การวิจัย

การศึกษานี้มีคำถามการวิจัยว่า ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่คัดเลือก ซึ่งผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย มีระดับออกซิเดชันเกินเกณฑ์มาตรฐานของ GOED หรือไม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ประเมินระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่คัดเลือก ซึ่งผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย โดยการวิเคราะห์ค่า PV และ pAV ทางห้องปฏิบัติการ และ (2) คำนวณค่า TOTOX และเปรียบเทียบผลของค่า PV, pAV และ TOTOX กับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่องเชิงพรรณนา โดยคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ทั้งนี้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษามีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกันและลดปัจจัยที่อาจรบกวนการประเมินระดับออกซิเดชัน โดยเฉพาะค่า pAV จึงกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปแบบแคปซูลนิ่ม (softgel capsule) ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบได้อย่างแพร่หลายในท้องตลาด ไม่มีส่วนผสมของน้ำมันจากแหล่งที่มีสีตามธรรมชาติ ไม่มีการเติมกลิ่นหรือรส และไม่มีการเสริมสารอาหารอื่น ยกเว้นวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลา นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ต้องได้รับการขึ้นทะเบียนกับ อย. มีข้อมูลบนฉลากครบถ้วน ได้แก่ วันผลิต วันหมดอายุ หมายเลขล็อตการผลิต ส่วนประกอบ และแหล่งผลิต รวมทั้งบรรจุภัณฑ์อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่ชำรุดหรือรั่วซึม และยังไม่หมดอายุในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์

ตัวอย่างทั้งหมดจัดหาจากร้านขายยาที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและมีหน้าร้านในเขตกรุงเทพมหานคร ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2569 โดยคัดเลือกร้านที่มีลักษณะการจัดวางสินค้าใกล้เคียงกันและมีการควบคุมอุณหภูมิภายในร้าน เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดจากปัจจัยแวดล้อม ณ จุดจำหน่าย ทั้งนี้ เพื่อให้มีปริมาณตัวอย่างเพียงพอต่อข้อกำหนดขั้นต่ำของห้องปฏิบัติการ (ไม่น้อยกว่า 100 กรัมต่อตัวอย่าง) ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วยบรรจุภัณฑ์มีปริมาณไม่เพียงพอ ผู้วิจัยจัดหาผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งหน่วยบรรจุภัณฑ์ที่มีหมายเลขล็อตการผลิตเดียวกัน ซึ่งวางจำหน่ายในร้านเดียวกัน เพื่อนำมารวมเป็นตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดจากความแตกต่างของล็อตการผลิตและสภาวะการจัดเก็บ

จากการคัดเลือกตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด รวมถึงแหล่งจัดหาและช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างของการศึกษานำร่องครั้งนี้ พบผลิตภัณฑ์ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกทั้งหมด 8 ตัวอย่าง

เมื่อได้ตัวอย่างครบถ้วน ผู้วิจัยบันทึกข้อมูลของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งปิดฉลากและกำหนดรหัสตัวอย่าง นอกจากนี้ ตัวอย่างทั้งหมดถูกเก็บในที่เย็นและพ้นแสง ในสภาพบรรจุภัณฑ์เดิมโดยไม่มีการเปิดใช้งาน และนำส่งห้องปฏิบัติการภายใต้การควบคุมอุณหภูมิ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของระดับออกซิเดชันก่อนการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการของบริษัท เอสจีเอส (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 โดยวิเคราะห์ค่า PV ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Cd 8b-90 ด้วยวิธี iodometric titration[19] และวิเคราะห์ค่า pAV ตามวิธีมาตรฐาน AOCS Cd 18-90 โดยใช้การวัดการดูดกลืนแสงของสารประกอบที่เกิดปฏิกิริยากับสารละลาย p-anisidine ด้วยวิธี spectrophotometry[20]

ตัวอย่างแต่ละรายการถูกวิเคราะห์ค่า PV และ pAV ซ้ำจำนวนสองครั้ง และประเมินความเที่ยงของค่า PV โดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างสัมบูรณ์ (absolute difference) ของผลการวิเคราะห์ซ้ำกับค่า repeatability (r) ที่รายงานใน AOCS Cd 8b-90[19] ส่วนความเที่ยงของค่า pAV ประเมินจากการเปรียบเทียบค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) กับค่า repeatability CV, % ที่รายงาน ใน AOCS Cd 18-90[20] ทั้งนี้ ยังอ้างอิงแนวทางการประเมินความเที่ยงสำหรับการวิเคราะห์ซ้ำทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งโดยทั่วไปพิจารณาค่า %RSD ไม่เกินร้อยละ 10 ว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้[21] จากนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ซ้ำเป็นตัวแทนในการคำนวณค่า TOTOX และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED

ค่า TOTOX คำนวณจากสมการ TOTOX = 2PV + pAV[9] จากนั้นเปรียบเทียบค่า PV, pAV และ TOTOX กับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED ได้แก่ ค่า PV ไม่เกิน 5 mEq/kg ค่า pAV ไม่เกิน 20 และค่า TOTOX ไม่เกิน 26[9]

การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา โดยรายงานผลในรูปของค่า PV, pAV และ TOTOX ของแต่ละตัวอย่าง และผลการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED เพื่อประเมินระดับออกซิเดชันของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา

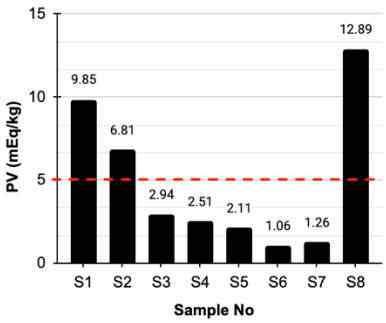
ผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกมีจำนวน 8 ตัวอย่าง โดยข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์มีความหลากหลาย ทั้งในด้านประเภทบรรจุภัณฑ์ ระดับความเข้มข้นของ EPA และ DHA การเติมวิตามินอี และอายุผลิตภัณฑ์ ณ วันที่วิเคราะห์ สำหรับผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ การประเมินความเที่ยงของผลการวิเคราะห์ซ้ำของค่า PV และ pAV อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามวิธีมาตรฐานและแนวทางการประเมินที่ใช้อ้างอิงในการศึกษานี้ จึงใช้ค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์เป็นตัวแทนในการคำนวณ ค่า TOTOX และการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED โดยข้อมูลทั่วไปและผลการวิเคราะห์ระดับออกซิเดชันของตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 1 และผลการประเมินเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED แสดงไว้ในภาพที่ 1–3

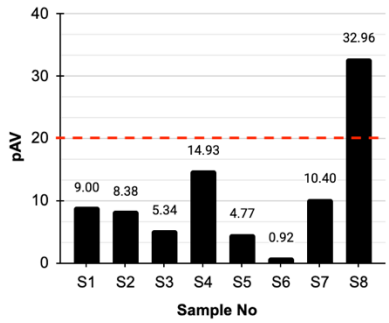
ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและผลการวิเคราะห์ระดับออกซิเดชันของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

รหัสตัวอย่าง	ประเภทบรรจุภัณฑ์	ระดับความเข้มข้นของ EPA และ DHA	การเติมวิตามินอี	อายุผลิตภัณฑ์ ณ วันที่วิเคราะห์ (เดือน)	PV (mEq/kg)	pAV	TOTOX
S1	ขวดพลาสติกโปร่งแสงสีชา	เข้มข้นสูง	ไม่เติม	9	9.85*	9.00	28.70*
S2	ขวดพลาสติกโปร่งแสงสีชา	เข้มข้นสูง	ไม่เติม	10	6.81*	8.38	22.00
S3	ขวดแก้วสีชา	ทั่วไป	เติม	7	2.94	5.34	11.22
S4	ขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว	ทั่วไป	เติม	9	2.51	14.93	19.95
S5	ขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว	ทั่วไป	เติม	9	2.11	4.77	8.99
S6	ขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว	เข้มข้นสูง	ไม่เติม	9	1.06	0.92	3.04
S7	ขวดพลาสติกทึบแสงสีขาว	ทั่วไป	เติม	9	1.26	10.40	12.92
S8	ขวดแก้วสีชา	ทั่วไป	ไม่เติม	6	12.89*	32.96*	58.74*

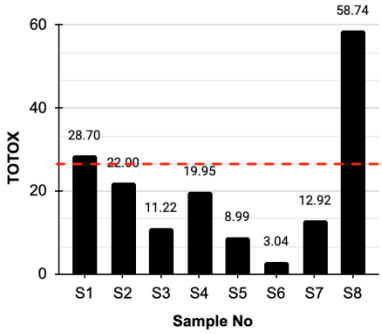
หมายเหตุ:
- การจัดระดับความเข้มข้นของกรดไขมัน EPA และ DHA ต่อแคปซูล แบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ น้ำมันปลาทั่วไป (EPA+DHA < 35%) น้ำมันปลาเข้มข้น (EPA+DHA อยู่ในช่วง 35–50%) และน้ำมันปลาเข้มข้นสูง (EPA+DHA > 50%) โดยอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 422) พ.ศ. 2564 เรื่องน้ำมันปลา[10]
- * ค่าออกซิเดชันเกินเกณฑ์มาตรฐานของ GOED (PV > 5 mEq/kg, pAV > 20 และ TOTOX > 26)



ภาพที่ 1 ผลการประเมินค่า PV เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED โดยเส้นประแสดงค่าเกณฑ์มาตรฐาน (PV ไม่เกิน 5 mEq/kg)



ภาพที่ 2 ผลการประเมินค่า pAV เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED โดยเส้นประแสดงค่าเกณฑ์มาตรฐาน (pAV ไม่เกิน 20)



ภาพที่ 3 ผลการประเมินค่า TOTOX เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ GOED โดยเส้นประแสดงค่าเกณฑ์มาตรฐาน (TOTOX ไม่เกิน 26)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานของ GOED โดยรวมทั้ง 3 ตัวชี้วัด พบว่ามีผลิตภัณฑ์จำนวน 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 62.5) ที่มีค่าออกซิเดชันเป็นไปตามเกณฑ์ครบทุกตัวชี้วัด ขณะที่อีก 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 37.5) มีค่าเกินเกณฑ์อย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัด

เมื่อพิจารณาแยกตามรายตัวชี้วัด พบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่มีค่า PV เกินเกณฑ์จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 37.5) ค่า pAV เกินเกณฑ์จำนวน 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 12.5) และค่า TOTOX เกินเกณฑ์จำนวน 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 25.0)

นอกจากนี้ ในผลิตภัณฑ์ทั้ง 8 ตัวอย่าง พบว่าค่า PV มีค่าเฉลี่ย 4.93 mEq/kg ค่ามัธยฐาน 2.73 mEq/kg และพิสัย 1.06–12.89 mEq/kg ขณะที่ค่า pAV มีค่าเฉลี่ย 10.84 ค่ามัธยฐาน 8.69 และพิสัย 0.92–32.96 ส่วนค่า TOTOX มีค่าเฉลี่ย 20.70 ค่ามัธยฐาน 16.44 และพิสัย 3.04–58.74

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้พบว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่คัดเลือกส่วนใหญ่มีค่าออกซิเดชันเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ GOED อย่างไรก็ตาม ยังพบผลิตภัณฑ์บางส่วนที่มีค่าเกินเกณฑ์อย่างน้อยหนึ่งตัวชี้วัด สะท้อนว่าระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาดมีความหลากหลาย แม้จะอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกันก็ตาม

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาก่อนหน้า พบว่าผลการศึกษานี้อยู่ในช่วงเดียวกับรายงานจากหลายประเทศที่พบผลิตภัณฑ์บางส่วนมีค่าออกซิเดชันเกินเกณฑ์[12-14] และใกล้เคียงกับการศึกษาในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมกลิ่นรสจากประเทศนิวซีแลนด์และสหรัฐอเมริกา ซึ่งรายงานการพบผลิตภัณฑ์บางส่วนมีค่า pAV และ TOTOX เกินเกณฑ์[16,17] ขณะที่การศึกษาในกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เติมกลิ่นรสหรือมีองค์ประกอบของสีตามธรรมชาติรายงานการพบผลิตภัณฑ์ที่มีค่า pAV เกินเกณฑ์ในสัดส่วนที่สูงกว่า[16-18]

ความแตกต่างของผลการศึกษาระหว่างประเทศอาจเกี่ยวข้องทั้งกับปัจจัยด้านการควบคุมคุณภาพตลอดห่วงโซ่อุปทานและความแตกต่างของลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา โดยมีรายงานว่าสารแต่งกลิ่นรสหรือส่วนประกอบที่มีสีตามธรรมชาติอาจรบกวนการประเมินค่า pAV ส่งผลให้ค่าที่ตรวจวัดได้อาจไม่สะท้อนการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันปลาเพียงอย่างเดียว[16,17] ทั้งนี้ ค่า TOTOX ที่พบมีแนวโน้มสอดคล้องกับรูปแบบของค่า PV และ pAV เนื่องจากเป็นค่าที่คำนวณจากตัวชี้วัดทั้งสองตามสมการมาตรฐานของ GOED[9]

เมื่อพิจารณาค่า PV, pAV และ TOTOX ร่วมกัน พบว่าตัวอย่างที่ศึกษามีรูปแบบของการเกิดออกซิเดชันหลายลักษณะ โดยบางตัวอย่างมีค่า PV และ pAV อยู่ในระดับต่ำและเป็นไปตามเกณฑ์ทุกตัวชี้วัด (ตัวอย่าง S3, S5 และ S6) ขณะที่บางตัวอย่างมีค่า PV สูงแต่ค่า pAV ยังไม่สูงมาก (ตัวอย่าง S1 และ S2) ซึ่งอาจสะท้อนการสะสมของผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นแรก เช่น สารไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ในทางตรงกันข้าม บางตัวอย่างมีค่า pAV สูงเมื่อเทียบกับค่า PV (ตัวอย่าง S4 และ S7) ซึ่งอาจสะท้อนการสลายตัวของผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นแรกไปเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นที่สอง โดยเฉพาะสารกลุ่มแอลดีไฮด์ ส่วนตัวอย่างที่มีค่า PV, pAV และ TOTOX สูงทุกตัวชี้วัด (ตัวอย่าง S8) อาจสะท้อนการเกิดออกซิเดชันในหลายระยะของกระบวนการ[3,6]

จากข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์ที่รวบรวมในการศึกษานี้พบว่า ตัวอย่างมีความแตกต่างกันในหลายด้าน ทั้งประเภทของบรรจุภัณฑ์ ระดับความเข้มข้นของ EPA และ DHA การเติมวิตามินอี และอายุของผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ตรวจวิเคราะห์ เมื่อพิจารณาประกอบกับข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้า พบว่าปัจจัยดังกล่าว อาจเกี่ยวข้องกับระดับออกซิเดชันของน้ำมันปลา โดยผลิตภัณฑ์ที่มีสัดส่วน EPA และ DHA สูงกว่าอาจมี ความไวต่อการเกิดออกซิเดชันมากกว่า ขณะที่วิตามินอีอาจช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ภายใต้สภาวะ ที่เหมาะสม นอกจากนี้ ความสามารถในการป้องกันแสงและการซึมผ่านของออกซิเจนของบรรจุภัณฑ์ รวมถึงระยะเวลาการเก็บรักษา อาจเกี่ยวข้องกับความคงตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา[4-6] นอกจากนี้ การศึกษาก่อนหน้ายังรายงานว่า ระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาจได้รับอิทธิพลจากการควบคุมคุณภาพในหลายขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่คุณภาพวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การบรรจุ การขนส่ง การจัดเก็บ และสภาพการวางจำหน่าย[3,4,6] ดังนั้น ระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่วางจำหน่าย ในท้องตลาดจึงอาจสะท้อนผลของหลายปัจจัยร่วมกัน มากกว่าจะเกิดจากปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพียงอย่างเดียว สำหรับ

การศึกษานี้ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อระบุสาเหตุของระดับออกซิเดชันโดยตรง ดังนั้น การสรุปความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแต่ละด้านกับระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาจึงอยู่นอกขอบเขตของการศึกษานี้

ในด้านสุขภาพและการประยุกต์ใช้ ค่า PV, pAV และ TOTOX ควรใช้เป็นตัวชี้วัดด้านคุณภาพและ การเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการออกซิเดชัน มากกว่าตัวชี้วัดความเป็นพิษโดยตรง ดังนั้น การที่ผลิตภัณฑ์มีค่าตัวชี้วัดเกินเกณฑ์ GOED จึงไม่ได้หมายความว่าจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในทันที แต่สะท้อนว่าผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพจากกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งนอกจากจะส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แล้ว ยังอาจทำให้คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ที่คาดหวังจากการบริโภคกรดไขมันโอเมกา-3 ลดลง[7-9] และแม้ว่าหลักฐานเกี่ยวกับผลกระทบ ต่อสุขภาพจากการบริโภคน้ำมันปลาที่เกิดออกซิเดชันในมนุษย์ยังมีข้อจำกัด แต่การได้รับผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันอย่างต่อเนื่องในระยะยาวยังเป็นประเด็นที่ควรให้ความสำคัญ เนื่องจากอาจเกี่ยวข้องกับการเกิด oxidative stress และการอักเสบโดยเฉพาะเมื่อได้รับร่วมกับสารออกซิเดชันจากแหล่งอื่นในชีวิตประจำวัน[7,8]

ในเชิงการประยุกต์ใช้ แม้ว่าผู้บริโภคจะไม่สามารถทราบระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์จากฉลากได้โดยตรง แต่สามารถลดโอกาสในการได้รับผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพและช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาได้ โดย (1) การเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคควรพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการขึ้นทะเบียนกับ อย. ผลิตและจัดจำหน่ายโดยผู้ประกอบการที่น่าเชื่อถือ หลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่ใกล้วันหมดอายุ และอาจพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมวิตามินอี รวมถึงเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่ช่วยลดการสัมผัสแสง เช่น ขวดทึบแสงหรือขวดสีชา ตลอดจนเลือกขนาดบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมกับระยะเวลาการบริโภคเพื่อลดการสัมผัสอากาศจากการเปิดใช้งานซ้ำหลายครั้ง ทั้งนี้ ควรเลือกซื้อจากแหล่งจำหน่ายที่มีการจัดเก็บผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม และหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่วางใกล้แหล่งความร้อนหรือแสงแดดโดยตรง[3-5] (2) การสังเกตคุณภาพของผลิตภัณฑ์เบื้องต้น แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะไม่สามารถยืนยันระดับออกซิเดชันได้เทียบเท่าการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ แต่หากผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหืนหรือมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม สีเข้มขึ้น ความใสลดลง หรือมีลักษณะขุ่น ผู้บริโภคควรหลีกเลี่ยงการรับประทาน เนื่องจากลักษณะดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันจากกระบวนการออกซิเดชัน โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันขั้นที่สองบางชนิดซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นหืนและการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัส[3,5,6] และ (3) การเก็บรักษาอย่างเหมาะสม โดยเก็บผลิตภัณฑ์ในที่เย็น พ้นแสง ปิดบรรจุภัณฑ์ให้สนิทหลังใช้งาน และหลีกเลี่ยงการเก็บในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ซึ่งแม้จะไม่สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ทั้งหมด แต่สามารถช่วยชะลอการเสื่อมสภาพและคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้[3-5]

ในระดับผู้ประกอบการ ผลการศึกษานี้สนับสนุนความสำคัญของการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ กระบวนการผลิต บรรจุภัณฑ์ การขนส่ง และสภาวะการเก็บรักษา เพื่อรักษาระดับออกซิเดชันให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตลอดอายุการเก็บรักษา ขณะที่ในระดับหน่วยงานกำกับดูแล ผลการศึกษานี้อาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการเฝ้าระวังคุณภาพผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาในท้องตลาดต่อไป

แม้ว่าการศึกษานี้จะช่วยสะท้อนภาพรวมของระดับออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่คัดเลือกซึ่งผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย แต่ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการแปลผล

การศึกษา ได้แก่ การศึกษานี้ใช้การคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงภายใต้เกณฑ์การคัดเลือก แหล่งจัดหา และช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างที่กำหนด จึงอาจทำให้ผลการศึกษาไม่สามารถเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาทั้งหมดที่วางจำหน่ายในประเทศไทยได้ นอกจากนี้ การศึกษานี้เป็นการประเมินผลิตภัณฑ์ ณ ช่วงเวลาหนึ่งหลังการวางจำหน่าย จึงไม่ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงของระดับออกซิเดชันตลอดอายุการเก็บรักษา อีกทั้ง การศึกษานี้ไม่ได้เข้าถึงข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพในแต่ละขั้นตอนของห่วงโซ่อุปทาน จึงไม่สามารถระบุสาเหตุของระดับออกซิเดชันที่ตรวจพบได้โดยตรง และแม้ว่าค่า PV, pAV และ TOTOX จะเป็นตัวชี้วัดมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมันปลา แต่ตัวชี้วัดดังกล่าวสะท้อนผลิตภัณฑ์ออกซิเดชันเพียงบางส่วนของกระบวนการออกซิเดชัน จึงอาจไม่ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้พบว่าผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาที่คัดเลือกมีระดับออกซิเดชันที่หลากหลาย โดยแม้ว่าผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ GOED แต่ยังพบผลิตภัณฑ์บางส่วนที่มีระดับออกซิเดชันเกินเกณฑ์ที่กำหนด สะท้อนว่าการเกิดออกซิเดชันยังคงเป็นประเด็นสำคัญด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาในท้องตลาด

ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ช่วยส่งเสริมความตระหนักของผู้บริโภคในการเลือกซื้อ การสังเกตคุณภาพเบื้องต้น และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม ตลอดจนสนับสนุนการควบคุมและเฝ้าระวังคุณภาพผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด รวมทั้งเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษานี้ ผู้บริโภคควรให้ความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาในด้านการเกิดออกซิเดชัน รวมถึงการเลือกซื้อ การสังเกตคุณภาพเบื้องต้น และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม ขณะที่ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพและการเฝ้าระวังระดับออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ตลอดห่วงโซ่อุปทาน

เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารน้ำมันปลาและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดออกซิเดชัน การศึกษาในอนาคตอาจพิจารณาศึกษาผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายมากขึ้น รวมทั้งติดตามการเปลี่ยนแปลงของระดับออกซิเดชันในหลายช่วงของอายุการเก็บรักษา เพื่อให้เห็นแนวโน้มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ตามระยะเวลา นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมคุณภาพตลอดห่วงโซ่อุปทาน เพื่อช่วยอธิบายความแตกต่างของระดับออกซิเดชันที่พบในผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์

อีกทั้ง การศึกษาในอนาคตอาจประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ในมิติอื่นเพิ่มเติม เช่น การประเมินสารระเหยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดออกซิเดชันและกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ โดยอาจใช้เทคนิค gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) การศึกษาตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ออกซิเดชัน เช่น malondialdehyde (MDA) รวมถึงการประเมินความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน เช่น oxidative stability index (OSI) เพื่อศึกษาความเสถียรของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

1. Patted PG, Masareddy RS, Patil AS, Kanabargi RR, Bhat CT, et al. Omega-3 fatty acids: a comprehensive scientific review of their sources, functions and health benefits. Future J Pharm Sci. 2024;10:94.
2. Grand View Research. Omega-3 supplements market size, share & trends analysis report [Internet]. San Francisco (CA): Grand View Research; 2025 [cited 2026 June 10]. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/omega-3-supplement-market.
3. Shahidi F, Zhong Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. Chem Soc Rev. 2010;39(11):4067–79.
4. Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED). Best-Practice Guidelines on Oxidation Control [Internet]. Salt Lake City (UT): GOED; 2017 [cited 2026 June 10]. Available from: https://goedomega3.com/storage/app/media/pdf/GOED%20Best-Practice%20Guidelines %20on%20Oxidation%20Control.pdf.
5. Miyashita K. Prevention of fish oil oxidation. J Oleo Sci. 2019;68(1):1–11.
6. Ismail A, Bannenberg G, Rice HB, Schutt E, MacKay D. Oxidation in EPA- and DHA-rich oils: an overview. Lipid Technol. 2016;28(3-4):55–9.
7. Albert BB, Cameron-Smith D, Hofman PL, Cutfield WS. Oxidation of marine omega-3 supplements and human health. Biomed Res Int. 2013;2013:464921.
8. Leong XF. Lipid oxidation products on inflammation-mediated hypertension and atherosclerosis: a mini review. Front Nutr. 2021;8:717740.
9. Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED). GOED Monograph [Internet]. Salt Lake City (UT): GOED; 2022 Jan 6 [cited 2026 June 10]. Available from: https://goedomega3.com/storage/app/media/Monograph/GOED%20Monograph%202022%2001%2006%20FINAL.pdf.
10. Thailand. Food and Drug Administration (Ministry of Public Health). ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง คำชี้แจงประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 422) พ.ศ. 2564 เรื่อง น้ำมันปลา [Internet]. Bangkok: Ministry of Public Health; 2021 [cited 2026 June 10]. Available from: https://exfood.fda.moph.go.th/law/data/announ_fda/P422.pdf.
11. Albert BB, Derraik JG, Cameron-Smith D, Hofman PL, Tumanov S, Villas-Boas SG, et al. Fish oil supplements in New Zealand are highly oxidised and do not meet label content of n-3 PUFA. Sci Rep. 2015;5:7928.
12. Heller M, Gemming L, Tung C, Grant R. Oxidation of fish oil supplements in Australia. Int J Food Sci Nutr. 2019;70(5):540–50.

13. de Gouvêa HR, de Paula DF, Silva TAP, Campos AFC, Ito MK. Fatty acid content, oxidation markers and mercury in fish oil supplements commercialized in Brasília, Brazil. Orbital Electron J Chem. 2019;11(3):168–77.
14. Jairoun AA, Shahwan M, Zyoud SH. Fish oil supplements, oxidative status, and compliance behaviour: regulatory challenges and opportunities. PLoS One. 2020;15(12):e0244688.
15. Pasini F, Gómez-Caravaca AM, Blasco T, Cvejić J, Caboni MF, Verardo V. Assessment of lipid quality in commercial omega-3 supplements sold in the French market. Biomolecules. 2022;12(10):1361.
16. Bannenberg G, Mallon C, Edwards H, Yeadon D, Yan K, Johnson H, et al. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid content and oxidation state of fish oil supplements in New Zealand. Sci Rep. 2017;7:1488.
17. Hands JM, Anderson ML, Cooperman T, Frame LA. A multi-year rancidity analysis of 72 marine and microalgal oil omega-3 supplements. J Diet Suppl. 2024;21(2):195–206.
18. Jackowski SA, Alvi AZ, Mirajkar A, Imani Z, Gamalevych Y, Shaikh NA, et al. Oxidation levels of North American over-the-counter n-3 (omega-3) supplements and the influence of supplement formulation and delivery form on evaluating oxidative safety. J Nutr Sci. 2015;4:e30.
19. American Oil Chemists' Society (AOCS). Official Method Cd 8b-90: Peroxide Value. Champaign (IL): AOCS.
20. American Oil Chemists' Society (AOCS). Official Method Cd 18-90: p-Anisidine Value. Champaign (IL): AOCS.
21. Eurachem. The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics [Internet]. 2nd ed. Eurachem; 2014 [cited 2026 June 10]. Available from: https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf

ประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการฉีดสารกรดโพลี-ดี,แอล-แลคติก (PDLLA) สำหรับการฟื้นฟูผิวหนังบริเวณหลังมือในระยะเวลา 12 สัปดาห์

THE EFFICACY AND SAFETY OF POLY-D, L-LACTIC ACID (PDLLA) INJECTION FOR DORSAL HAND SKIN REJUVENATION IN 12 WEEKS

กันตา ตันติชูศักดิ์*

KANTA TANTICHUSAK

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 65130352@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ผิวหนังบริเวณหลังมือเป็นอีกตำแหน่งหนึ่งที่แสดงสัญญาณความชราได้ชัดเจน เนื่องจากมีชั้นหนังแท้ที่บางและไขมันใต้ผิวหนังน้อย ปัจจุบันสารกรดโพลี-ดี,แอล-แลคติก (PDLLA) ซึ่งเป็นสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนได้รับความสนใจในการฟื้นฟูผิวหนังมากขึ้น แต่ยังไม่มีข้อมูลการศึกษาทางคลินิกแบบสุ่มที่ประเมินผลด้วยเครื่องมือเชิงปริมาณบริเวณหลังมือ การศึกษานี้จึงมุ่งประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการฉีด PDLLA (NeoFilera®) บริเวณหลังมือ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลระหว่างความเข้มข้น 25 mg/ml กับ 20 mg/ml การศึกษานี้ออกแบบเป็น split-hand randomized comparative pilot study ในอาสาสมัคร 10 ราย อายุเฉลี่ย 49.30 ± 6.67 ปี ซึ่งมือแต่ละข้างได้รับ PDLLA คนละความเข้มข้นโดยการสุ่มด้วยระบบคอมพิวเตอร์ กำหนดให้ผลลัพธ์หลักคือค่าความยืดหยุ่นของผิวหนังหรือค่า R2 จากการวัดด้วยเครื่อง Cutometer Dual MPA 580 ผลลัพธ์รองประกอบด้วยค่าริ้วรอย ได้แก่ ความกว้าง ความลึก และดัชนีการยุบตัวของริ้วรอย ความหยาบ และเม็ดสี ซึ่งวัดด้วยเครื่อง ANTERA 3D® ทำการวัดที่ก่อนการรักษาและหลังการรักษา 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่ากลุ่ม 25 mg/ml มีค่า R2 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 59.85 ± 11.31 เป็น 79.07 ± 24.33 (p = 0.034) ส่วนกลุ่ม 20 mg/ml มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 63.20 ± 7.85 เป็น 67.67 ± 17.20 แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.408) ตัวแปรรองไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญในทั้งสองกลุ่ม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสองความเข้มข้นก็ไม่พบความแตกต่างในทุกตัวแปร อาการไม่พึงประสงค์ที่พบเป็นอาการบวมและรอยช้ำที่หายได้เองในระยะเวลาสั้น โดยกลุ่ม 20 mg/ml มีอาการบวมระดับรุนแรงมากกว่า ผลจากการศึกษานำร่องนี้บ่งชี้ว่าการฉีด PDLLA ที่ความเข้มข้น 25 mg/ml สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความยืดหยุ่นผิวหนังหลังมืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับก่อนการรักษา อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบโดยตรงระหว่างสองความเข้มข้น ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งสองความเข้มข้นมีความปลอดภัยในระดับที่ยอมรับได้ เนื่องจากเป็นการศึกษานำร่องที่มีขนาดตัวอย่างเล็ก ผลที่พบจึงควรถือเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องการการยืนยันด้วยการศึกษาขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นและการติดตามผลระยะยาวต่อไป

คำสำคัญ: กรดโพลี-ดี,แอล-แลคติก, การฟื้นฟูผิวหนังหลังมือ, ความยืดหยุ่นของผิวหนัง, สารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน

Abstract

The dorsal hand is a prominent anatomical site for visible aging signs due to its thin dermis and minimal subcutaneous fat. Recently, Poly-D, L-Lactic Acid (PDLLA), a collagen biostimulator, has gained attention for skin rejuvenation; however, randomized clinical trials utilizing quantitative assessment for hand rejuvenation are still limited. This study aimed to evaluate the efficacy and safety of PDLLA (NeoFilera®) for dorsal hand rejuvenation and to compare the outcomes between two concentrations: 25 mg/ml and 20 mg/ml. This study was designed as a split-hand, randomized comparative pilot study involving 10 volunteers with a mean age of 49.30 ± 6.67 years. Each hand was randomly assigned via a computer-generated system to receive a different concentration of PDLLA. The primary outcome was skin elasticity (R2 value), measured using the Cutometer Dual MPA 580. Secondary outcomes included wrinkle parameters—specifically width, depth, and indentation index—as well as roughness and pigmentation, all of which were assessed using the ANTERA 3D®. Measurements were performed at baseline and at 12 weeks post-treatment. The results showed that the 25 mg/ml group experienced a statistically significant increase in the R2 value, rising from 59.85 ± 11.31 to 79.07 ± 24.33 ($p = 0.034$). In the 20 mg/ml group, a slight increase from 63.20 ± 7.85 to 67.67 ± 17.20 was observed, which was not statistically significant ($p = 0.408$). No significant changes in secondary outcomes were found in either group, nor were there significant differences between the two concentrations across all variables. Adverse events included self-limiting edema and bruising; notably, the 20 mg/ml group reported a higher severity of swelling. These findings suggest that PDLLA injection at a concentration of 25 mg/ml is associated with a statistically significant increase in dorsal hand skin elasticity compared with baseline. However, no statistically significant difference was observed when the two concentrations were compared directly. Both concentrations demonstrated an acceptable safety profile. As this was a pilot study with a limited sample size, these preliminary findings should be confirmed by larger studies with longer follow-up.

Keywords: Poly-D, L-Lactic Acid (PDLLA), dorsal hand rejuvenation, skin elasticity, collagen biostimulator

บทนำ

ผิวหนังบริเวณหลังมือเป็นอีกตำแหน่งหนึ่งที่แสดงสัญญาณความชราได้ชัดเจน เนื่องจากมีชั้นหนังแท้ที่บางและไขมันใต้ผิวหนังน้อยกว่าใบหน้า1 เมื่อชราวัยขึ้นจะยิ่งสูญเสียไขมันใต้ผิวหนัง ทำให้เห็นโครงสร้างใต้ผิว เช่น กระดูก เส้นเอ็น และเส้นเลือด2 รวมถึงเกิดริ้วรอยเหี่ยวย่น ซึ่งเกิดจากทั้งปัจจัยภายนอก เช่น แสงแดด และมลภาวะ ที่ทำลายเส้นใยอีลาสตินและคอลลาเจน และปัจจัยภายในจากกระบวนการชราตามธรรมชาติ[3]

ปัจจุบันมีทางเลือกการรักษาหลายวิธี ทั้งเลเซอร์และสารเติมเต็มประเภทต่าง ๆ โดยกลุ่มสารกระตุ้นคอลลาเจน (Collagen Biostimulators) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยฟื้นฟูปริมาณและคุณภาพผิวได้อย่างมีประสิทธิภาพและยาวนาน หนึ่งในนั้น คือ Poly-D,L-Lactic acid (PDLLA) ซึ่งเป็นโพลีเมอร์ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ มีหลักฐานว่าช่วยกระตุ้นไฟโบรบลาสต์ เพิ่มการสร้างคอลลาเจน และเพิ่มความยืดหยุ่นของเนื้อเยื่อ[4,5] อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการใช้ PDLLA บริเวณหลังมือในมนุษย์ยังมีจำกัด หลักฐานเกี่ยวกับ PDLLA ที่มีในปัจจุบันส่วนใหญ่มาจากการศึกษาในสัตว์ทดลองและบริเวณใบหน้า[4,5] ซึ่งมีโครงสร้างผิวหนังแตกต่างจากหลังมือ จึงยังไม่สามารถอนุมานผลไปยังหลังมือได้โดยตรงทั้งหมด ข้อมูลการใช้ PDLLA บริเวณหลังมือในมนุษย์โดยตรงมีการรายงานที่มีอยู่เพียงรายการเดียว[6] เป็นการศึกษาที่ไม่มีกลุ่มควบคุมและประเมินผลเชิงคุณภาพเท่านั้น ยังไม่มีการศึกษาทางคลินิกแบบสุ่มที่ใช้เครื่องมือวัดเชิงปริมาณ ส่วนหลักฐานของสารในกลุ่ม polylactic acid ชนิดอื่นบริเวณหลังมือมีรายงานการใช้ poly-L-lactic acid (PLLA) ในผู้ป่วย 27 ราย[7] ซึ่งเป็นการศึกษาแบบ case series ที่ไม่มีกลุ่มควบคุมและไม่ได้ประเมินด้วยเครื่องมือวัดเชิงปริมาณเช่นกัน นอกจากนี้ยังขาดข้อมูลเปรียบเทียบผลการฉีด PDLLA ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน การศึกษานี้จึงออกแบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของ PDLLA บริเวณหลังมือ และเปรียบเทียบผลระหว่างความเข้มข้น 25 mg/ml กับ 20 mg/ml ด้วยเครื่องมือวัดเชิงวัตถุอย่างเป็นระบบ

คำถามการวิจัย

การฉีดสาร PDLLA บริเวณหลังมือมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูผิวหนังบริเวณหลังมือภายในระยะเวลา 12 สัปดาห์หรือไม่ และมีความปลอดภัยเพียงพอหรือไม่ และความเข้มข้น 25 mg/ml กับ 20 mg/ml ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างไร

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการฉีดสาร PDLLA บริเวณหลังมือในการเพิ่มความยืดหยุ่น (skin elasticity; R2) การเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะพื้นผิวผิวหนัง ได้แก่ ริ้วรอย (wrinkle width, depth, indentation index) ความหยาบ (roughness) และเม็ดสี (pigmentation) รวมถึงเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างความเข้มข้น 25 mg/ml และ 20 mg/ml ในระยะเวลา 12 สัปดาห์

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

ผิวหนังหลังมือมีชั้นหนังแท้บางและไขมันใต้ผิวหนังน้อย1 เมื่อชราวัยขึ้น คอลลาเจน อีลาสติน และไขมันจะลดลง เกิดริ้วรอยและมองเห็นโครงสร้างใต้ผิวชัดเจน โดยมีสาเหตุจากทั้งปัจจัยภายใน (cellular

senescence, ฮอร์โมน) และภายนอก (แสง UV, มลพิษ) ซึ่งกระตุ้น MMP-1 ให้ย่อยสลายคอลลาเจนในชั้นหนังแท้8 ทางเลือกการรักษาในปัจจุบัน ได้แก่ เลเซอร์ สารเติมเต็มชั่วคราว9 (HA filler) และสารกระตุ้นคอลลาเจน (Collagen biostimulators) โดยกลุ่มหลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากให้ผลยาวนาน[4,5]

PDLLA เป็นโพลีเอสเตอร์สังเคราะห์ชนิดหนึ่งที่ร่างกายสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ[10] ถูกนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์อย่างกว้างขวาง กระตุ้นปัจจัยหลายชนิดภายในเซลล์แมคโครฟาจ4 ส่งผลให้เกิดการสร้างหลอดเลือดใหม่ ลดภาวะเครียดออกซิเดชัน และนำไปสู่การสร้างคอลลาเจนใหม่ งานวิจัยในปัจจุบันส่วนใหญ่ศึกษาในสัตว์ทดลองและใบหน้า พบว่า PDLLA มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและเส้นใยอีลาสตินบริเวณใบหน้า[11] อย่างไรก็ตามผิวหนังหลังมือมีโครงสร้างที่แตกต่างไปจากใบหน้า มีเพียงการศึกษาหลังมือหนึ่งรายการที่ไม่มีกลุ่มควบคุมและไม่ใช้เครื่องมือวัดเชิงปริมาณ[6]

นอกจากนี้ยังไม่มีข้อมูลการเปรียบเทียบผลของการเตรียมสาร PDLLA ที่ความเข้มข้นต่างกันสองระดับ ทั้งในแง่ประสิทธิภาพการรักษาและภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้สูตรทั้งสองความเข้มข้นได้รับปริมาณ PDLLA ต่อมือเท่ากัน (200 mg) แตกต่างกันเพียงปริมาตรของสารละลายที่ใช้เจือจาง จึงตั้งสมมติฐานว่าความเข้มข้นที่สูงกว่าซึ่งมีปริมาตรการฉีดน้อยกว่า อาจทำให้อนุภาค PDLLA กระจุกตัวหนาแน่นขึ้นในบริเวณที่ฉีด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของอนุภาค PDLLA ที่พบว่าพารามิเตอร์ในการเตรียมสารมีผลต่อขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค[12] ซึ่งอาจส่งผลต่อระดับการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน ในขณะที่ปริมาตรสารละลายที่มากกว่าในกลุ่ม 20 mg/ml อาจเพิ่มแรงดันในเนื้อเยื่อและปริมาณของเหลวที่ต้องดูดซึม ซึ่งอาจสัมพันธ์กับความรุนแรงของอาการบวมในระยะเฉียบพลัน จึงนำมาสู่การพัฒนาสมมติฐานว่า PDLLA สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นและคุณภาพผิวหลังมือได้อย่างมีนัยสำคัญภายใน 12 สัปดาห์ และความเข้มข้นที่ต่างกันอาจให้ผลลัพธ์ด้านประสิทธิภาพและความรุนแรงของอาการไม่พึงประสงค์ที่แตกต่างกัน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาออกแบบเป็น split-hand randomized comparative pilot study ในอาสาสมัครไทย อายุ 40–60 ปี จำนวน 10 ราย มือแต่ละข้างได้รับผลิตภัณฑ์ PDLLA ที่ใช้ในการศึกษานี้คือ NeoFilera® ซึ่งประกอบด้วยอนุภาค PDLLA ร่วมกับ carboxymethyl cellulose (CMC) เป็นตัวพา มีลักษณะอนุภาคทรงกลมพื้นผิวเรียบ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 25 ไมครอน[13] ซึ่งอยู่ในช่วง 20-100 ไมครอนที่แนะนำสำหรับความปลอดภัยและการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน[12] มือแต่ละข้างของอาสาสมัครได้รับ PDLLA ที่ต่างความเข้มข้นโดยสุ่มด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีการทำ allocation concealment และ blinded assessor ความเข้มข้นที่ใช้ ได้แก่ 25 mg/ml (PDLLA 200 mg ใน sterile water 7 ml + lidocaine 1 ml) และ 20 mg/ml ตามโปรโตคอลผู้ผลิต (PDLLA 200 mg ใน sterile water 9 ml + lidocaine 1 ml) ปริมาณ PDLLA ต่อมือเท่ากันทั้งสองกลุ่ม (200 mg) ฉีดเข้าชั้นใต้หนังแท้ด้วยจำนวน 1 ครั้ง วัดผลลัพธ์หลัก คือ การเปลี่ยนแปลงค่า R2 จาก baseline ถึง 12 สัปดาห์ วัดด้วยเครื่อง Cutometer Dual MPA 580 และผลลัพธ์รอง ได้แก่ ริ้วรอย ความหยาบ และเม็ดสี วัดด้วยเครื่อง ANTERA 3D® ที่ระยะเวลา 0 และ 12 สัปดาห์

บันทึกอาการไม่พึงประสงค์ที่ 30 นาที, 24, 48, 72 ชั่วโมง และ 2, 4, 8, 12 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS ใช้ Paired t-test หรือ Wilcoxon signed-rank test ตามผลการทดสอบการแจกแจงปกติ ทั้งสำหรับการเปรียบเทียบภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม กำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ข้อมูลประชากรและข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย พบว่า มีอาสาสมัครทั้งหมด 10 ราย (20 มือ) ทุกรายติดตามผลจนครบ 12 สัปดาห์โดยไม่มีผู้ถอนตัว เป็นเพศหญิง 7 ราย (ร้อยละ 70) เพศชาย 3 ราย (ร้อยละ 30) อายุเฉลี่ย 49.30 ± 6.67 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 22.14 ± 3.04 kg/m² ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว (ร้อยละ 90) ไม่มีอาสาสมัครรายใดมีประวัติแพ้ยา และทุกรายไม่เคยได้รับหัตถการด้านความงามบริเวณมือมาก่อน ข้อมูลผลต่างตัวแปรผิวหนังทุกตัวแปรผ่านการทดสอบ Shapiro-Wilk และมีการแจกแจงปกติ จึงใช้ Paired t-test ในการวิเคราะห์ทั้งหมด โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ ซึ่งค่า p ที่ระบุว่าเป็น “ภายในกลุ่ม” หมายถึงเปรียบเทียบก่อน-หลังในความเข้มข้นเดียวกัน ส่วน “ระหว่างกลุ่ม” หมายถึงเปรียบเทียบ 25 mg/ml กับ 20 mg/ml ผลการวิจัยมีดังต่อไปนี้

ตัวแปรเรื่องความยืดหยุ่นของผิวหนัง (Elasticity; R2) เมื่อพิจารณาภายในกลุ่ม พบว่ากลุ่มที่ได้รับ PDLLA ความเข้มข้น 25 mg/ml มีค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง (R2) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 59.85 ± 11.31 ที่ baseline เป็น 79.07 ± 24.33 ที่ 12 สัปดาห์ (mean difference = 19.22, 95% CI: 1.84–36.60, p = 0.034) คิดเป็นการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 32.1 ในขณะที่กลุ่มความเข้มข้น 20 mg/ml มีค่า R2 เพิ่มขึ้นจาก 63.20 ± 7.85 เป็น 67.67 ± 17.20 โดยมีค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 4.47 (95% CI: -7.18–16.12, p = 0.408) ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าแม้ทั้งสองกลุ่มมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น แต่มีเพียงกลุ่ม 25 mg/ml เท่านั้นที่บรรลุระดับนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่า baseline ระหว่างสองกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (mean difference = -3.35, 95% CI: -9.72–3.02, p = 0.265) ยืนยันความสมดุลก่อนการรักษา และที่ 12 สัปดาห์ แม้ค่าเฉลี่ย R2 ของกลุ่ม 25 mg/ml จะสูงกว่ากลุ่ม 20 mg/ml แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (mean difference = 11.40, 95% CI: -9.14–31.94, p = 0.241) เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงระหว่างกลุ่ม พบว่ากลุ่ม 25 mg/ml มีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า (19.22 ± 24.29 เทียบกับ 4.47 ± 16.28) โดยมี mean difference ของการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 14.75 (95% CI: -4.44–33.94, p = 0.116) แต่ช่วงความเชื่อมั่นยังคร่อมศูนย์ จึงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแปรด้านพื้นผิวผิวหนัง สำหรับความกว้างของริ้วรอย (Wrinkle width) พบแนวโน้มลดลงในทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่ม 25 mg/ml ลดจาก 0.732 ± 0.118 เป็น 0.695 ± 0.091 mm (mean difference = -0.037, 95% CI: -0.122–0.048, p = 0.354) และกลุ่ม 20 mg/ml ลดจาก 0.770 ± 0.090 เป็น 0.738 ± 0.103 mm (mean difference = -0.032, 95% CI: -0.091–0.027, p = 0.247) แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทั้งสองกลุ่ม และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (p = 0.931) ความลึกของริ้วรอย (Wrinkle depth) แทบไม่เปลี่ยนแปลงในทั้งสองกลุ่ม โดยกลุ่ม 25 mg/ml เปลี่ยนจาก 0.036 ± 0.004 เป็น 0.035 ± 0.003 mm (p

= 0.426) และกลุ่ม 20 mg/ml คงอยู่ที่ 0.035 ± 0.004 mm (p = 0.639) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (p = 0.542) ดัชนีการยุบตัวของริ้วรอย (Wrinkle indentation index) กลุ่ม 25 mg/ml ลดลงเล็กน้อยจาก 35.81 ± 4.23 เป็น 34.53 ± 3.17 (p = 0.336) และกลุ่ม 20 mg/ml แทบไม่เปลี่ยนแปลงจาก 34.72 ± 4.36 เป็น 34.68 ± 3.47 (p = 0.937) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (p = 0.357) ความหยาบของผิว (Roughness) กลุ่ม 25 mg/ml มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 12.64 ± 4.10 เป็น 12.84 ± 3.10 (p = 0.799) ขณะที่กลุ่ม 20 mg/ml มีแนวโน้มลดลงจาก 13.44 ± 4.40 เป็น 12.23 ± 3.69 (mean difference = -1.22, 95% CI: -2.48–0.05, p = 0.058) ซึ่งใกล้เคียงระดับนัยสำคัญ ทั้งสองกลุ่มมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงต่างกัน แต่ความแตกต่างระหว่างกลุ่มยังไม่มีนัยสำคัญ (mean difference = 1.42, 95% CI: -0.23–3.08, p = 0.084) เม็ดสีผิว (Pigmentation) ทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยกลุ่ม 25 mg/ml เปลี่ยนจาก 48.92 ± 8.19 เป็น 48.68 ± 7.67 (p = 0.711) และกลุ่ม 20 mg/ml เปลี่ยนจาก 47.22 ± 6.04 เป็น 46.49 ± 6.70 (p = 0.358) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้งภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม (p = 0.249) โดยสรุป ค่า baseline ของตัวแปรทุกตัวไม่มีความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มก่อนการรักษา แสดงถึงความสมดุลที่ดีจากการสุ่ม มีเพียงค่า R2 ในกลุ่ม 25 mg/ml เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวแปรอื่นทั้งหมดไม่พบการเปลี่ยนแปลงหรือความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ในด้านความปลอดภัยและอาการไม่พึงประสงค์ พบว่าอาการข้างเคียงทั้งหมดเป็นอาการชั่วคราวที่หายได้เองโดยไม่ต้องรักษาเพิ่มเติม พบมากที่สุดในช่วง 30 นาทีแรก ได้แก่ อาการบวม (ร้อยละ 90 ทั้งสองกลุ่ม) รอยแดง (ร้อยละ 60) และรอยช้ำ (ร้อยละ 50 และ 70 ตามลำดับ) อาการทั้งหมดหายภายใน 48–72 ชั่วโมง ยกเว้นรอยช้ำที่หายภายในสัปดาห์ที่ 2 กลุ่ม 20 mg/ml มีแนวโน้มพบอาการบวมระดับรุนแรง (score 3) มากกว่า (3 ราย ร้อยละ 30) เทียบกับกลุ่ม 25 mg/ml ที่ไม่พบระดับรุนแรงเลย อาการคัน การเกิดก้อน และการเปลี่ยนแปลงสีผิวพบน้อยและจำกัดอยู่ในช่วงแรกเท่านั้น ไม่พบ nodule, granuloma หรือภาวะแทรกซ้อนรุนแรงตลอด 12 สัปดาห์ในทั้งสองกลุ่ม ทั้งนี้การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มใช้เพียงสถิติเชิงพรรณนา แนะนำให้ทดสอบด้วย Fisher's exact test ในการศึกษาขนาดใหญ่ต่อไป

นอกจากนี้ระดับความเจ็บปวดประเมินด้วย Visual Analogue Scale (VAS) 0–10 ให้คะแนนจากประสบการณ์โดยรวมของหัตถการทั้งสองมือ ระดับความเจ็บปวดเฉลี่ยสูงสุดในช่วง 30 นาทีแรก (3.0 ± 3.2) จากนั้นลดลงต่อเนื่องเหลือ 0.8 ± 1.1 ที่ 72 ชั่วโมง และอาสาสมัครทุกรายไม่มีความเจ็บปวด (VAS 0) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการศึกษา

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานำร่องแบบ split-hand randomized comparative pilot study นี้ศึกษาประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการฉีด PDLLA (NeoFilera®) บริเวณหลังมือเพื่อฟื้นฟูผิวหนัง โดยเปรียบเทียบความเข้มข้น 25 mg/ml กับ 20 mg/ml ในอาสาสมัคร 10 ราย ติดตามผล 12 สัปดาห์ ผลลัพธ์ที่สำคัญ คือ กลุ่มที่ได้รับ PDLLA ความเข้มข้น 25 mg/ml มีค่าความยืดหยุ่นของผิวหนัง (R2) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.034) ในขณะที่กลุ่ม 20 mg/ml มีแนวโน้มที่ดีขึ้นแต่ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ (p = 0.408) ตัวแปรด้าน

พื้นผิวผิวหนัง ได้แก่ ริ้วรอย ความหยาบ และเม็ดสี แม้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ดีขึ้น แต่ยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายใน 12 สัปดาห์ การเปรียบเทียบระหว่างสองความเข้มข้นโดยตรงไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในด้านประสิทธิภาพ ด้านความปลอดภัยพบเพียงอาการชั่วคราวที่หายได้เองโดยไม่มีภาวะแทรกซ้อนรุนแรง และมีแนวโน้มว่ากลุ่ม 20 mg/ml ซึ่งใช้ปริมาตรการฉีดมากกว่า มีอาการบวมรุนแรงในระยะแรกมากกว่ากลุ่ม 25 mg/ml ระดับความเจ็บปวดโดยรวมอยู่ในระดับต่ำและกลับเป็นปกติภายในสัปดาห์แรก

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการเพิ่มขึ้นของ R2 ในกลุ่ม 25 mg/ml สอดคล้องกับกลไกทางชีววิทยาของ PDLLA ที่มีรายงานไว้ โดย Oh และคณะ14 แสดงในสัตว์ทดลองว่า PDLLA กระตุ้นแมคโครฟาจผ่านเส้นทาง Nrf2 ลดภาวะเครียดออกซิเดชัน และกระตุ้นไฟโบรบลาสต์ให้สังเคราะห์คอลลาเจนและอีลาสตินในชั้นหนังแท้ (neocollagenesis) ผลนี้สอดคล้องกับการศึกษา PDLLA ในมนุษย์หลายรายการ ได้แก่ Seo และคณะ[15] ที่รายงานการลดลงของสัญญาณความชราทุกมิติพร้อมหลักฐานชิ้นเนื้อยืนยันการเพิ่มขึ้นของคอลลาเจนและอีลาสติน Kim และคณะ[11] ใน split-face RCT ที่พบว่า PDLLA ปรับปรุงความยืดหยุ่นและคุณภาพผิวดีขึ้น พร้อมหลักฐานทางพยาธิวิทยา และ Bohnert และคณะ[16] ใน randomized controlled double-blind multicenter study ที่สนับสนุนว่าสารกลุ่ม polylactic acid มีศักยภาพในการปรับปรุงคุณสมบัติทางชีวกลศาสตร์ของผิวหนัง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้ไม่มีการตัดชิ้นเนื้อ ผลลัพธ์จึงควรถือเป็นข้อค้นพบเบื้องต้นที่สอดคล้องกับกลไกที่รายงานไว้ ไม่ใช่หลักฐานยืนยันกลไกโดยตรง

การที่ตัวแปรด้านพื้นผิวผิวหนังยังไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ อาจอธิบายได้จากสามปัจจัยหลัก ได้แก่ การฉีดเพียงครั้งเดียวอาจไม่เพียงพอต่อการกระตุ้น extracellular matrix remodeling ในระดับที่ตรวจจับได้ภายใน 12 สัปดาห์ ขนาดตัวอย่างที่เล็กทำให้กำลังสถิติไม่เพียงพอ และระยะติดตามอาจสั้นเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับ Oh และคณะ[17] ที่พบการปรับปรุงความหยาบและเม็ดสีหลังฉีด PDLLA 5 ครั้งใน 24 สัปดาห์ นอกจากนี้กลไกของ PDLLA ในการยับยั้ง MMP2 และ MMP9 เพื่อลดเมลานิน ตามที่ Byun และคณะ[18] รายงานในสัตว์ทดลอง อาจต้องการเวลานานกว่า 12 สัปดาห์เพื่อปรากฏผลในมนุษย์ การที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสองความเข้มข้นในด้านประสิทธิภาพอาจเป็นเพราะปริมาณ PDLLA ต่อมือเท่ากันทั้งสองกลุ่ม (200 mg) โดยความแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือปริมาตรสารละลาย ซึ่งอาจไม่มีผลต่อ neocollagenesis มากพอในขนาดตัวอย่างนี้

ด้านความปลอดภัย ไม่พบ nodule หรือ granuloma ตลอด 12 สัปดาห์สอดคล้องกับรายงานความปลอดภัยของ PDLLA[15] และการศึกษาของ Ma และคณะ[6] ที่รายงานการฉีด PDLLA บริเวณหลังมือโดยไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรงเช่นกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นทั้งสองระดับ กลุ่ม 20 mg/ml มีแนวโน้มพบอาการบวมรุนแรง (score 3) มากกว่ากลุ่ม 25 mg/ml (3 ราย ร้อยละ 30 เทียบกับ 0 ราย) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการวิเคราะห์อาการไม่พึงประสงค์ในการศึกษานี้ใช้เพียงสถิติเชิงพรรณนา จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่า

ความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติได้ ผลที่พบจึงควรถือเป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการตั้งสมมติฐานในการศึกษาครั้งต่อไป

การศึกษานี้มีข้อจำกัดสำคัญ 4 ประการ ประการแรกคือขนาดตัวอย่างเล็ก (n = 10) ทำให้ statistical power ต่ำกว่าร้อยละ 80 ในทุกตัวแปร ผลที่พบทั้งที่มีและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงควรตีความด้วยความระมัดระวัง ประการที่สองคือระยะติดตาม 12 สัปดาห์อาจสั้นเกินไปสำหรับกระบวนการ neocollagenesis ที่อาจดำเนินต่อเนื่องถึง 6-12 เดือน ประการที่สามคือการไม่มีกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการรักษาหรือกลุ่มหลอก (sham control) ทำให้ไม่สามารถแยกผลของ PDLLA ออกจากผลของการฉีดสารละลาย การนวดคลึงระหว่างหัตถการ หรือการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของผิวหนังในช่วงเวลาที่ศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้การออกแบบแบบ split-hand ช่วยควบคุมความแปรปรวนระหว่างบุคคลได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถทดแทนการมีกลุ่มควบคุมที่แท้จริงได้ และประการที่สี่คือการไม่มีการประเมินโครงสร้างผิวหนังเชิงวัตถุ เช่น การตัดชิ้นเนื้อ (histology) หรือการตรวจด้วย high-resolution ultrasound เพื่อวัดความหนาของชั้นหนังแท้และปริมาณคอลลาเจนโดยตรง ผลลัพธ์จาก Cutometer จึงเป็นหลักฐานเชิง functional outcome มากกว่าหลักฐานยืนยันกลไกโดยตรง อย่างไรก็ตาม หลักฐานจาก Kim และคณะ[11] และ Byun และคณะ[18] ที่ต่างพบว่าด้านที่ได้รับ PDLLA มีการเพิ่มขึ้นของคอลลาเจนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน สอดคล้องกับสมมติฐานว่าผลที่พบอาจเกี่ยวข้องกับฤทธิ์ของ PDLLA แม้ยังไม่สามารถยืนยันได้จากการศึกษานี้โดยตรง

โดยสรุป การศึกษานำร่องนี้บ่งชี้ว่า PDLLA ความเข้มข้น 25 mg/ml มีแนวโน้มเพิ่มความยืดหยุ่นของผิวหนังหลังมือในระยะสั้นภายใน 12 สัปดาห์ แต่จากขนาดตัวอย่างที่จำกัดและการที่การเปรียบเทียบระหว่างสองความเข้มข้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงยังไม่สามารถสรุปความเหนือกว่า (superiority) ของความเข้มข้น 25 mg/ml เมื่อเทียบกับ 20 mg/ml ได้ และเนื่องจากระยะติดตามผลเพียง 12 สัปดาห์ ยังไม่สามารถสรุปความปลอดภัยในระยะยาวของ PDLLA บริเวณหลังมือได้เช่นกัน ผลการศึกษาทั้งหมดจึงควรถือเป็นข้อค้นพบเบื้องต้น (preliminary findings) ที่ต้องการการยืนยันด้วยการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น ระยะติดตามยาวกว่า และมีการตรวจทางจุลพยาธิวิทยาร่วมด้วย

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาในอนาคต ควรขยายขนาดตัวอย่างอย่างน้อย 25–30 ราย (คำนวณจาก Cohen's d = 0.79 ของผลลัพธ์หลัก กำหนด power = 0.80 และ α = 0.05) เพื่อให้มีกำลังทางสถิติเพียงพอ ควรยืดระยะติดตามผลออกไปอย่างน้อย 6–12 เดือนเพื่อประเมินความคงทนของผลลัพธ์และโอกาสเกิดภาวะแทรกซ้อนระยะยาว และควรปรับรูปแบบการรักษาเป็นแบบต่อเนื่อง (Multiple Treatment Sessions) เช่น ฉีด 2–3 ครั้ง ห่างกันทุก 4–8 สัปดาห์ เพื่อประเมินว่าการสะสมของอนุภาค PDLLA ในชั้นหนังแท้อย่างต่อเนื่อง จะช่วยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและอีลาสตินได้ในปริมาณที่มากพอจนส่งผลให้ตัวแปรด้านโครงสร้างผิวชั้นนอกมีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ควรพัฒนากลยุทธ์การฉีดเพื่อลดผลข้างเคียง เช่น เพิ่มความเข้มข้นเพื่อลดปริมาตรการฉีด แล้วประเมินว่าการเพิ่มความหนาแน่นของอนุภาค PDLLA ในปริมาตรน้ำที่น้อยลงไปอีก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฟื้นฟูผิวหรือไม่ เพิ่มการตัดชิ้น

เนื้อหรืออัลตราซาวน์ความถี่สูงเพื่อวัดความหนา dermis เชิงปริมาณ พิจารณาศึกษาความเข้มข้นที่สูงกว่า 25 mg/ml เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความปลอดภัยในเชิงเปรียบเทียบ และกำหนดโปรโตคอลการถ่ายภาพมาตรฐานที่ควบคุมสภาพแสง ระยะห่าง และมุมกล้องให้คงที่ เพื่อให้ภาพถ่ายใช้เป็น outcome measure เสริมได้อย่างน่าเชื่อถือ

เอกสารอ้างอิง

1. Bondarenko IN. Ultrasonic diagnosis of skin, facial, neck and hand soft tissue in women of different age: a non-randomised observational cross-sectional study. Kuban Scientific Medical Bulletin [Internet]. 2021 Jun 27 [cited 2026 May 29];28(3):16-28. Available from: https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-3-16-28
2. Butterwick K, Sadick N. Hand rejuvenation using a combination approach. Dermatologic Surgery [Internet]. 2016 Apr 29 [cited 2026 May 22];42(Supplement 2):S108-18. Available from: https://doi.org/10.1097/dss.0000000000000687
3. Lai WF, Lin MC. Treating cutaneous aging with patented technologies. Journal of Biosciences [Internet]. 2015 Apr 20 [cited 2026 May 22];40(2):209-16. Available from: https://doi.org/10.1007/s12038-015-9522-8
4. Oh S, Seo SB, Kim G, Batsukh S, Son KH, Byun K. Poly-D,L-Lactic acid stimulates angiogenesis and collagen synthesis in aged animal skin. International Journal of Molecular Sciences [Internet]. 2023 Apr 28 [cited 2026 Jun 9];24(9):7986. Available from: https://doi.org/10.3390/ijms24097986
5. Lee KWA, Chan LKW, Lee AWK, Lee CH, Wong STH, Yi KH. Poly-d,l-lactic Acid (PDLLA) Application in Dermatology: A Literature Review. Polymers [Internet]. 2024 Sep 13 [cited 2026 Jun 9];16(18):2583. Available from: https://doi.org/10.3390/polym16182583
6. Ma S, Lin C, Lin J, Chang Y, Chen C. Rejuvenation of the dorsal hand by injectable poly-D, L-lactic acid: A pilot study. Australasian Journal of Dermatology [Internet]. 2024 May 20 [cited 2026 Jun 9];65(6):e168-70. Available from: https://doi.org/10.1111/ajd.14302
7. Redaelli A. Cosmetic use of polylactic acid for hand rejuvenation: report on 27 patients. Journal of Cosmetic Dermatology [Internet]. 2006 Sep 1 [cited 2026 Jan 8];5(3):233-8. Available from: https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2006.00259.x
8. Levakov A, Vuckovic N, Djolai M, Mocko-Kacanski M, Bozanic S. Age-related skin changes. Medicinski Pregled [Internet]. 2012 Jan 1 [cited 2026 Jun 18];65(5-6):191-5. Available from: https://doi.org/10.2298/mpns1206191
9. Haney B. Pharmacology of temporary dermal fillers. In: Aesthetic Procedures: Nurse Practitioner's Guide to Cosmetic Dermatology. Cham: Springer; 2020.
10. Lin F, Wang X, Wang Y, Yang Y, Li Y. Preparation and biocompatibility of electrospinning PDLLA/β-TCP/collagen for peripheral nerve regeneration. RSC Advances [Internet]. 2017

Jan 1 [cited 2026 Jun 9];7(66):41593-602. Available from: https://doi.org/10.1039/c7ra05966c

11. Kim JC, Kim DC, Park HS, Seo SB, Kang HY. A collagen biostimulator improves photoaging pigmentation. Experimental Dermatology [Internet]. 2024 Jun 1 [cited 2026 Jul 8];33(6):e15090 Available from: https://doi.org/10.1111/exd.15090
12. Su CY, Chang YC, Lu BR, Fang HW. Investigating the Relationship Between the Emulsification Parameters and Physical–Chemical Properties of Poly(D,L-lactic acid) Particles for Dermal Fillers. Polymers [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2026 Jun 23];16(23):3395. Available from: https://doi.org/10.3390/polym16233395
13. Su CY, Chang YC, Cheng PJ, Fang HW. Comparative Physicochemical Characterization of Polylactic Acid-Based Dermal Fillers. Polymers [Internet]. 2026 Jan [cited 2026 Jun 12];18(1):84. Available from: https://doi.org/10.3390/polym18010084
14. Oh S, Seo SB, Kim G, Batsukh S, Park CH, Son KH, et al. Poly-D,L-Lactic acid filler increases extracellular matrix by modulating macrophages and Adipose-Derived stem cells in aged animal skin. Antioxidants [Internet]. 2023 Jun 1 [cited 2026 Jul 8];12(6):1204. Available from: https://doi.org/10.3390/antiox12061204
15. Seo SB, Park H, Jo JY, Ryu HJ. Skin rejuvenation effect of the combined PDLLA and non cross‐linked hyaluronic acid: A preliminary study. Journal of Cosmetic Dermatology [Internet]. 2023 Nov 15 [cited 2026 Jul 8];23(3):794-802. Available from: https://doi.org/10.1111/jocd.16085
16. Bohnert K, Dorizas A, Lorenc P, Sadick NS. Randomized, Controlled, Multicentered, Double-Blind investigation of injectable Poly-L-Lactic Acid for improving skin quality. Dermatologic Surgery [Internet]. 2019 Feb 14 [cited 2026 Sep 10];45(5):718-24. Available from: https://doi.org/10.1097/dss.0000000000001772
17. Oh DY, Seo SB, Jang YJ, Park EJ, Kim KH. Facial skin rejuvenation using Poly-DL-Lactic acid injected with a Laser-Generated Needle-Free microjet injector. Dermatologic Surgery [Internet]. 2024 Apr 17 [cited 2026 Jul 8];50(8):739-45. Available from: https://doi.org/10.1097/dss.0000000000004195
18. Byun KA, Byun KA, Seo SB, Oh S, Jang JW, Son KH, et al. Poly-D,L-Lactic acid filler attenuates ultraviolet B-Induced skin pigmentation by reducing destruction of the basement membrane. International Journal of Molecular Sciences [Internet]. 2024 Oct 28 [cited 2026 Jun 8];25(21):11568. Available from: https://doi.org/10.3390/ijms252111568

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนซี-รีแอคทีฟความไวสูงกับโรคตับคั่งไขมันจากภาวะเมตาบอลิกผิดปกติ ในผู้ป่วยภาวะก่อนเบาหวาน: การศึกษาแบบย้อนหลัง

ASSOCIATION BETWEEN HS-CRP AND METABOLIC DYSFUNCTION ASSOCIATED STEATOTIC LIVER DISEASE (MASLD) IN PREDIABETIC PATIENTS: A RETROSPECTIVE STUDY

ศิรวิทย์ สถิตสมิทธ์*

SIRAWIT STITSMITH

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130531@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Thunnawat Wattanaseth, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับ hs-CRP กับภาวะ MASLD ที่วินิจฉัยด้วยอัลตราซาวด์ทางหน้าท้อง ในกลุ่มผู้มีภาวะก่อนเบาหวาน (HbA1c ร้อยละ 5.7–6.4) เปรียบเทียบกับกลุ่มระดับน้ำตาลปกติ โดยใช้ข้อมูลผลตรวจสุขภาพจากเวชระเบียนย้อนหลัง (ข้อมูลทุติยภูมิ) ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2568 โดยวิเคราะห์ข้อมูลผู้ตรวจสุขภาพ 605 ราย แบ่งเป็นกลุ่มก่อนเบาหวาน (n = 221) และกลุ่มควบคุม (n = 384) รวบรวมข้อมูลผลอัลตราซาวด์ช่องท้อง ดัชนีมวลกาย และผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติไคสแควร์และการถดถอยโลจิสติก และจากการศึกษาพบว่ากลุ่มก่อนเบาหวานที่มีภาวะ MASLD มีสัดส่วนของ hs-CRP > 3.0 มก./ลิตร สูงกว่ากลุ่มที่ไม่มี MASLD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยภาวะ MASLD สัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการมี hs-CRP สูงถึง 3.36 เท่า (AOR = 3.36; 95% CI: 1.79–8.31) นอกจากนี้ในภาพรวมของประชากรระดับ hs-CRP สูงมีความสัมพันธ์กับภาวะก่อนเบาหวาน (AOR = 1.54; 95% CI: 1.10–2.72) อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดภาวะ MASLD แล้ว ระดับ hs-CRP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มที่มีระดับน้ำตาลในเลือดต่างกัน($p = 0.27$) ภาวะ MASLD เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับ hs-CRP ที่สูงขึ้นในผู้มีภาวะก่อนเบาหวาน อย่างไรก็ตาม เมื่อภาวะ MASLD เกิดขึ้นแล้ว ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะไม่แตกต่างตามระดับน้ำตาลในเลือด บ่งชี้ว่าMASLD อาจเป็นปัจจัยขับเคลื่อนการอักเสบที่มีน้ำหนักมากกว่าภาวะก่อนเบาหวานเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: โรคตับคั่งไขมันจากภาวะเมตาบอลิกผิดปกติ, ภาวะก่อนเบาหวาน, โปรตีนซี-รีแอคทีฟความไวสูง

Abstract

The objective of this study was to compare the association between serum hs-CRP levels and metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD), which was diagnosed by transabdominal ultrasonography, in individuals with prediabetes (HbA1c 5.7–6.4%) to normoglycemic controls. The study utilized retrospective medical records from January to December 2025.The data was analyzed from 605 health examination participants, which included a control group (n = 384) and a prediabetic group (n = 221). The variables studied were abdominal ultrasound findings, body mass index, and laboratory parameters. Binary logistic regression and Chi-square tests were implemented to conduct statistical analyses. In comparison to those without MASLD, prediabetic participants with MASLD exhibited a substantially higher proportion of elevated hs-CRP (> 3.0 mg/L) ($p < 0.001$). In this data set, MASLD was associated with a 3.36-fold increased likelihood of elevated hs-CRP (AOR = 3.36; 95% CI: 1.79–8.31). Furthermore, at the population level, elevated hs-CRP was significantly associated with prediabetes (AOR = 1.54; 95% CI: 1.10–2.72). However, among individuals with established MASLD, hs-CRP levels did not differ significantly across subgroups stratified by glycemic status ($p = 0.27$). MASLD is independently and significantly associated with elevated hs-CRP in prediabetic individuals. Once MASLD is established, however, the inflammatory signal does not vary according to glycemic status, suggesting that MASLD may be a stronger driver of systemic low-grade inflammation than prediabetes alone.

Keywords: Metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease, Prediabetes, High-sensitivity C-reactive protein

บทนำ

ภาวะตับคั่งไขมันที่สัมพันธ์กับความผิดปกติทางเมแทบอลิซึม (Metabolic Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease: MASLD) เป็นภาวะที่มีการสะสมของไขมันในเนื้อตับโดยไม่สัมพันธ์กับการดื่มแอลกอฮอล์ในปริมาณที่มีนัยสำคัญ มีสาเหตุหลักจากภาวะอ้วนลงพุง ภาวะดื้ออินซูลิน และภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ ในปี พ.ศ. 2566 สมาคมโรคตับนานาชาติได้เปลี่ยนชื่อจาก NAFLD มาเป็น MASLD เพื่อเน้นบทบาทของความผิดปกติทางเมแทบอลิซึมในพยาธิกำเนิดของโรค[1,2] ปัจจุบันพบความชุกในประชากรผู้ใหญ่ทั่วโลกประมาณร้อยละ 30 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องในทุกภูมิภาค รวมถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้[3-5]

ภาวะก่อนเบาหวานเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของ MASLD เนื่องจากภาวะดื้ออินซูลินในระยะนี้กระตุ้นให้กรดไขมันอิสระไหลเข้าสู่ตับมากขึ้น นำไปสู่การสะสมของไตรกลีเซอไรด์ในเซลล์ตับและการอักเสบเรื้อรังระดับต่ำ โดยอาศัยการหลั่งไซโตไคน์ก่อการอักเสบ เช่น IL-6 และ TNF-**α** ซึ่งกระตุ้นการสร้าง C-reactive protein (CRP) ในตับ[6-11]

High-Sensitivity C-Reactive Protein (hs-CRP) เป็นสารบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker)ที่มีความไวสูงในการตรวจจับการอักเสบระดับต่ำ การศึกษาที่ผ่านมาพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่าง hs-CRP กับความรุนแรงของ MASLD[12-15] อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในกลุ่มผู้มีภาวะก่อนเบาหวานยังมีอยู่อย่างจำกัด[16,17] การตรวจ hs-CRP เป็นการตรวจเลือดที่ทำได้ง่าย ไม่ต้องอาศัยการตรวจทางรังสีวิทยาที่มีค่าใช้จ่ายสูง เช่น อัลตราซาวด์หรือเอกซเรย์คอมพิวเตอร์[18] จึงอาจมีศักยภาพในการนำมาใช้คัดกรอง MASLDได้

สำหรับประเทศไทย กรมควบคุมโรครายงานว่าประชากรผู้ใหญ่ประมาณร้อยละ 20 มีภาวะก่อนเบาหวาน และมีแนวโน้มกลายเป็นกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานได้เพิ่มขึ้นทุกปีเฉลี่ยร้อยละ 2.54 สอดคล้องกับการขยายตัวของวิถีชีวิตแบบเมืองและพฤติกรรมเสี่ยงทางสุขภาพ[19] สอดคล้องกับอุบัติการณ์การเกิด MASLD ที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง hs-CRP กับ MASLD ในกลุ่มประชากรชาวไทยที่มีภาวะก่อนเบาหวานจึงมีความสำคัญในเชิงสาธารณสุข เนื่องจากอาจเป็นประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการสนับสนุนกลยุทธ์การคัดกรองและการป้องกันในระดับประชากรต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างระดับ hs-CRP กับการเกิด MASLD ในผู้ป่วยที่มีภาวะก่อนเบาหวาน โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลทางคลินิกย้อนหลัง ผลที่ได้คาดว่าจะสนับสนุนการนำ hs-CRP มาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีสำหรับการคัดกรอง MASLD ในระยะเริ่มต้น

วัตถุประสงค์หลัก: เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างระดับ hs-CRP กับการเกิด MASLD ในกลุ่มผู้มีภาวะก่อนเบาหวาน (HbA1c ร้อยละ 5.7–6.4)

วัตถุประสงค์รอง: เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง hs-CRP กับ MASLD ระหว่างกลุ่มที่ไม่มีและมีภาวะก่อนเบาหวาน โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2568

ระเบียบวิธีการวิจัย

การศึกษานี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงวิเคราะห์ย้อนหลัง โดยทบทวนเวชระเบียนผู้รับการตรวจสุขภาพ ณ ศูนย์ตรวจสุขภาพโรงพยาบาลไทยนครินทร์ ประเทศไทย ในช่วงเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2568 ข้อมูลถูกรวบรวมจากระบบ PACS สำหรับผลตรวจภาพวินิจฉัย และระบบ SSB สำหรับข้อมูลการตรวจสุขภาพ

กลุ่มผู้เข้าร่วมการศึกษา เป็นกลุ่มผู้รับบริการชาวไทย ที่เข้ารับการตรวจสุขภาพและมีข้อมูลครบถ้วน ได้แก่ ผลอัลตราซาวด์ช่องท้อง การคัดกรองเบาหวาน (HbA1C และ FBS) สัญญาณชีพ ระดับไขมันในเลือด และเอนไซม์ตับ (AST และ ALT) โดยแบ่งผู้เข้าร่วมออกเป็นสองกลุ่มตามสถานะน้ำตาลในเลือด ได้แก่ กลุ่มที่มีระดับน้ำตาลปกติ (HbA1C < 5.7% และ FBS < 100 mg/dL) และกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (HbA1C 5.7–6.4% และ FBS < 126 mg/dL) ทั้งนี้ ได้ยกเว้นผู้ที่มีโรคหัวใจขาดเลือด โรคตับจากแอลกอฮอล์ เบาหวาน ไวรัสตับอักเสบ โรคภูระบบภูมิคุ้มกันผิดปกติ การติดเชื้อหรือการอักเสบเฉียบพลัน มะเร็ง โรคไตระยะท้าย (GFR < 40 mL/นาที) โรคตับอื่น ๆ และผู้ที่ได้รับการรักษาด้วยสเตียรอยด์

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มที่พบและไม่พบภาวะตับคั่งไขมัน(MASLD) พิจารณาจากการพบไขมันสะสมในตับจากผลอัลตราซาวด์ช่องท้อง โดยต้องมีปัจจัยเสี่ยงเมตาบอลิก (cardiometabolic risk factor) อย่างน้อย 1 ใน 5 ข้อ ตามเกณฑ์ ของ Multi-society Delphi Consensus Statement ปี 2023, ระดับ hs-CRP จำแนกเป็นสองระดับ ได้แก่ ความเสี่ยงต่ำ (< 3 mg/L) และความเสี่ยงสูง (≥ 3 mg/L) วิเคราะห์ทางสถิติโดยประเมินความสัมพันธ์ในรูปของ Odds Ratio ระหว่างการเกิด MASLD กับระดับ hs-CRP และวิเคราห์สถิติถดถอยโลจิสติกเพื่อควบคุมตัวแปรกวนที่เกี่ยวข้อง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

คำนวณขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power บนพื้นฐานของแบบจำลองการถดถอยโลจิสติก โดยกำหนดอำนาจทางสถิติที่ 0.80 ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ตัวทำนาย 12 ตัวแปร และค่า Odds Ratio ที่คาดหวังเท่ากับ 2.2 ผลการคำนวณระบุว่าต้องการขนาดตัวอย่างรวมประมาณ 292 ราย โดยแบ่งเท่ากันเป็นกลุ่มภาวะก่อนเบาหวานและกลุ่มควบคุม กลุ่มละไม่น้อยกว่า 146 ราย

ผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้มีการนำเข้าข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปี 2568 จำนวนทั้งสิ้น 825 ราย พบผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ ข้อมูลผลห้องปฏิบัติการไม่ครบถ้วน (n = 191) โรคไตเรื้อรังที่มีค่า eGFR < 40 mL/min/1.73m² (n = 7) และข้อมูลอัลตราซาวด์ไม่สมบูรณ์ (n = 22) ส่งผลให้มีขนาดตัวอย่างสุดท้ายจำนวน 605 ราย ผู้เข้าร่วมการศึกษาถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (n = 221) และกลุ่มควบคุมที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติ (n = 384) การกระจายตัวตามเพศในกลุ่มภาวะก่อนเบาหวานประกอบด้วยเพศชาย

100 ราย (ร้อยละ 45.2) และเพศหญิง 121 ราย (ร้อยละ 54.8) เทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีเพศชาย 148 ราย (ร้อยละ 38.5) และเพศหญิง 236 ราย (ร้อยละ 61.5) ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางคลินิกและประชากรของกลุ่มตัวอย่าง (n = 605)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	กลุ่มก่อนเบาหวาน (n = 221)	กลุ่มไม่เป็นเบาหวาน (n = 384)	P-value
อายุ, ค่าเฉลี่ย (SD)	48.28 (10.06)	54.63 (10.08)	<0.01*
เพศชาย (%)	100 (45.25%)	148 (38.54%)	<0.01*
HbA1C, ค่าเฉลี่ย (ช่วง)	5.88 ± 0.18 (5.7–6.40)	5.33 ± 0.23 (4.0–5.60)	<0.01*
ระดับน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหาร (mg/dL), ค่าเฉลี่ย (range)	101.10 ± 8.15 (81–125)	94.35 ± 6.6 (74–118)	<0.01*
คอเลสเตอรอลรวม (mg/dL), ค่าเฉลี่ย (SD)	211.50 (40.58)	209.70 (40.36)	0.594
ไตรกลีเซอไรด์ (mg/dL), ค่าเฉลี่ย (SD)	124.10 (70.43)	91.88 (49.35)	<0.01*
HDL (mg/dL), ค่าเฉลี่ย (SD)	61.08 (18.13)	67.64 (19.30)	<0.01*
LDL (mg/dL), ค่าเฉลี่ย (SD)	143.10 (38.77)	139.0 (37.93)	0.19
ความดันโลหิตซิสโตลิก (mmHg), ค่าเฉลี่ย (SD)	127.20 (13.63)	120.40 (15.93)	<0.01*
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก (mmHg), ค่าเฉลี่ย (SD)	75.48 (9.41)	73.09 (10.26)	<0.01*
ดัชนีมวลกาย (kg/m^2), พิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR)	25.03 (4.19)	23.13 (3.47)	<0.01*

* P-value < 0.05

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะ MASLD กับระดับ hs-CRP ในกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (n = 221)

hs-CRP	กลุ่มความเสี่ยงสูง (hs-CRP ≥ 3 mg/L)	กลุ่มที่ความเสี่ยงต่ำ (hs-CRP < 3 mg/L)	P-value
MASLD (n = 115) (%)	33 (29%)	82 (71%)	< 0.001*
ไม่มี MASLD (n = 106) (%)	10 (9%)	96 (91%)	
รวม	43	178	221

* χ^2 = 13.05, df = 1, P-value < 0.05

Multivariate adjusted OR = 3.36; 95% CI [1.79–8.31]

adjustment for BMI, HDL, ไตรกลีเซอไรด์, SBP, DBP และอายุ

ในกลุ่มผู้ป่วยภาวะก่อนเบาหวาน พบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะ MASLD และการอักเสบ ซึ่งระดับ hs-CRP ที่มีความเสี่ยงสูง (hs-CRP > 3 mg/L) พบสัดส่วนสูงกว่าในกลุ่มที่มี MASLD เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มี MASLD (ร้อยละ 29 เทียบกับร้อยละ 9) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 = 13.05, p < 0.05) ภายหลังการปรับตัวแปรกวน ได้แก่ BMI ระดับไขมันในเลือด ความดันโลหิต และอายุ ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพบว่า ในผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานและมีภาวะ MASLD มีโอกาสพบระดับ hs-CRP สูง (> 3 mg/L) มากเป็น 3.36 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีภาวะ MASLD (Adjusted OR = 3.36; 95% CI: 1.79–8.31)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ Hs-CRP ในกลุ่มภาวะก่อนเบาหวานและกลุ่มไม่เป็นเบาหวาน (n = 605)

Hs-CRP	กลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (n = 221) (%)	กลุ่มระดับน้ำตาลปกติ (n = 384) (%)	P-value
กลุ่มความเสี่ยงสูง (hs-CRP ≥ 3 mg/L)	43 (19%)	47 (12%)	0.01*
กลุ่มที่ไม่มีความเสี่ยงสูง (hs-CRP < 3 mg/L)	178 (81%)	337 (88%)	

รวม	221	384	605

* χ^2 = 5.82, df = 1, P-value < 0.05

Multivariate adjusted OR = 1.54; 95% CI [1.10–2.72]

adjustment for BMI, HDL, ไตรกลีเซอไรด์, SBP, DBP และอายุ

การเปรียบเทียบระดับ Hs-CRP ระหว่างกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (n = 221) และกลุ่มที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติ (n = 384) พบว่าสัดส่วนของผู้ที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงสูง (Hs-CRP > 3 mg/L) สูงกว่า ในกลุ่มภาวะก่อนเบาหวานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ร้อยละ 19 เทียบกับร้อยละ 12; χ^2 = 5.77, p = 0.01) ภายหลังการปรับตัวแปรกวน ได้แก่ BMI ระดับไขมันในเลือด ความดันโลหิต และอายุ ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพบว่ากลุ่มที่มี Hs-CRP > 3 mg/L พบในภาวะก่อนเบาหวาน สูงเพิ่มขึ้น 1.54 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่มี Hs-CRP < 3 mg/L (Adjusted OR = 1.54; 95% CI: 1.10–2.72)

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ hs-CRP ในกลุ่มภาวะก่อนเบาหวานและกลุ่มไม่เป็นเบาหวานที่มีภาวะ MASLD (n = 216)

hs-CRP	กลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (n = 115) (%)	กลุ่มไม่เป็นเบาหวาน (n = 101) (%)	P-value
กลุ่มความเสี่ยงสูง (hs-CRP ≥ 3 mg/L)	33 (29%)	36 (36%)	0.27
กลุ่มที่ไม่มีความเสี่ยงสูง (hs-CRP < 3 mg/L)	82 (71%)	65 (64%)	
รวม	115	101	216

χ^2 = 1.19, df = 1, P-value > 0.05 (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ)

เมื่อพิจารณาเฉพาะกลุ่มที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามี MASLD (n = 216) โดยเปรียบเทียบระดับ hs-CRP ระหว่างกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (n = 115) และกลุ่มมีระดับน้ำตาลในเลือดปกติ (n = 101) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2 = 1.19, p = 0.27) แม้ว่าสัดส่วนของผู้ที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงสูง (hs-CRP > 3 mg/L) จะมีแนวโน้มสูงกว่าเล็กน้อยในกลุ่มที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติเมื่อเทียบกับกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน (ร้อยละ 36 เทียบกับร้อยละ 29) ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าเมื่อเกิดภาวะ MASLD แล้ว สถานะน้ำตาลในเลือดไม่ได้เป็นปัจจัยกำหนดระดับการอักเสบเรื้อรังที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับ hs-CRPในผู้ป่วย MASLD มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นโดยไม่ขึ้นกับสถานะทางน้ำตาลในเลือด

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาหลักแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างโรคตับคั่งไขมัน (MASLD) ในกลุ่มประชากรที่เป็นภาวะก่อนเบาหวาน (HbA1c 5.7–6.4%) กับค่าบ่งชี้การอักเสบ Hs-CRP ระดับสูงตั้งแต่ 3 mg/L ขึ้นไป ความแตกต่างอย่างชัดเจนของระดับ hs-CRP ระหว่างกลุ่มศึกษาเน้นย้ำถึงความเชื่อมโยงระหว่างการอักเสบและโรคตับคั่งไขมัน จากตารางที่ 2 พบว่าร้อยละ 29 ของผู้ที่มี MASLD มีระดับ hs-CRP สูง (> 3.0 mg/L) เทียบกับเพียงร้อยละ 9 ในกลุ่มที่ไม่มี MASLD การทดสอบไคสแควร์ยืนยันความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญ (χ^2 = 13.05, p < 0.001) และผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุตัวแปรยืนยันว่า MASLD เป็นตัวทำนายอิสระที่แข็งแกร่งของการอักเสบ (Adjusted OR = 3.36; 95% CI: 1.79–8.31) ภายหลังการควบคุมตัวแปร BMI, HDL, ไตรกลีเซอไรด์, SBP, DBP และอายุ ซึ่งสนับสนุนกลไกการเกิด MASLD ที่การ

อักเสบในระบบร่างกายและความเครียดออกซิเดทีฟทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นระยะแรกที่นำไปสู่การบาดเจ็บของตับมากขึ้น[6,9,20] ความสัมพันธ์นี้สะท้อนถึงการสื่อสารระหว่างตับและเนื้อเยื่อไขมัน โดยในระหว่างการทำงานผิดปกติของเมตาบอลิซึม ไซโตไคน์ก่อการอักเสบ เช่น IL-6 กระตุ้นให้ตับสังเคราะห์ hs-CRP เพิ่มขึ้น[11,21,22] การอักเสบเรื้อรังระดับต่ำนี้กระตุ้นกระบวนการสร้างไขมันในตับและการออกซิเดชันของกรดไขมันที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดภาวะตับคั่งไขมันมากยิ่งขึ้น[10,11,23]

การเปลี่ยนชื่อโรคจาก NAFLD มาเป็น MASLD ไม่ได้เป็นเพียงการเปลี่ยนแปลงทางคำศัพท์ แต่สะท้อนถึงการปรับแนวคิดเชิงหลักการที่มุ่งเน้นการระบุปัจจัยเมตาบอลิกเฉพาะ ได้แก่ ภาวะดื้ออินซูลินและไขมันในเลือดผิดปกติ ในฐานะตัวขับเคลื่อนหลักของการบาดเจ็บของตับ[1,2] การนำคำศัพท์ที่ได้จากมติ Delphi มาใช้ในการศึกษานี้สอดคล้องกับความพยายามในระดับนานาชาติเพื่อลดการตีตราทางการวินิจฉัยและเพิ่มความแม่นยำผ่านการใช้เกณฑ์เมตาบอลิก[2,3]

การที่กลุ่มก่อนเบาหวานในการศึกษานี้มีความผิดปกติของโปรไฟล์ไขมันและค่า BMI ที่สูงขึ้นสนับสนุนการจัดให้ภาวะก่อนเบาหวานเป็นสถานะเมตาบอลิกความเสี่ยงสูงที่มีนัยสำคัญต่อโรคตับ[4,5] ในบริบทของเอเชีย ผลนี้สอดคล้องกับรูปแบบความชุกของ MASLD เพิ่มขึ้นในระดับภูมิภาคแม้ในกลุ่มที่ไม่มีภาวะอ้วน โดยเชื่อว่าเกิดจากไขมันในช่องท้องและความไวทางพันธุกรรมที่เป็นลักษณะเฉพาะของประชากรเอเชีย[5] ข้อมูลทางระบาดวิทยาชี้ให้เห็นการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของภาระโรค MASLD ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและรูปแบบการบริโภค[4,5] ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรูปแบบดังกล่าว โดยชี้ให้เห็นว่ากลุ่มก่อนเบาหวานอยู่ในตำแหน่งความเสี่ยงสูงภายในการเปลี่ยนแปลงทางระบาดวิทยานี้[6,24]

ผลการศึกษาในกลุ่มภาวะก่อนเบาหวาน แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างระดับ hs-CRP ในซีรัมที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีระดับน้ำตาลปกติ โดยกลุ่มก่อนเบาหวานมีสัดส่วนของผู้ที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงการอักเสบสูง (hs-CRP > 3.0 mg/L) มากกว่ากลุ่มที่ไม่เป็นเบาหวาน (ร้อยละ 19 เทียบกับร้อยละ 12) และผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุตัวแปรยืนยันว่าระดับ hs-CRP สูงมีความสัมพันธ์กับภาวะก่อนเบาหวาน (Adjusted OR = 1.54; 95% CI: 1.10–2.72; $p < 0.05$) ผลนี้ช่วยเสริมแนวคิดที่ว่าภาวะก่อนเบาหวานไม่ได้เป็นเพียงสถานะเมตาบอลิกของการควบคุมระดับน้ำตาลที่บกพร่อง แต่ยังมีลักษณะของการอักเสบเรื้อรังระดับต่ำในระบบร่วมด้วย[11,22,23] การที่ค่า Adjusted OR ยังคงมีนัยสำคัญที่ 1.54 ภายหลังการปรับค่า BMI แล้ว บ่งชี้ว่าการอักเสบในระบบมีส่วนในการกำหนดภาวะก่อนเบาหวานผ่านกลไกที่เป็นอิสระจากภาวะอ้วนบางส่วน[17,25] ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Xia et al.[25] ที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์อิสระระหว่างระดับ hs-CRP สูงกับความผิดปกติทางเมตาบอลิกในกลุ่มที่ไม่มีภาวะอ้วน

หลักฐานระยะยาวจาก Lan et al.[26] สนับสนุนผลเหล่านี้ โดยแสดงให้เห็นว่าการอักเสบระดับต่ำที่ต่อเนื่องมีความสัมพันธ์กับการทำงานของเบต้าเซลล์ที่ลดลงและภาวะดื้ออินซูลินในตับที่แย่ลง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องเป็นพิเศษในประชากรเอเชียที่มีการตอบสนองการอักเสบสูงอย่างไม่สมส่วนเมื่อเทียบกับ BMI[5,17,27] อย่างไรก็ตาม ข้อค้นพบสำคัญจากตารางที่ 4 คือ ในผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามี MASLD แล้ว ระดับ hs-CRP ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มก่อนเบาหวานและกลุ่มที่มีระดับน้ำตาลปกติ ($p = 0.27$) ผลนี้บ่งชี้

ถึงปรากฏการณ์ "ceiling effect" หรือการอิ่มตัวของการอักเสบ ตาม Targher et al.[11] MASLD เป็นโรคในระบบที่ตับทำหน้าที่เป็นแหล่งการอักเสบหลัก การสะสมของไขมันที่เป็นพิษต่อตับทำให้เซลล์ตับและเซลล์ Kupffer หลั่งไซโตไคน์ก่อการอักเสบ เช่น IL-6 และ TNF-α[9,11] ซึ่งสร้าง hs-CRP ในตับผ่านการส่งสัญญาณแบบ autocrine และ paracrine ทำให้ตัวบ่งชี้การอักเสบในระบบคงอยู่ในระดับพื้นฐานที่สูงโดยไม่ขึ้นกับสถานะน้ำตาลในเลือด[16,28] ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของ Liu et al.[16] และ Baek และ Yoon[29] ที่พบว่าระดับ hs-CRP มีความสัมพันธ์แข็งแกร่งกว่ากับระดับของภาวะตับคั่งไขมันมากกว่าดัชนีน้ำตาลในเลือด

จากมุมมองทางคลินิก ค่า Adjusted OR ที่ 3.36 ในกลุ่มย่อยของผู้ป่วยก่อนเบาหวานที่มี MASLD แสดงให้เห็นว่า hs-CRP อาจทำหน้าที่เป็นตัวบ่งชี้ระยะเริ่มต้นของกิจกรรมการอักเสบในตับ[30] นอกเหนือจากบทบาทดั้งเดิมในฐานะตัวบ่งชี้ความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดตามการศึกษาของ Ridker et al.[12,31] สำหรับบริบทของภาระโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เพิ่มขึ้นในประเทศไทย[19] ผลการศึกษานี้สนับสนุนการประเมิน hs-CRP และ HbA1c ร่วมกันในการคัดกรองตามปกติ เพื่อคัดกรองสถานะก่อนเบาหวานที่มีการอักเสบสูงและมีความเสี่ยงต่อ MASLD[32,33] ซึ่งสอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางคลินิกของ European Association for the Study of the Liver (EASL) ที่แนะนำการตรวจพบในระยะแรกขณะที่โรคยังสามารถกลับคืนได้[33] การดูแลผู้ป่วยกลุ่มนี้อย่างทันท่วงทีเปิดโอกาสในการสร้างเสริมสุขภาพ และป้องกันโรคก่อนที่ภาวะตับคั่งไขมันจะดำเนินไปสู่ภาวะตับแข็งหรือมะเร็งตับ[33,22]

สรุปผลการวิจัย

ในกลุ่มผู้ป่วยภาวะก่อนเบาหวาน การมีภาวะ MASLD มีความสัมพันธ์กับระดับ hs-CRP สูง (> 3.0 mg/L) มากกว่ากลุ่มที่ไม่มี MASLD ถึง 3.36 เท่า (Adjusted OR = 3.36; 95% CI: 1.79–8.31) อย่างไรก็ตาม เมื่อจำกัดการวิเคราะห์เฉพาะผู้ที่มีภาวะ MASLD (n = 216) พบว่าสัดส่วนของผู้ที่มีระดับ hs-CRP สูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มภาวะก่อนเบาหวานและกลุ่มที่มีระดับน้ำตาลในเลือดปกติ (χ^2 = 1.19, p > 0.05) บ่งชี้ว่าเมื่อเกิดภาวะ MASLD แล้ว สถานะน้ำตาลในเลือดไม่ได้เป็นปัจจัยกำหนดระดับการอักเสบเรื้อรังที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ในระดับประชากรรวม ภาวะการอักเสบเรื้อรังระดับสูงยังมีความสัมพันธ์กับโอกาสการเกิดภาวะก่อนเบาหวานสูงกว่ากลุ่มที่ไม่มีความเสี่ยงสูง 1.54 เท่า (Adjusted OR = 1.54; 95% CI: 1.10–2.72)

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

การศึกษานี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงวิเคราะห์ย้อนหลัง (Retrospective Study) จึงสามารถระบุได้เพียงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเท่านั้น ไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล (Causal Relationship) ที่แน่ชัดได้ว่าการเพิ่มขึ้นของระดับ hs-CRP เกิดขึ้นก่อนหรือหลังภาวะ MASLD ข้อมูลทั้งหมดรวบรวมจากศูนย์ตรวจสุขภาพเพียงแห่งเดียว ซึ่งอาจก่อให้เกิดอคติจากการคัดเลือก (Selection Bias) และข้อจำกัดในการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้เป็นตัวแทนของประชากรไทยในภาพรวม

เครื่องมือการประเมินภาวะ MASLD อาศัยการตรวจอัลตราซาวด์ช่อง ซึ่งมีข้อจำกัดด้านความไว และไม่สามารถประเมินระดับความรุนแรงของพังผืดในตับ (Liver Fibrosis) ได้อย่างแม่นยำมากเท่าวิธีอื่น เช่น Fibroscan และการใช้ข้อมูลทุติยภูมิทำให้ไม่สามารถควบคุมปัจจัยรบกวนภายนอกที่มีผลต่อระดับการอักเสบและภาวะตับคั่งไขมันดั้งหมด เช่น พฤติกรรมการบริโภคอาหาร การทำกิจกรรมทางกาย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาเชิงคาดการณ์ระยะยาวเพื่อประเมินประสิทธิผลของการใช้ HbA1c ร่วมกับ hs-CRP เป็นแนวทางเพื่อการคัดกรองแบบบูรณาการ และช่วยยืนยันความสัมพันธ์เชิงเหตุผลและประสิทธิภาพของ hs-CRP ในการพยากรณ์โรคได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อาจเพิ่มความแม่นยำของเครื่องมือวินิจฉัยโดยใช้เครื่องมือที่มีความไวสูงร่วมด้วย รวมถึงการศึกษาเพื่อกำหนดค่าตัดสินของ hs-CRP ที่เหมาะสมสำหรับการทำนายการดำเนินโรค MASLD ในประชากรไทยโดยเฉพาะ เพื่อนำไปสู่การจัดทำแนวปฏิบัติทางคลินิกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Rinella ME, Lazarus JV, Ratziu V, Francque S, Sanyal AJ, Kanwal F, et al. A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. Hepatology. 2023; .1966-1986:(6)78doi: /10.1097HEP.0000000000000520
2. NAFLD Nomenclature Consensus Group. A multisociety Delphi consensus statement on new fatty liver disease nomenclature. J Hepatol. 2023; .1542-1556:(6)79doi: /10.1016j.jhep.2023.06.003
3. Younossi ZM, Paik JM, Van Dongen C, Henry L, Ng E, Golabi P, et al. Global epidemiology of metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease (MASLD): current trends and future directions. Hepatology. 2024; .444-456:(2)79doi: /10.1097HEP.0000000000000598
4. Riazi K, Azhari H, Charette JH, Underwood FE, King JA, Afshar EE, et al. The prevalence and incidence of metabolic dysfunction–associated fatty liver disease worldwide: a systematic review and meta-analysis. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2022; .245-257:(3)7 doi: /10.1016S00488-3(21)2468-1253
5. Lim GEH, Tay PWL, Ang TL. Epidemiology of metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease in Asia. Clin Mol Hepatol. 2023;)29Suppl):S-104S .116doi: /10.3350cmh.2023.0120
6. Eslam M, El-Serag HB, George J. Metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease: a metabolic disorder with systemic implications. Lancet Gastroenterol Hepatol. 2024; .12-25:(1)9doi: /10.1016S00202-4(23)2468-1253
7. Mantovani A, Byrne CD, Bonora E, Targher G. Nonalcoholic fatty liver disease and risk of incident type 2 diabetes: a meta-analysis. Diabetes Care. 2023; .510-521:(3)46doi: /10.2337dc22-1542
8. Lim S, Oh TJ, Kim KM, Moon JH, Park KS. Prediabetes as a risk state for metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease: pathophysiologic links and clinical implications. J Diabetes Investig. 2024; .146-159:(2)15doi: /10.1111jdi.14256
9. Tilg H, Effenberger M, Moschen AR. Mechanisms of inflammation in metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease. Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 2023; .237-250:(4)20doi: /10.1038s-41575-022-00738y
10. Hotamisligil GS, Shulman GI. Mechanisms of metabolic inflammation and its impact on insulin resistance and hepatic steatosis. Cell Metab. 2023; .437-456:(3)35doi: /10.1016j.cmet.2022.12.005

11. Targher G, Byrne CD, Tilg H. Chronic low-grade inflammation and metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease: from mechanisms to biomarkers. J Hepatol. 2024; .245-259:(2)80doi: /10.1016j.jhep.2023.09.021
12. Ridker PM. High-sensitivity C-reactive protein as a biomarker in cardiovascular disease: clinical and public health implications. Clin Chem. 2023; .497-507:(4)69doi: /10.1093clinchem/hvad001
13. Libby P, Loscalzo J, Ridker PM. Inflammation, atherosclerosis, and cardiovascular risk: a paradigm updated. N Engl J Med. 2023; .1094-1108:(12)389doi: /10.1056NEJMra2300864
14. Koenig W, Twardella D, Brenner H, Rothenbacher D. High-sensitivity C-reactive protein predicts recurrent cardiovascular events in patients with stable coronary heart disease. Eur Heart J. 2023; .662-673:(8)44doi: /10.1093eurheartj/ehad030
15. Jain S, Khera R, Corrales-Medina VF, Townsend RR, Chirinos JA. Inflammation and arterial stiffness in humans. J Hepatol. 2014;.1222-1228:(7)29
16. Liu Y, Liu S, Zhang P, Song D, Chen Y, Duan H, et al. Association of high-sensitivity C-reactive protein with metabolic dysfunction–associated steatotic liver disease in individuals with impaired glucose metabolism. Front Endocrinol (Lausanne). 2023; .14:1182198doi: /10.3389fendo.2023.1182198
17. Wang L, Xu Y, Zhang X, Zhang H, Jiang F. The role of low-grade inflammation in the development of metabolic dysfunction and fatty liver disease in prediabetes: insights from clinical and experimental studies. Metabolism. 2024; .150:156023doi: /10.1016j.metabol.2024.156023
18. Abenavoli L, Boccuto L, Federico A, Dallio M, Loguercio C, Di Renzo L, et al. C-reactive protein as a biomarker for nonalcoholic fatty liver disease: new perspectives. Biomedicines. 2021; .1211:(9)9doi: /10.3390biomedicines9091211
19. Division of Non-Communicable Diseases, Department of Disease Control, Ministry of Public Health. Prediabetes and diabetes situation in Thailand 2024 report. Nonthaburi: DDC; .2024[Thai.]
20. Nishikawa T, Edelstein D, Du XL, et al. Normalizing mitochondrial superoxide production determines multiple pathways of hyperglycemic damage. *Nature*. 2000;404(6779):787-790. doi: 10.1038/35008121.
21. Sproston NR, Ashworth JJ. Role of C-Reactive Protein at Sites of Inflammation and Infection. Front Immunol. 2018;9:754. doi: 10.3389/fimmu.2018.00754.

22. Ding Z, Wei Y, Peng J, et al. The Potential Role of C-Reactive Protein in Metabolic-Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease and Aging. Biomedicines. 2023;11(10):2711. doi:10.3390/biomedicines11102711.
23. Hotamisligil GS. Inflammation, meta-inflammation, and immunometabolic disorders. *Nature*. 2017;542(7640):177-185. doi: 10.1038/nature21363.
24. Younossi ZM, Koenig AB, Abdelatif D, et al. Global epidemiology of nonalcoholic fatty liver disease—Meta-analytic assessment of prevalence, incidence, and outcomes. Hepatology. 2016; .73-84:(1)64doi: /10.1002hep.28431
25. Xia G, et al. High levels of serum hypersensitive C-reactive protein are associated with non-alcoholic fatty liver disease in non-obese people: a cross-sectional study. Eur J Med Res. 2024;29(1):496. doi:10.1186/s40001-024-02065-2.
26. Lan Y, Lan Y, Chen J, et al. Longitudinal Association of High-Sensitivity C-Reactive Protein With Risk of Type 2 Diabetes: A Population-Based Prospective Cohort Study. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2022;13:847321. doi: 10.3389/fendo.2022.847321.
27. Kumar R, Porwal YC, Dev N, et al. Association of high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) with non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) in Asian Indians: A cross-sectional study. J Family Med Prim Care. 2020;9(1):390-394. doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_887_19.
28. Wang H, Ye J, Chen Y, et al. High sensitivity C-reactive protein implicates heterogeneous metabolic phenotypes and severity in metabolic dysfunction associated-steatotic liver disease. BMC Gastroenterol. 2025;25(1):231. doi:10.1186/s12876-025-03778-2.
29. Baek SU, Yoon JH. High-Sensitivity C-Reactive Protein Levels in Metabolic Dysfunction-Associated Steatotic Liver Disease (MASLD), Metabolic Alcohol-Associated Liver Disease (MetALD), and Alcoholic Liver Disease (ALD) with Metabolic Dysfunction. Biomolecules. 2024;14(11):1468. doi:10.3390/biom14111468.
30. Duan H, et al. Association of C-reactive Protein to Uric Acid Index with MASLD and liver fibrosis in a US representative population. Front Med (Lausanne). 2024;11:1385421. doi: 10.3389/fmed.2024.1385421.
31. Ridker PM. C-reactive protein and the prediction of cardiovascular events among those at intermediate risk: moving an inflammatory biomarker from bench to bedside. Circulation. 2007;116(12):1344-53.
32. American Diabetes Association. Professional Practice Committee. Standards of Care in Diabetes—2024. *Diabetes Care*. 2024;47(Suppl 1):S1-S321.

33. European Association for the Study of the Liver (EASL), European Association for the Study of Diabetes (EASD), European Association for the Study of Obesity (EASO). EASL-EASD-EASO Clinical Practice Guidelines on the management of metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease (MASLD). *J Hepatol*. 2024;81(4):676-714

การวิเคราะห์โลหะหนักในเมล็ดกาแฟคั่ว

ANALYSIS OF HEAVY METALS IN COMMERCIAL ROASTED COFFEE BEANS

ปรินทร์ สัจจะวิรวงศ์*

Parintr Sachavirawongse

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130734@dpu.ac.th

ธรรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ์**

THUNNAWAT WATTANASETH

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Thunnawat Wattanaseth, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: thunnawatw@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการตรวจพิษโลหะหนักในเอสเปรโซที่ชงมาจากเมล็ดกาแฟคั่วที่ถูกจำหน่ายตามห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย เช่น ทอปซ์ วิลล่ามาร์เก็ต ฟู้ดแลนด์ คาเฟ่ อาเมซอน และ พาคาเมร่า ซึ่งโลหะหนักที่ถูกตรวจสอบได้แก่ สารหนู แคดเมี่ยม ตะกั่ว และปรอท ตัวอย่างที่ถูกทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องดื่มกาแฟที่ชงมาจากเมล็ดกาแฟทั้งหมด 15 ตัวอย่าง มีเมล็ดกาแฟที่ถูกปลูกในประเทศไทย (n=5) และเมล็ดกาแฟนำเข้า(n=10) ในส่วนของระดับคั่วของเมล็ดกาแฟมีทั้งเมล็ดกาแฟคั่วอ่อน กลาง และเข็ม ทุกตัวอย่างได้ผ่านการชงแบบมาตรฐาน (กาแฟบด 18กรัม น้ำดื่ม 50มิลิลิตร) เพื่อจำลองเหตุการการบริโคที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงในร้านกาแฟ ตัวอย่างกาแฟถูกวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยวิธี ICP-MS ที่ห้องปติบัตรการกลาง ประเทศไทย ซึ่งได้รับมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ผลการวิจัยพบว่า ทั้ง 15 ตัวอย่าง ไม่พบ สารหนู แคดเมียม และปรอท ส่วนตะกั่วพบในปริมาณน้อยที่ระดับต่ำกว่า 0.015 mg/kg ในตัวอย่าง 8 ตัวอย่าง และไม่พบในอีก 7 ตัวอย่าง ทั้งนี้ไม่มีตัวอย่างใดพบโลหะหนักเกินค่าความปลอดภัยสากลที่กำหนดโดย EFSA, JECFA หรือ WHO การบริโภคตะกั่วสูงสุดต่อการดื่มเอสเปรสโซหนึ่งช็อต คิดเป็นอัตราส่วนน้อยกว่าร้อยละ 2 ของค่าอ้างอิงรายวันสำหรับผู้ใหญ่น้ำหนัก 75 กิโลกรัม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเอสเปรสโซที่ชงจากเมล็ดกาแฟที่จำหน่ายตามห้างสรรพสินค้าของประเทศไทยมีความเสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักในระดับต่ำมากสำหรับผู้บริโภค

คำสำคัญ: โลหะหนัก, เอสเปรสโซ, ICP-MS, ความปลอดภัยของอาหาร, การสัมผัสสารของผู้บริโภค, เวชศาสตร์ชะลอวัย

Abstract

This study investigated the contamination of four toxic heavy metals: arsenic (As), cadmium (Cd), lead (Pb), and mercury (Hg) in brewed espresso prepared from roasted coffee beans commercially available in Thai supermarkets. Fifteen samples were purchased from major retailers including Tops, Villa Market, Foodland, Makro, Starbucks, Café Amazon, and Pacamara, representing both Thai-grown (n=5) and imported (n=10) beans across light, medium, and dark roast levels. Each sample was brewed using a standardized espresso protocol (18 g coffee, 50 mL drinking water) to replicate real-world consumer brewing conditions. Heavy metal concentrations were quantified by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) at Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd., an ISO/IEC 17025 accredited facility. The results showed that arsenic, cadmium, and mercury were not detected in any of the 15 samples. Lead was detected at trace concentrations below 0.015 mg/kg in 8 samples, and was not detected in the remaining 7 samples. None of the samples exceeded international safety thresholds established by EFSA, JECFA, or the WHO. The maximum theoretical lead exposure per espresso shot represented less than 2 percent of the daily reference value for a 75 kg adult, indicating that brewed espresso from commercially available coffee in Thailand poses minimal heavy metal risk to consumers.

Keywords: heavy metals, brewed espresso, ICP-MS, food safety, consumer exposure, anti-aging medicine

Introduction

Coffee is one of the most widely consumed beverages globally, with an estimated 2.25 billion cups consumed each day[1]. Consumption has grown steadily over the past two decades driven by population growth, urbanization, and the increasing popularity of café culture. This trend is especially evident in Thailand, where per capita consumption has nearly doubled from approximately 180 to over 340 cups per person per year, bringing the domestic market value to 65 billion baht in 2025[2]. The availability of both locally cultivated beans from northern regions such as Chiang Mai, Chiang Rai, and Nan[3], and imported beans from Latin America, Africa, and Southeast Asia through major retail chains and rapidly expanding specialty café networks has made roasted coffee beans a staple commodity for Thai consumers.

Among contaminants of concern, heavy metals, particularly lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), and mercury (Hg), are ranked as priority toxicants of public health concern by the World Health Organization and the International Agency for Research on Cancer, owing to their toxicity at low concentrations, capacity for bioaccumulation in human tissues, and long biological half-lives[5]. Heavy metals may enter coffee at multiple stages of the supply chain, from contaminated soils, irrigation water, phosphate-based fertilizers, and pesticides during cultivation[6], to metallic processing equipment, poor water quality, and substandard packaging materials during post-harvest handling[7,8], and atmospheric deposition from industrial emissions and mining activities.

Research Objectives

1. To measure the concentrations of lead, cadmium, arsenic, and mercury in brewed espresso prepared from roasted coffee beans sold in Thai supermarkets.
2. To compare the heavy metal concentrations based on (1) roast level and (2) origin of the beans.
3. To compare the detected heavy metal concentrations against international safety limits

Research Methodology

Sample Collection

A total of 15 commercially available roasted whole-bean coffee samples were selected to represent both Thai and imported origins across three roast levels (light, medium,

and dark). Samples were purchased from major retail outlets including Tops, Villa Market, Foodland, Makro, Starbucks, and Café Amazon between February and late March 2026. Only whole-bean, pre-roasted products intended for brewing were included. Full sample details including brand name, country of origin, bean type, roast level, and retail outlet are summarized in Table 1.

Table 1 Coffee bean samples and laboratory data

Sample Code	Brand	Origin	Roast Level	Bean Type	Source	Lab Report No.
C01	MiVana	Thailand	Medium	Arabica	Villa Market	TRBK69/29146
C02	Illy	Brazil	Medium	Arabica	Villa Market	TRBK69/29147
C03	Starbucks	North America	Dark	Arabica	Tops, Starbucks	TRBK69/29148
C04	Pacamera	Colombia	Light	Arabica	Villa Market	TRBK69/29149
C05	Starbucks	Latin America	Light	Arabica	Tops, Starbucks	TRBK69/29150
C06	Starbucks	Indonesia	Medium	Arabica	Tops, Starbucks	TRBK69/29151
C07	Starbucks	Kenya	Medium	Arabica	Tops, Starbucks	TRBK69/29152
C08	Starbucks	Colombia	Medium	Arabica	Tops, Starbucks	TRBK69/29153
C09	Aro	Thailand	Dark	Robusta	Makro	TRBK69/29154
C10	Aro	Thailand	Medium	Arabica	Makro	TRBK69/29155
C11	UCC	Vietnam	Dark	Robusta	Makro, Villa, Tops	TRBK69/29156
C12	UCC	Brazil	Medium	Arabica	Makro, Villa, Tops	TRBK69/29157
C13	UCC	Laos	Dark	Arabica	Makro, Villa, Tops	TRBK69/29158
C14	Cafe Amazon	Thailand	Medium	Arabica	Tops, Café Amazon	TRBK69/29159
C15	Pacamara	Thailand	Light	Arabica	Villa, Tops	TRBK69/29160

Note: All samples were analyzed at Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd., Bangkok branch, between April 1–9, 2026, using the ICP-MS technique.

Sample Preparation and Blinding

Upon collection, each sample was re-labeled with a code from C01 to C15 prior to any laboratory handling to prevent bias during the analytical process. Whole beans were ground to a fine grind and each ground sample (18 g) was brewed as a double espresso using 50 mL of regular drinking water in a standardized espresso machine with an extraction time of approximately 30 seconds. Regular drinking water was used in place of deionized water to replicate real-world café brewing conditions, thereby more accurately reflecting actual consumer exposure. The procedure was repeated four times per sample, yielding a total of 200 mL of pooled brewed espresso per sample. All samples were sealed in labeled plastic bags and refrigerated prior to transport. Samples were submitted to Central Laboratory (Thailand) Co., Ltd. on April 1, 2026, and analysis was conducted between April 3–9, 2026 (Laboratory report numbers: TRBK69/29146–TRBK69/29160).

Results

Though the espresso samples sent to the laboratory were liquid, heavy metal concentration is reported as mg/kg, the standard reporting unit of the laboratory. Because the brewed beverage is largely water based and we can assume that its density is equivalent to that of water the concentrations reported from the laboratory can also be considered to be equivalent to mg/L as it will give clearer representation of consumer exposure.

The limit of detections of the heavy metals was as follows: 0.025 mg/kg for arsenic, 0.005 mg/kg for cadmium, 0.010 mg/kg for lead, and 0.005 mg/kg for mercury. For sample results that are seen as "Not Detected" may indicate that the heavy metal tested was below the limit of detection of the ICP-MS method as for sample results that are reported as "<0.015" indicate that the concentration of the heavy metal found was above the limit of detection, however was below the laboratory's quantitative threshold of 0.015 mg/kg. The complete laboratory results are presented in Table 2.

Table 2 Concentration of heavy metals found in the Brewed espresso sample, expressed as mg/kg

Sample	Arsenic (As)	Cadmium (Cd)	Lead (Pb)	Mercury (Hg)
C01	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C02	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C03	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C04	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C05	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C06	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
C07	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C08	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
C09	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C10	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
C11	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
C12	Not Detected	Not Detected	<0.015	Not Detected
C13	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
C14	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
C15	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected

The laboratory results show that none of 15 samples found any traces of arsenic, cadmium and mercury, but for lead, 8 out of the 15 samples (C01, C02, C03, C04, C05, C07, C09, C12) showed concentrations below 0.015 mg/kg.

When examined by bean origin, lead at concentrations below 0.015 mg/kg was detected in 2 out of 5 Thai-grown samples (C01, C09) and in 6 out of 10 imported samples (C02, C03, C04, C05, C07, C12). If categorized by roast level, 2 out of 3 light roast samples tested positive, but under 0.015mg/kg for lead (C04 and C05), 4 out of 8 medium roast

samples tested positive, but under 0.015mg/kg for lead (C01, C02, C07, C12) and 2 out of 4 dark roast samples tested positive, but under 0.015mg/kg for lead (C03 and C09).

No meaningful interpretation or comparison could be stated between the concentration of lead and the origin of the coffee bean and concentration of lead and the roast level as majority of the lead concentrations were reported as "Not Detected" and when it was detected, it was below 0.015mg/kg. As a result, comparison between the heavy metals detected and the origin or if the roast level of the beans have an effect on the concentration of heavy metals (research question number 1.2) cannot be answered. This itself is a meaningful finding, suggesting that contamination levels of heavy metal in commercially available coffee beans are low in both categories. At the time of this present study, no measurable contamination of heavy metals such as arsenic, cadmium, lead or mercury have been detected in roasted coffee bean samples sold in Thai retail outlets.

To facilitate further interpretation of the analytical results in relation to the categorical research variables, the lead concentration data for the 15 samples were re-organized into two cross-tabulations: one sorted by bean origin (Table 3) and one sorted by roast level (Table 4). These tables allow for direct visualization of how the detected and non-detected samples are distributed across the categories defined in the research questions of this study.

Table 3 Lead concentration sorted by origin

Origin	Sample Code	Brand	Roast Level	Bean Type	Pb (mg/kg)
Thailand (n=5)	C01	MiVana	Medium	Arabica	<0.015
	C09	Aro	Dark	Robusta	<0.015
	C10	Aro	Medium	Arabica	Not Detected
	C14	Cafe Amazon	Medium	Arabica	Not Detected
	C15	Pacamara	Light	Arabica	Not Detected
Imported (n=10)	C02	Illy	Medium	Arabica	<0.015
	C03	Starbucks	Dark	Arabica	<0.015
	C04	Pacamera	Light	Arabica	<0.015
	C05	Starbucks	Light	Arabica	<0.015
	C06	Starbucks	Medium	Arabica	Not Detected
	C07	Starbucks	Medium	Arabica	<0.015
	C08	Starbucks	Medium	Arabica	Not Detected
	C11	UCC	Dark	Robusta	Not Detected
	C12	UCC	Medium	Arabica	<0.015
	C13	UCC	Dark	Arabica	Not Detected

Among the 5 Thai-grown samples, 2 samples (40%) showed lead at concentrations below 0.015 mg/kg, while 3 samples (60%) showed no detectable lead. Among the 10

imported samples, 6 samples (60%) showed lead below 0.015 mg/kg, while 4 samples (40%) showed no detectable lead.

Table 4 Lead concentration sorted by roast level

Roast Level	Sample Code	Brand	Origin	Bean Type	Pb (mg/kg)
Light (n=3)	C04	Pacamera	Colombia	Arabica	<0.015
	C05	Starbucks	Latin America	Arabica	<0.015
	C15	Pacamara	Thailand	Arabica	Not Detected
Medium (n=8)	C01	MiVana	Thailand	Arabica	<0.015
	C02	Illy	Brazil	Arabica	<0.015
	C06	Starbucks	Indonesia	Arabica	Not Detected
	C07	Starbucks	Kenya	Arabica	<0.015
	C08	Starbucks	Colombia	Arabica	Not Detected
	C10	Aro	Thailand	Arabica	Not Detected
	C12	UCC	Brazil	Arabica	<0.015
	C14	Cafe Amazon	Thailand	Arabica	Not Detected
Dark (n=4)	C03	Starbucks	N. America	Arabica	<0.015
	C09	Aro	Thailand	Robusta	<0.015
	C11	UCC	Vietnam	Robusta	Not Detected
	C13	UCC	Laos	Arabica	Not Detected

Across the three roast level categories, lead at concentrations below 0.015 mg/kg was detected in 2 of 3 light roast samples (67%), 4 of 8 medium roast samples (50%), and 2 of 4 dark roast samples (50%), with the remaining samples showing no detectable lead.

Conclusion and Discussion of Findings

In this study, a total of 4 heavy metals, considered priority toxicants in the space of Anti-Aging, were investigated namely, arsenic, cadmium, lead and mercury. The laboratory results suggest that arsenic, cadmium and mercury were not present in the 15 samples of brewed espresso, however lead was either not detected or detected at levels below 0.015mg/kg and none of the heavy metals tested had exceeded the laboratory detection thresholds. This finding is consistent with previous published studies on heavy metals in coffee beans suggesting that heavy metals are typically present at undetectable or very low concentrations[6,7,13].

To compare whether this upperbound estimate for exposure has a potential health risk to consumers, the value can be compared to the safety thresholds as stated by regulatory authorities such as EFSA, JECFA and WHO.

If we assume the average Thai consumer to have body weight of 75kg, we can calculate the Benchmark Dose Lower Confidence limit of Lead to be:

75kg x 0.63µg/kg = 47.25µg per day

The daily lead exposure to have a 1% negative affect on the human body, assuming the average consumer has a body weight of 75kg would be 75 kg × 0.63 µg/kg = 47.25 µg per day. Therefore when comparing the maximum potential lead exposure when consuming a 50ml espresso shot in this study (0.75 µg) is therefore less than 1.6% of the reference value stated by EFSA and JECFA which indicates that lead exposure when consuming coffee is within the safety thresholds as stated by the EFSA and JECFA (Table 5). Even if multiple espresso shots were to be consumed by the average Thai consumer, it would remain a small percentage of the reference value concluding that consumption of multiple espresso shots pose minimal risk on consumer exposure[17,18,19]. The same can be applied to arsenic, cadmium and mercury.

Table 5 Estimated maximum consumer exposure compared to safety limits

Metal	Max Exposure per 50 ml Shot	International Guidance Value	Basis	Authority	% of Limit (75 kg adult)
Lead (Pb)	0.75 µg/shot	47.25 µg/day	$BMDL_{01}$ × 75 kg (neurodevelopmental)	EFSA / JECFA	**<1.6%**
Arsenic (As)	1.25 µg/shot	22.5 µg/day	$BMDL_{0.5}$ × 75 kg (cancer endpoint)	JECFA / EFSA	**<6%**
Cadmium (Cd)	0.25 µg/shot	26.8 µg/week	TWI 2.5 µg/kg × 75 kg (kidney toxicity)	EFSA (2011)	**<1%**
Mercury (Hg)	0.25 µg/shot	300 µg/week	PTWI 4 µg/kg × 75 kg (kidney toxicity)	WHO / JECFA	**<0.1%**

In the laboratory results, the “Not Detected” value can be interpreted in several ways as discussed in existing literatures. Not all heavy metals that can be found in green beans or roasted coffee beans can be transferred into the brewed beverage as heavy metals in the roasted beans may be water soluble as stated in the study done by Guadalupe and colleagues (2023).

In conclusion, the aim of this study was to determine the concentrations of arsenic, cadmium, lead, and mercury in brewed espresso prepared from roasted coffee beans commercially available in Thai supermarkets, and to assess the associated consumer health risk in the context of anti-aging and regenerative medicine. The principal findings of the study are that arsenic, cadmium, and mercury were not detected in any of the 15 brewed espresso samples, that lead was either not detected or detected at concentrations below 0.015 mg/kg, and that none of the samples exceeded the laboratory's analytical detection thresholds for the four target metals.

References

1. Verena Street Coffee. Coffee consumption statistics 2026: global & U.S. data [Internet]. 2026 [cited 2026 May 4]. Available from: https://www.verenastreet.com/blogs/all-about-coffee/coffee-statistics
2. Nation Thailand. Coffee consumption surges as Thai market defies economic slump [Internet]. 2025 [cited 2026 May 4]. Available from: https://www.nationthailand.com/business/economy/40053517
3. Chiang Rai Times. Specialty coffee becomes the new focus of Chiang Rai's coffee growers [Internet]. 2026 [cited 2026 May 4]. Available from: https://www.chiangraitimes.com/chiangrai/specialty-coffee-chiang-rai/
4. Liang N, Kitts DD. Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions. Nutrients. 2015;8(1):16. doi:10.3390/nu8010016
5. Kowalska G, Łuczyńska J, Łuczyński MJ, Senze M, Kowalska-Góralska M. The safety assessment of toxic metals in commonly used herbs, spices, tea, and coffee in Poland. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(11):5779. doi:10.3390/ijerph18115779
6. Guadalupe GA, Chavez SG, Arellanos E, Doménech E. Probabilistic risk characterization of heavy metals in Peruvian coffee: implications of variety, region and processing. Foods. 2023;12(17):3254. doi:10.3390/foods12173254
7. Pigozzi MT, Passos FR, Mendes FQ. Quality of commercial coffees: heavy metal and ash contents. J Food Qual. 2018:5908463. doi:10.1155/2018/5908463
8. Várady M, Boržíková J, Popelka P. Effect of processing method (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on the availability of heavy metals in specialty coffee. Heliyon. 2024;10(3):e25563. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e25563
9. Flora G, Gupta D, Tiwari A. Toxicity of lead: a review with recent updates. Interdiscip Toxicol. 2012;5(2):47-58. doi:10.2478/v10102-012-0009-2
10. Tang C, Lv X, Zou L, Rong Y, Zhang L, Xu M, et al. Cadmium exposure and osteoporosis: epidemiological evidence and mechanisms. Toxicol Sci. 2025. doi:10.1093/toxsci/kfaf031
11. Speer RM, Zhou X, Volk LB, Liu KJ, Hudson LG. Arsenic and cancer: evidence and mechanisms. Adv Pharmacol. 2023;96:151-202. doi:10.1016/bs.apha.2022.08.001
12. Maldonado E, Morales-Pison S, Urbina F, Solari A. Aging hallmarks and the role of oxidative stress. Antioxidants (Basel). 2023;12(3):651. doi:10.3390/antiox12030651

13. Winiarska-Mieczan A, Kwiatkowska K, Kwieć M, Zaricka E. Assessment of the risk of exposure to cadmium and lead as a result of the consumption of coffee infusions. Biol Trace Elem Res. 2021;199(6):2420-2428. doi:10.1007/s12011-020-02332-3
14. Zergui A, Boudalia S, Adda A, Joseph ML. Evaluation of trace metallic element levels in coffee by ICP-MS: a comparative study among different origins, forms, and packaging types and consumer risk assessment. Biol Trace Elem Res. 2023. doi:10.1007/s12011-023-03582-7
15. Várady M, Ślusarczyk S, Boržíkova J, Hankóva K, Vierikóva M, Marcinčák S, et al. Heavy-metal contents and the impact of roasting on polyphenols, caffeine, and acrylamide in specialty coffee beans. Foods. 2021;10(6):1310. doi:10.3390/foods10061310
16. Berego YS, Sota SS, Ulsido M, Beyene EM. The contents of essential and toxic metals in coffee beans and soil in Dale Woreda, Sidama Regional State, Southern Ethiopia. PeerJ. 2023. doi:10.7717/peerj.14789
17. Torres-Mendoza BM, Garibaldi-Ríos AF, Rizo De La Torre LDC, Puebla-Pérez AM, Figuera LE, Zúñiga-González GM, et al. Lead poisoning in the Americas: sources, regulations, health impacts, and molecular mechanisms. J Xenobiot. 2025;15(4):134. doi:10.3390/jox15040134
18. Charkiewicz AE, Omeljaniuk WJ, Nowak K, Garley M, Niklinski J. Cadmium toxicity and health effects: a brief summary. Molecules. 2023;28(18):6620. doi:10.3390/molecules28186620
19. Charkiewicz AE, Omeljaniuk WJ, Garley M, Niklinski J. Mercury exposure and health effects: what do we really know? Int J Mol Sci. 2025;26(5):2326. doi:10.3390/ijms26052326

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประมาณค่า M และการถดถอยแบบฟัซซี่แบบแกร่งเมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม

A COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF M-ESTIMATION AND ROBUST FUZZY REGRESSION IN THE PRESENCE OF EXTREME OUTLIERS IN THE RESPONSE VARIABLE

ณัฐวัฒน์ สุวรรณสิงห์* และ ภูริทัต คล้ายวรรณ*

NATTAWAT SUWANNASING* AND PHURITAT KLAYWAN

สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*

Branch of Applied Statistics, Faculty of Science and Technology,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi

อีเมล: snattawat322@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่า M-estimation และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง (Robust Fuzzy Regression: FRR) สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ ของตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตามโดยใช้การจำลองข้อมูลภายใต้ค่าพารามิเตอร์ 2 กรณี ได้แก่ $\beta_0=\beta_1=\beta_2=1$ และ $\beta_0=1,\beta_1=\beta_2=-1$ กำหนดให้ตัวแปรอิสระไม่มีค่านอกเกณฑ์ ขณะที่ตัวแปรตามมีค่านอกเกณฑ์ร้อยละ 10, 20 และ 30 และพิจารณาขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60 และ 80 ทำการจำลองข้อมูลซ้ำจำนวน 1,000 รอบ ประเมินประสิทธิภาพของแต่ละวิธีด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squared Error: MSE) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ร้อยละ 10 วิธีการประมาณค่า M ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง สำหรับกรณีที่ข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ร้อยละ 20 วิธีการประมาณค่า M และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งให้ผลการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกันและดีกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) ขณะที่เมื่อสัดส่วนค่านอกเกณฑ์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 การถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งให้ค่า MSE ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีความเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ในระดับสูงผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การเลือกวิธีการประมาณค่าควรพิจารณาตามระดับของค่านอกเกณฑ์ในข้อมูล โดยวิธีการประมาณค่า M เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง ส่วนการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ในระดับสูงผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับข้อมูลเวชระเบียน ข้อมูลชีวสถิติ ข้อมูลระบาดวิทยา และข้อมูลสุขภาพจริงที่มักมีความไม่แน่นอน และค่าผิดปกติในการเก็บรวบรวมข้อมูล

คำสำคัญ: การถดถอยแบบแกร่ง, การประมาณค่าแบบ M, การถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง, ค่านอกเกณฑ์, การจำลองข้อมูล

Abstract

This study aimed to compare the efficiency of M-estimation and Robust Fuzzy Regression (FRR) for parameter estimation in multiple linear regression models when extreme outliers were present in the response variable. A Monte Carlo simulation was conducted under two parameter settings $\beta_0=\beta_1=\beta_2=1$ and $\beta_0=1,\beta_1=\beta_2=-1$. The independent variables were generated without outliers, whereas extreme response outliers were introduced at contamination levels of 10%, 20%, and 30%. Four sample sizes (20, 40, 60, and 80) were considered, and each simulation scenario was replicated 1,000 times. The performance of each estimation method was evaluated using the Mean Squared Error (MSE). The results showed that M-estimation consistently produced the lowest MSE when the proportion of response outliers was 10%, indicating superior performance under low contamination. At a contamination level of 20%, M-estimation and Robust Fuzzy Regression yielded comparable performance and both outperformed the Ordinary Least Squares (OLS) method. When the proportion of response outliers increased to 30%, Robust Fuzzy Regression achieved the lowest MSE across all sample sizes, demonstrating greater robustness under severe contamination. These findings suggest that the choice of estimation method should depend on the degree of data contamination. M-estimation is more appropriate for datasets with low to moderate levels of response outliers, whereas Robust Fuzzy Regression is better suited for datasets with a high proportion of extreme outliers. The findings provide practical guidance for selecting robust estimation methods and have potential applications in real-world healthcare data analysis, including electronic health records, biostatistical data, epidemiological studies, and geriatric health databases, where outliers and data uncertainty are frequently encountered.

Keywords: Robust regression, M-estimation, Robust fuzzy regression, Extreme response outliers, Monte Carlo simulation

บทนำ

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นเทคนิคทางสถิติที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และตัวแปรตาม (Dependent Variable) รวมทั้งใช้ในการพยากรณ์และอธิบายปรากฏการณ์ในศาสตร์หลากหลายสาขา เช่น วิทยาศาสตร์สุขภาพ การแพทย์ สาธารณสุข เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และสังคมศาสตร์ สำหรับการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression) วิธีการประมาณค่าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares: OLS) ซึ่งให้ค่าประมาณที่มีคุณสมบัติเป็นตัวประมาณเชิงเส้นที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำที่สุด (Best Linear Unbiased Estimator: BLUE) ภายใต้ข้อสมมติของแบบจำลอง[1] อย่างไรก็ตาม หากข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อสมมติ โดยเฉพาะเมื่อมีค่านอกเกณฑ์ (Outliers) ปะปนอยู่ ประสิทธิภาพของการประมาณค่าด้วยวิธี OLS จะลดลง ส่งผลให้ค่าพารามิเตอร์เกิดความเอนเอียงและทำให้การตีความผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้[2,3]

ค่านอกเกณฑ์สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม โดยค่านอกเกณฑ์ในตัวแปรตาม (Response Outliers) เป็นข้อมูลที่มีค่าความคลาดเคลื่อนหรือค่าส่วนเหลือ (Residuals) สูงผิดปกติ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำของการประมาณค่าพารามิเตอร์ ขณะที่ค่าผิดปกติในตัวแปรอิสระ (High Leverage Points)เป็นข้อมูลที่มีตำแหน่งห่างจากกลุ่มข้อมูลส่วนใหญ่ของตัวแปรอิสระและอาจมีอิทธิพลต่อเส้นถดถอยในลักษณะที่แตกต่างกันดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของ ค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม (Extreme Response Outliers) โดยเฉพาะ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าที่สามารถลดอิทธิพลของข้อมูลผิดปกติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัญหาค่านอกเกณฑ์พบได้บ่อยในข้อมูลจริง โดยเฉพาะข้อมูลด้านสุขภาพและสาธารณสุข เช่น ข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Health Records: EHRs) ข้อมูลชีวสถิติ ข้อมูลระบาดวิทยา ข้อมูลการตรวจสุขภาพ และฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด ความแตกต่างของผู้ป่วยแต่ละราย หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ยาก ส่งผลให้ข้อมูลมีความไม่แน่นอนและมีค่านอกเกณฑ์จำนวนมาก หากเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้ผลการวิเคราะห์และการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อน ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจทางคลินิก การเฝ้าระวังโรค และการกำหนดนโยบายด้านสาธารณสุข ดังนั้น การเลือกวิธีการประมาณค่าที่มีความแกร่งต่อค่านอกเกณฑ์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในบริบทดังกล่าว เพื่อลดผลกระทบของค่านอกเกณฑ์ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการถดถอยแบบแกร่ง (Robust Regression) ขึ้น โดยยังคงใช้แนวคิดพื้นฐานของการวิเคราะห์การถดถอย แต่ปรับกระบวนการประมาณค่าเพื่อลดอิทธิพลของข้อมูลที่ผิดปกติ[4] หนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมคือ การประมาณค่าแบบ M (M-estimation) ซึ่งใช้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักเพื่อลดอิทธิพลของค่าส่วนเหลือที่มีค่ามาก ทำให้ค่าประมาณมีเสถียรภาพมากกว่าวิธี OLS เมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง[8]

อีกแนวทางหนึ่งคือ การถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง (Robust Fuzzy Regression: FRR) ซึ่งพัฒนาจากแนวคิดของการถดถอยฟัซซี่ (Fuzzy Regression) ที่เสนอโดย Tanaka และคณะ[5] โดยผสมผสานทฤษฎีฟัซซี่

เข้ากับแนวคิดการถดถอยแบบแกร่ง ทำให้สามารถจัดการกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนและค่านอกเกณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น ต่อมา Kula และคณะ[6] ได้เสนอวิธี Robust Fuzzy Regression และแสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวสามารถลดผลกระทบของค่านอกเกณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าวิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบดั้งเดิมในหลายสถานการณ์

แม้ว่าจะมีงานวิจัยที่ศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าแบบ M และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งแยกจากกัน แต่การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองวิธีภายใต้สถานการณ์ที่ข้อมูลมี ค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม โดยพิจารณาทั้งสัดส่วนของค่านอกเกณฑ์และขนาดตัวอย่างที่แตกต่างกัน ยังมีรายงานการศึกษาในประเด็นดังกล่าวค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะการศึกษาเชิงเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขที่ควบคุมสัดส่วนของ response outliers และขนาดตัวอย่างอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าแบบ M และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง เพื่อให้ทราบถึงข้อดี ข้อจำกัด และความเหมาะสมของแต่ละวิธีภายใต้ระดับความรุนแรงของค่านอกเกณฑ์ที่แตกต่างกัน

จากแนวคิดของทั้งสองวิธี สามารถคาดการณ์ได้ว่า M-estimation จะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากใช้กลไกการถ่วงน้ำหนักเพื่อลดอิทธิพลของค่าส่วนเหลือที่มีค่ามาก ขณะที่ Robust Fuzzy Regression มีศักยภาพในการจัดการข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนและมีค่านอกเกณฑ์ในระดับสูงได้ดีกว่า เนื่องจากอาศัยแนวคิดของทฤษฎีฟัซซี่ในการประมาณค่า ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองวิธีภายใต้สถานการณ์ที่ข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม เพื่อเสนอแนวทางในการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม และสนับสนุนการประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริง โดยเฉพาะข้อมูลเวชระเบียน ข้อมูลชีวสถิติ ข้อมูลระบาดวิทยา และข้อมูลผู้สูงอายุ ซึ่งมักเผชิญกับปัญหาค่านอกเกณฑ์และความไม่แน่นอนของข้อมูลในการวิเคราะห์ทางการแพทย์และสาธารณสุข

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่า M กับการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง เมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของสัดส่วนค่านอกเกณฑ์และขนาดตัวอย่างต่อประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าทั้งสองโดยใช้ค่า Mean Squared Error (MSE)

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

วิธีการประมาณค่า M

การถดถอยเชิงเส้นเป็นแนวทางในการสร้างตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ X ตั้งแต่หนึ่งตัวขึ้นไป โดยใช้ฟังก์ชันพยากรณ์เชิงเส้น ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นที่มีตัวแปรอิสระ p ตัว สามารถดังนี้[7]

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \ldots + \beta_p X_{ip} \ , \quad i = 1, 2, \ldots , p \qquad (1)$$

เมื่อ $\beta_0, \beta_1, \ldots , \beta_p$ คือ ค่าพารามิเตอร์ (parameters)

X_i คือ ค่าของตัวแปรอิสระ (independent variable)

ε_i คือ ค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งมีการแจกแจงปกติและไม่มีความสัมพันธ์กัน

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่นิยมกันมากที่สุดคือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งคำนวณจากผลเฉลยของสมการ

$$\min J = \min \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i^2$$

สำหรับการประมาณค่าด้วยวิธีการประมาณค่า M หนึ่งในวิธีการประมาณค่าการถดถอยแบบแกร่งคือการประมาณค่า M ตัวอักษร M บ่งชี้ว่า การประมาณค่า M เป็นการประมาณค่าประเภทภาวะน่าจะเป็นสูงสุด หากตัวประมาณค่าในการประมาณค่าของวิธีดังกล่าวคือ $\hat{\beta} = \beta_n(x_1, x_2, ..., x_n)$ แล้ว $E\left[\beta_n(x_1, x_2, ..., x_n)\right] = \beta$ สมการนี้สดงให้เห็นว่าตัวประมาณค่า $\hat{\beta} = \beta_n(x_1, x_2, ..., x_n)$ เป็นตัวประมาณค่าที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุดเมื่อเทียบกับตัวประมาณค่าความแปรปรวนอื่น ๆ[8]: สรุปขั้นตอนการสร้างตัวแบบการถดถอยด้วยวิธีการประมาณค่า M เมื่อใช้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักของ Tukey's bisquare ดังนี้[8]

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าพารามิเตอร์ประมาณค่า $\hat{\beta}^0$ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าเศษเหลือ $e_i = y_i - \hat{y}_i$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่า $\hat{\sigma}_i = 1.4826\, MAD$ เมื่อ $MAD = median\left|e_i - median(e_i)\right|$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า $u_i = e_i / \hat{\sigma}_i$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณค่าน้ำหนัก

$$\omega_i = \begin{cases} \left[1 - \left(\frac{u_i}{4.685}\right)^2\right], & |u_i| \le 4.685 \\ 0, & |u_i| > 4.685 \end{cases}$$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณ $\hat{\beta}_M$ โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนัก ด้วยค่า ω_i

$$\hat{\beta}_M = \left(X^T W_i X\right)^{-1}\left(X^T W_i Y\right)$$

เมื่อ W_i คือ เมทริกซ์ที่มีเฉพาะองค์ประกอบแนวทแยงมุม

$$W_i = \begin{bmatrix} \omega_1^{(1)}(u) & 0 & 0 \\ 0 & \omega_2^{(1)}(u) & 0 \\ 0 & 0 & \omega_n^{(1)}(u) \end{bmatrix}_{n \times n}$$

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณ $\hat{\beta}_M$ โดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนัก (WLS) ด้วยค่าน้ำหนัก ω_i

ขั้นตอนที่ 8 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2-7 เพื่อให้ได้ค่า $\hat{\beta}_M$ ที่ลู่เข้า (convergent value) $\left|\hat{\beta}_M{}^{k+1} - \hat{\beta}_M{}^{k}\right| < \varepsilon$, $\varepsilon = 0.0001$

การถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง

ให้ $X_1, X_2, \ldots, X_p$ เป็นตัวแปรอิสระ ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมถูกกำหนดเป็น $\left[X=\left(x,\xi,\overline{\xi}\right)\right]$ โดยที่ x คือค่าฐานนิยม (modal value) ของ X, ξ คือ ค่าการกระจายด้านซ้าย (left spreads) และ $\overline{\xi}$ คือค่าการกระจายด้านขวา (right spreads) ให้ Y เป็นตัวแปรตาม ตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยมถูกกำหนดเป็น $\left[Y=\left(y,\underline{n},\overline{n}\right)\right]$ โดยที่ y คือค่าฐานนิยมของ Y, $\underline{n}$ คือค่าการกระจายด้านซ้าย และ $\overline{n}$ คือค่า การกระจายด้านขวา ตามข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อตัวแปรตามและตัวแปรอิสระเป็นตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม ขั้นตอนของขั้นตอนวิธีของการถดถอยเชิงฟัซซี่แบบแกร่งมีดังต่อไปนี้ [6] ขั้นตอนวิธีดังกล่าวดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดโมเดลและการประมาณค่าเริ่มต้น

เมื่อ $X_i=\left(x_i,\underline{\xi_i},\overline{\xi_i}\right)$ และ $Y_i=\left(y_i,\underline{n_i},\overline{n_i}\right)$ สำหรับ i=1,2,...,n เป็นตัวเลขฟัซซี่แบบสามเหลี่ยม โดยค่าเริ่มต้นคำนวณได้จากสมการ

$$\hat{\beta}_F=\left(X^{'}X+A^{'}A+B^{'}B\right)^{-1}\left(X^{'}Y+A^{'}C+B^{'}D\right)$$

โดยที่

$$X=\begin{bmatrix}1 & x_{11} & x_{1p}\\ 1 & x_{21} & x_{2p}\\ & & \\ 1 & x_{n1} & x_{np}\end{bmatrix},Y=\begin{bmatrix}y_1\\ y_2\\ \\ y_n\end{bmatrix},C=\begin{bmatrix}y_1-\underline{n}_1\\ y_2-\underline{n}_2\\ \\ y_n-\underline{n}_n\end{bmatrix},D=\begin{bmatrix}y_1+\overline{n_1}\\ y_2+\overline{n_2}\\ \\ y_n+\overline{n_n}\end{bmatrix}$$

$$A=\begin{bmatrix}1 & x_{11}-\underline{\xi_{11}} & x_{1p}-\underline{\xi}_{1p}\\ 1 & x_{21}-\underline{\xi}_{21} & x_{2p}-\underline{\xi_{2p}}\\ & & \\ 1 & x_{n1}-\underline{\xi_{n1}} & x_{np}-\underline{\xi_{np}}\end{bmatrix},B=\begin{bmatrix}1 & x_{11}+\overline{\xi_{11}} & x_{1p}+\overline{\xi}_{1p}\\ 1 & x_{21}+\overline{\xi_{21}} & x_{1p}+\overline{\xi}_{1p}\\ & & \\ 1 & x_{n1}+\overline{\xi_{n1}} & s_{1p}+\overline{\xi}_{1p}\end{bmatrix}$$

โดยมีเงื่อนไขว่า $\left(X^{'}X\right)^{-1}$ ต้องหาได้

ขั้นตอนที่ 2: การประมาณค่า y_i และคำนวณค่าส่วนที่เหลือ r_i

ขั้นตอนที่ 3: การคำนวณระยะทาง D_i

กำหนดค่ามัธยฐาน (Median) ค่าสัมบูรณ์ของค่าส่วนที่เหลือ คำนวณระยะทาง D_i โดย

$$D_i\left\|abs\left(r_i\right)-median\left(abs\left(r_i\right)\right)\right\|,i=1,2,\ldots,n$$

โดยที่ ||.|| คือระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance)

ขั้นตอนที่ 4: การกำหนดฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function)

ฟังก์ชันสมาชิกจะถูกแสดงในภาพที่ 1 และกำหนดดังนี้

$$\mu(r)=\begin{cases}1 & ,|r|\le a\\ \dfrac{b-|r|}{b-a} & ,a<|r|<b\\ 0 & ,elsewhere\end{cases}$$

โดยที่ $a=median(D_i)$ $b=\max(D_i)+d$ และ $d=median|r_i-median(r_i)|/0.6745$

ขั้นตอนที่ 5: การประมาณค่ากำลังสองน้อยที่สุดเชิงฟัซซี่แบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Fuzzy Least Squares Estimations) ขึ้นเมทริกซ์น้ำหนัก W เป็นเมทริกซ์ทแยงมุม (diagonal matrix) โดยที่องค์ประกอบในแนวทแยงประกอบด้วยระดับของค่าสมาชิก ค่าประมาณกำลังสองน้อยที่สุดเชิงฟัซซี่แบบถ่วงน้ำหนัก $(\hat{\beta})$ คำนวณได้จาก

$$\hat{\beta}_F=\left(X'WX+A'WA+B'WB\right)^{-1}\left(X'WY+A'WC+B'WC\right)$$

โดยมีเงื่อนไขว่า $\left(X'X\right)^{-1}$ ต้องหาได้ และ W เป็นเมทริกซ์ที่ไม่เป็นศูนย์ โดยที่ W คือเมทริกซ์น้ำหนักเช่น $W=diag\left(\mu_1,\mu_2,\dots,\mu_n\right)$

ขั้นตอนที่ 6: ดำเนินการคำนวณดังขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 5 จนกระทั่ง $\left|\hat{\beta}_F{}^{k+1}-\hat{\beta}_F{}^{k}\right|<\varepsilon$ เพื่อให้ได้ค่า $\hat{\beta}_F$ ที่ลู่เข้า (convergent value)

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้การจำลองข้อมูลโดยโปรแกรม MATLAB ทำซ้ำ 1,000 รอบ ในแต่ละสถานการณ์ โดยพัฒนามาจากขั้นตอนของกัลยา บุญหล้า และเมทินี [10] และ Tantrakul and Payakkapong [9] การคำนวณแสดงรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 สร้างข้อมูลตัวแปรอิสระ X_1 และ X_2 มีการแจกแจงแบบเอกรูป $X_1 \quad U(-1,1)$ และ $X_2 \quad U(-3,3)$ และกำหนดให้ตัวแปรอิสระแต่ละตัวไม่มีค่านอกเกณฑ์

ขั้นที่ 2 กำหนดค่าของความคลาดเคลื่อนให้มีการแจกแจงแบบปกติ $\varepsilon_i \quad N(0,1)$

ขั้นที่ 3 สร้างตัวแปรตาม (Y_i) โดยมีรูปแบบดังนี้

$$Y_i=\beta_0+\beta_1X_{i1}+\beta_2X_{i2}+\varepsilon_i,\quad i=1,2,\dots,n$$

โดยกำหนดให้ตัวแปรตามมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรง คือค่านอกเกณฑ์ที่น้อยกว่าค่าของ Q_1 – 3(IQR) หรือมากกว่าค่าของ Q_3 + 3(IQR) เมื่อ IQR คือ ค่าพิสัยควอไทล์ของชุดข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 20, 40, 60 และ 80 เพื่อครอบคลุมกรณีของขนาดตัวอย่างขนาดเล็ก ปานกลาง และค่อนข้างใหญ่ ซึ่งเป็นขนาดที่นิยมใช้ในการศึกษาการจำลองข้อมูลทางสถิติ และกำหนดค่านอกเกณฑ์ในการศึกษา คือ 10% 20% และ 30% ตามลำดับ ของแต่ละขนาดตัวอย่าง กำหนด

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 2 กรณีได้แก่ กรณีที่ 1 $\beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = 1$ และ กรณีที่2 $\beta_0 = 1 \quad \beta_1 = -1 \quad \beta_2 = -1$

ขั้นที่ 4 กำหนดเมทริกซ์สำหรับการคำนวณด้วยวิธี FRR ดังนี้

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} \\ 1 & x_{12} & x_{22} \\ & & \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} \end{bmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \\ y_n \end{pmatrix}$$

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} - x_{11}/0.8 & x_{12} - x_{12}/0.8 \\ 1 & x_{21} - x_{21}/0.8 & x_{22} - x_{22}/0.8 \\ & & \\ 1 & x_{1n} - x_{1n}/0.8 & x_{2n} - x_{2n}/0.8 \end{bmatrix} \quad \overline{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} + x_{11}/2.5 & x_{12} + x_{12}/2.5 \\ 1 & x_{21} + x_{21}/2.5 & x_{22} + x_{22}/2.5 \\ & & \\ 1 & x_{1n} + x_{1n}/2.5 & x_{2n} + x_{2n}/2.5 \end{bmatrix}$$

$$\underline{Y} = \begin{cases} y_{(outliers<Q_1-3IQR)} - (y_{(outliers<Q_1-3IQR)})/0.25 \\ y_i - 0.5 \\ y_{(outliers>Q_3+3IQR)} - 0.5 \end{cases}$$

$$\overline{Y} = \begin{cases} y_{(outliers<Q_1-3IQR)} + (y_{(outliers<Q_1-3IQR)})/0.5 \\ y_i + y_i/0.5 \\ y_{(outliers>Q_3+3IQR)} + 0.5 \end{cases}$$

ขั้นที่ 5 ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย ($\hat{\hat{\beta}}$) ด้วยวิธีตัวประมาณกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการประมาณค่า M เมื่อใช้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักของ Tukey's bisquare และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบฟัซซี่แบบแกร่ง ดังสมการที่ (2)

$$\hat{\hat{\beta}}_i = \frac{\sum_{j=1}^{1000} \hat{\beta}_{ij}}{1000} \quad , \quad i = 0,1,2 \qquad (2)$$

ขั้นที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวประมาณพารามิเตอร์ทั้ง 3 วิธีด้วยค่าสัมบูรณ์ของความเอนเอียงและค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ($MSE(\beta)$)

$$MSE(\beta) = \frac{\sum_{i=0}^{k} \left[\sum_{j=1}^{1000} \frac{\left(\beta_{ij} - \hat{\beta}_{ij}\right)^2}{1000} \right]}{k+1} \qquad (3)$$

ผลการวิจัย

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่ากรณีที่ค่านอกเกณฑ์ 10% วิธีตัวประมาณแบบ M ให้ค่า MSE ต่ำที่สุด รองลงมาคือวิธีการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง และวิธีกำลังสองน้อยที่สุดให้ค่า MSE สูงที่สุด กรณีที่ค่านอกเกณฑ์เป็น 20% วิธีการประมาณค่า M และวิธีการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งให้ค่า MSE ใกล้เคียงกัน และมีค่าต่ำกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุดอย่างชัดเจน ส่วนในกรณีที่ค่านอกเกณฑ์ 30% วิธีการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งมีค่า MSE ต่ำกว่าวิธีการประมาณค่า M และวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ตารางที่ 1 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่า $MSE(\beta)$ ของวิธี OLS การประมาณค่า M และ FRR เมื่อ $\beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = 1$

n	Outliers (%)	$\hat{\beta}_i$	OLS P.E.	OLS $MSE(\beta)$	การประมาณค่า M P.E.	การประมาณค่า M $MSE(\beta)$	FRR P.E.	FRR $MSE(\beta)$
20	10	$\hat{\beta}_0$	1.0529	1.4544	0.9973	0.1107	1.5691	1.0911
		$\hat{\beta}_1$	2.2014		0.8721		0.2804	
		$\hat{\beta}_2$	1.8168		0.9096		0.3250	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.8875	3.3785	0.7289	1.4312	1.0271	1.3671
		$\hat{\beta}_1$	2.9452		1.5751		0.3615	
		$\hat{\beta}_2$	2.5322		1.3046		0.3529	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.7802	5.4272	0.6508	5.5925	0.6274	2.2357
		$\hat{\beta}_1$	3.3840		3.3905		0.5396	
		$\hat{\beta}_2$	3.2028		3.0752		0.5154	

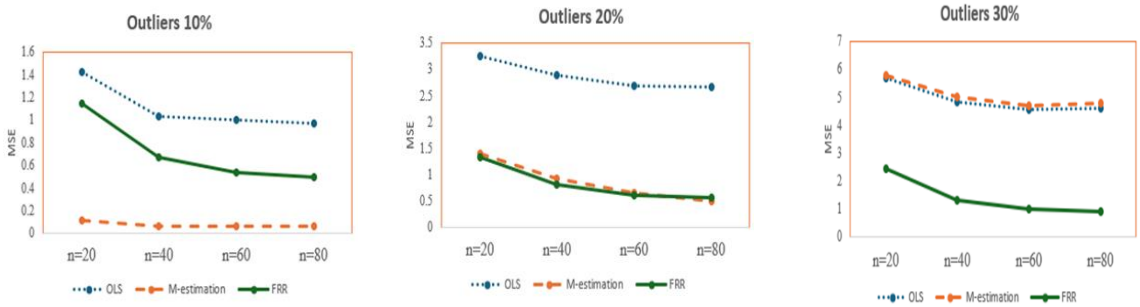
ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์ และค่า $MSE(\beta)$ ของวิธี OLS การประมาณค่า M และ FRR เมื่อ $\beta_0 = 1 \quad \beta_1 = -1 \quad \beta_2 = -1$

	Outliers		OLS		การประมาณค่า M		FRR	
n	(%)	$\hat{\beta}_i$	P.E.	$MSE(\beta)$	P.E.	$MSE(\beta)$	P.E.	$MSE(\beta)$
40	10	$\hat{\beta}_0$	0.8908	1.0446	0.8084	0.0638	1.2535	0.6696
		$\hat{\beta}_1$	2.2300		0.8482		0.2873	
		$\hat{\beta}_2$	1.8354		0.8953		0.2954	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.7556	2.9134	0.5285	0.8912	0.7043	0.7405
		$\hat{\beta}_1$	3.1098		1.3934		0.4045	
		$\hat{\beta}_2$	2.5680		1.1768		0.3553	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.6761	4.8911	0.5105	5.0487	0.2876	1.2282
		$\hat{\beta}_1$	3.6222		3.7053		0.5014	
		$\hat{\beta}_2$	3.2669		3.1567		0.4902	
60	10	$\hat{\beta}_0$	0.8483	0.9963	0.7556	0.0589	1.1668	0.5631
		$\hat{\beta}_1$	2.2684		0.8521		0.2627	
		$\hat{\beta}_2$	1.8496		0.9016		0.3112	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.7071	2.6887	0.4353	0.5648	0.5676	0.6162
		$\hat{\beta}_1$	3.0714		1.1473		0.4212	
		$\hat{\beta}_2$	2.5872		1.0389		0.3787	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.6714	4.5157	0.5174	4.6768	0.1310	0.9957
		$\hat{\beta}_1$	3.5949		3.6971		0.5219	
		$\hat{\beta}_2$	3.2669		3.1730		0.4949	
80	10	$\hat{\beta}_0$	0.8309	0.9448	0.7194	0.0570	1.0970	0.5024
		$\hat{\beta}_1$	2.2644		0.8551		0.2647	
		$\hat{\beta}_2$	1.8500		0.8994		0.3019	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.7024	2.6089	0.4131	0.4894	0.5288	0.5821
		$\hat{\beta}_1$	3.0639		1.1008		0.3317	
		$\hat{\beta}_2$	2.6114		1.0161		0.3706	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.6167	4.4235	0.4606	4.5825	0.0680	0.8591
		$\hat{\beta}_1$	3.6019		3.7085		0.5175	
		$\hat{\beta}_2$	3.2751		3.1819		0.4741	

n	Outliers (%)	$\hat{\beta}_i$	OLS		การประมาณค่า M		FRR	
			P.E.	$MSE(\beta)$	P.E.	$MSE(\beta)$	P.E.	$MSE(\beta)$
20	10	$\hat{\beta}_0$	1.0381	1.4175	1.0102	0.1114	1.6424	1.1441
		$\hat{\beta}_1$	-2.1958		-0.8631		-0.2568	
		$\hat{\beta}_2$	-1.7976		-0.8957		-0.3110	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.8753	3.2433	0.7409	1.3951	1.0581	1.3232
		$\hat{\beta}_1$	-2.8686		-1.6140		-0.3252	
		$\hat{\beta}_2$	-2.5397		-1.3771		-0.3754	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.7573	5.6731	0.6012	5.787	0.6845	2.4304
		$\hat{\beta}_1$	-3.5561		-3.5673		-0.6014	
		$\hat{\beta}_2$	-3.2182		-3.0851		-0.5271	
40	10	$\hat{\beta}_0$	0.9071	1.0342	0.8215	0.0631	1.2771	0.6684
		$\hat{\beta}_1$	-2.2138		-0.8449		-0.2991	
		$\hat{\beta}_2$	-1.8223		-0.8923		-0.3062	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.7621	2.8833	0.5370	0.9111	0.6856	0.8038
		$\hat{\beta}_1$	-3.0461		-1.4247		-0.3025	
		$\hat{\beta}_2$	-2.5900		-1.2079		-0.3455	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.6749	4.8224	0.5188	5.0192	0.2735	1.285
		$\hat{\beta}_1$	-3.5670		-3.6973		-0.5868	
		$\hat{\beta}_2$	-3.2659		-3.1663		-0.4950	
60	10	$\hat{\beta}_0$	0.8482	0.9952	0.7567	0.0582	1.1659	0.5346
		$\hat{\beta}_1$	-2.2795		-0.8694		-0.2940	
		$\hat{\beta}_2$	-1.8401		-0.8984		-0.3090	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.7332	2.6719	0.4540	0.6471	0.5803	0.6016
		$\hat{\beta}_1$	-3.0564		-1.2332		-0.4115	
		$\hat{\beta}_2$	-2.5928		-1.0849		-0.3677	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.7332	4.544	0.4639	4.6988	0.1592	0.9682
		$\hat{\beta}_1$	-3.0564		-3.7118		-0.5402	
		$\hat{\beta}_2$	-2.5928		-3.1830		-0.4881	

n	Outliers (%)	$\hat{\beta}_i$	OLS		การประมาณค่า M		FRR	
			P.E.	$MSE(\beta)$	P.E.	$MSE(\beta)$	P.E.	$MSE(\beta)$
80	10	$\hat{\beta}_0$	0.8143	0.9692	0.7179	0.0572	1.0955	0.4914
		$\hat{\beta}_1$	-2.2923		-0.8533		-0.2859	
		$\hat{\beta}_2$	-1.8562		-0.8995		-0.3015	
	20	$\hat{\beta}_0$	0.6854	2.6549	0.4175	0.4818	0.5454	0.5582
		$\hat{\beta}_1$	-3.1035		-1.0901		-0.3668	
		$\hat{\beta}_2$	-2.6051		-1.0115		-0.3657	
	30	$\hat{\beta}_0$	0.6217	4.6114	0.4629	4.7781	0.0733	0.9066
		$\hat{\beta}_1$	-3.6852		-3.7993		-0.5354	
		$\hat{\beta}_2$	-3.2942		-3.2011		-0.4881	

ภาพที่ 1 เปรียบเทียบค่า MSE เมื่อ $n=$20 40 60 และ 80 ระหว่างวิธี OLS การประมาณค่า M และ FRR โดยกำหนดให้ $\beta_0=\beta_1=\beta_2=1$ สำหรับค่ากำหนดค่านอกเกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ 10% 20% และ 30%



ภาพที่ 2 เปรียบเทียบค่า MSE เมื่อ $n=$20 40 60 และ 80 ระหว่างวิธี OLS การประมาณค่า M และ FRR โดยกำหนดให้ $\beta_0=1$ $\beta_1=-1$ $\beta_2=-1$ สำหรับค่ากำหนดค่านอกเกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ 10% 20% และ 30%

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Susanti และคณะ[8] ที่พบว่าวิธีการประมาณค่า M มีประสิทธิภาพดีในการจัดการกับค่านอกเกณฑ์ในปริมาณปานกลาง เนื่องจากฟังก์ชัน Tukey's bisquare สามารถลดน้ำหนักของค่าสังเกตที่มีค่าส่วนที่เหลือขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เมื่อสัดส่วนค่านอกเกณฑ์เพิ่มสูงขึ้นถึง 30% วิธี M-estimation มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบมากขึ้น

สำหรับวิธีการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง การที่วิธีนี้ให้ผลดีกว่าในกรณีที่มีค่านอกเกณฑ์สูง (30%) เป็นเพราะฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ช่วยให้แบบจำลองมีความยืดหยุ่นในการจัดการกับความไม่แน่นอนในข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Kula และคณะ[6] ที่เสนอว่าวิธี FRR มีความได้เปรียบเมื่อข้อมูลมีความไม่แน่นอนสูง

ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่า MSE มีแนวโน้มลดลงในสถานการณ์ที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวยังไม่เพียงพอที่จะสรุปคุณสมบัติเชิงทฤษฎีด้าน consistency ของตัวประมาณค่า จำเป็นต้องศึกษาภายใต้ขนาดตัวอย่างที่มากกว่านี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่า M (M-estimation) และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่ง (Robust Fuzzy Regression: FRR) สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ เมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ระดับรุนแรงในตัวแปรตาม โดยใช้การจำลองข้อมูลภายใต้สัดส่วนค่านอกเกณฑ์ร้อยละ 10, 20 และ 30 และขนาดตัวอย่าง 20, 40, 60 และ 80 พร้อมประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squared Error: MSE)

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ในระดับต่ำ (10%) วิธีการประมาณค่า M ให้ค่า MSE ต่ำที่สุดในทุกขนาดตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้ดีกว่าในกรณีที่ข้อมูลมีการปนเปื้อนของค่านอกเกณฑ์ไม่มาก สำหรับกรณีที่สัดส่วนค่านอกเกณฑ์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 20 วิธีการประมาณค่า M และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งให้ผลการประมาณค่าที่ใกล้เคียงกัน และมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (OLS) อย่างชัดเจน ขณะที่เมื่อสัดส่วนค่านอกเกณฑ์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 การถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งให้ค่า MSE ต่ำกว่าวิธีการประมาณค่า M และ OLS ในทุกขนาดตัวอย่าง สะท้อนให้เห็นว่าการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งมีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อข้อมูลมีความไม่แน่นอนและมีค่านอกเกณฑ์ในระดับสูง

นอกจากนี้ ผลการจำลองยังแสดงให้เห็นว่า เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น ค่า MSE ของวิธีการประมาณค่าทั้งสองมีแนวโน้มลดลงในสถานการณ์ที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวเป็นเพียงข้อค้นพบจากการจำลองข้อมูลภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และยังไม่เพียงพอที่จะสรุปถึงคุณสมบัติทางทฤษฎี เช่น ความคงเส้นคงวา (Consistency) ของตัวประมาณ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาภายใต้ขนาดตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้นและเงื่อนไขการจำลองที่หลากหลายมากขึ้น

จึงอาจกล่าวได้ว่า วิธีการประมาณค่า M เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง ขณะที่การถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งมีความเหมาะสมมากกว่าเมื่อข้อมูลมีค่านอกเกณฑ์ในระดับสูง ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่มีค่านอกเกณฑ์ และมีศักยภาพในการ

ประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริง โดยเฉพาะข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ ข้อมูลชีวสถิติ ข้อมูลระบาดวิทยา และข้อมูลผู้สูงอายุ ซึ่งมักพบความไม่แน่นอนและค่านอกเกณฑ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล อันจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์และสนับสนุนการตัดสินใจด้านการแพทย์และสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยในอนาคตควรขยายขอบเขตการศึกษาจากข้อมูลจำลองไปสู่การประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริง เพื่อประเมินประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่า M และการถดถอยฟัซซี่แบบแกร่งภายใต้สถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลด้านสุขภาพและสาธารณสุข ซึ่งมักพบทั้งความไม่แน่นอนของข้อมูลและค่านอกเกณฑ์จากการวัดหรือการบันทึกข้อมูล เช่น ข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Health Records: EHRs) ข้อมูลชีวสถิติ ข้อมูลระบาดวิทยา ข้อมูลผู้สูงอายุ และข้อมูลจากการติดตามผลทางคลินิก (Clinical Follow-up Data) การศึกษากับข้อมูลจริงจะช่วยยืนยันความสามารถของวิธีการในการลดอิทธิพลของค่านอกเกณฑ์ เพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ และสนับสนุนการตัดสินใจด้านการแพทย์ การเฝ้าระวังโรค และการกำหนดนโยบายด้านสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ควรศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าภายใต้ลักษณะข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น โดยพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลที่แตกต่างจากการแจกแจงแบบปกติ เช่น t-distribution, การแจกแจงแบบเบ้ (Skewed Distribution) หรือการแจกแจงที่มีหางหนา (Heavy-tailed Distribution) ซึ่งพบได้บ่อยในข้อมูลจริง รวมทั้งควรศึกษากรณีที่ข้อมูลมีทั้ง response outliers และ high leverage points เกิดขึ้นพร้อมกันเพื่อประเมินความสามารถของวิธีการประมาณค่าในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงมากยิ่งขึ้น

อีกทั้ง ยังควรเปรียบเทียบกับวิธีการถดถอยแบบแกร่งอื่น ๆ เช่น S-estimation, MM-estimation, Least Trimmed Squares (LTS) และวิธีการประมาณค่าแบบ Least Absolute Deviations (LAD) เพื่อศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละวิธีภายใต้ระดับการปนเปื้อนของข้อมูลที่แตกต่างกัน รวมทั้งเพิ่มตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการประเมินผล เช่น Mean Absolute Error (MAE), Median Absolute Deviation (MAD) และ Root Mean Squared Error (RMSE) เพื่อให้การเปรียบเทียบมีความครอบคลุมและสะท้อนประสิทธิภาพของแต่ละวิธีได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับการประยุกต์ใช้งานวิจัยในอนาคตอาจต่อยอดสู่การพัฒนาแบบจำลองสำหรับระบบวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพและระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก (Clinical Decision Support Systems: CDSS) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Health Data) ซึ่งมีลักษณะข้อมูลที่ซับซ้อน มีความไม่แน่นอน และมีค่านอกเกณฑ์จำนวนมากการเลือกใช้วิธีการประมาณค่าที่มีความแกร่งต่อค่านอกเกณฑ์จะช่วยเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง ลดความเอนเอียงของค่าประมาณ และเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวินิจฉัยโรค การประเมินความเสี่ยง การติดตามผลการรักษา และการวางแผนเชิงนโยบายด้านสุขภาพในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. กัลยา บุญหล้า, ลักษณารัตน์ ศรีบัว. การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเมื่อข้อมูลมีค่าผิดปกติในตัวแปรอิสระ., วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2563;29(5):741-51.
2. Osborne JW, Overbay A. The power of outliers (and why researchers should always check for them). Pract Assess Res Eval. 2004;9(6):1-12.
3. Montgomery DC, Peck EA, Vining GG. Introduction to linear regression analysis. 5th ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2012.
4. Ampanthong P, Suwattee P. Robust estimation of regression coefficients with outliers. Thailand Statistician. 2010;8(2):183-205.
5. Tanaka H, Uejima S, Asai K. Linear regression analysis with fuzzy model. IEEE Trans Syst Man Cybern. 1982;12(6):903-7.
6. Kula K, et al. A study on fuzzy robust regression and its application to insurance. Math Comput Appl. 2012;17(3):223-34.
7. Wei BC, Lin JG, Xie FC. Diagnostic statistics. Beijing: Higher Education Press; 2009.
8. Susanti Y, et al. M estimation, S estimation, and MM estimation in robust regression. Int J Pure Appl Math. 2014;91(3):349-60.
9. Tantrakul O, Payakkapong P. Comparison of robust regression methods in multiple linear regression model. Nat Grad Res Conf. 2012;13(1):291-300.
10. กัลยา บุญหล้า, เมทินี ชมภูสว่าง.ความแกร่งในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณสำหรับค่าผิดปกติในตัวแปรตาม., วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 2564;30(1):81-92.

การพัฒนาและประเมินแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน สำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK MODELS FOR PARKINSON'S DISEASE SCREENING USING SPIRAL DRAWINGS

สิรวิชญ์ กีรติพรานนท์*

SIRAVIT KEERATIPRANON

วิทยาลัยการคำนวณและวิทยาการข้อมูล*

College of Computing and Data Science,

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีนันยาง ประเทศสิงคโปร์*

Nanyang Technological University, Singapore

อีเมล: s.keeratipranon@gmail.com*

บทคัดย่อ

โรคพาร์กินสันเป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาทที่ส่งผลต่อการควบคุมการเคลื่อนไหว การตรวจคัดกรองตั้งแต่ระยะเริ่มต้นมีความสำคัญต่อการวินิจฉัยและการรักษา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) สำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย และ (2) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม CNN จำนวน 5 แบบ ได้แก่ ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201 และ VGG16 ชุดข้อมูลประกอบด้วยภาพวาดก้นหอยจำนวน 365 ภาพ จากฐานข้อมูลสาธารณะ 2 แห่ง แบ่งเป็นภาพผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน 175 ภาพ และบุคคลปกติ 190 ภาพ แบบจำลองได้รับการพัฒนาด้วยเทคนิค Transfer Learning และประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธี 5-fold Cross-Validation โดยใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall, F1-score และ Confusion Matrix ผลการศึกษาพบว่า DenseNet201 ให้ค่าความแม่นยำสูงที่สุดบนชุดข้อมูลทดสอบ (Accuracy = 1.00) รองลงมาคือ ResNet50 และ DenseNet121 (Accuracy = 0.95) ส่วน ResNet34 และ VGG16 มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.90 อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบกับข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างจากชุดข้อมูลฝึก VGG16 สามารถรักษาประสิทธิภาพได้ดีกว่าแบบจำลองอื่น และให้ผลดีที่สุดกับชุดข้อมูลจำลองการใช้งานจริง (Accuracy = 0.81) ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CNN มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย โดยการเลือกแบบจำลองควรพิจารณาทั้งความแม่นยำและความสามารถในการรองรับข้อมูลที่มีความหลากหลาย เพื่อสนับสนุนการพัฒนาระบบคัดกรองด้วยปัญญาประดิษฐ์ในอนาคต

คำสำคัญ: โรคพาร์กินสัน, ภาพวาดก้นหอย, โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน, การเรียนรู้เชิงลึก, การตรวจคัดกรองโรค

Abstract

Parkinson's disease (PD) is a progressive neurodegenerative disorder that impairs motor function. Early screening is essential for timely diagnosis and treatment. This study aimed to (1) develop a Convolutional Neural Network (CNN)-based model for Parkinson's disease screening using spiral drawing images and (2) compare the performance of five CNN architectures: ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201, and VGG16. The dataset consisted of 365 spiral drawing images collected from two publicly available databases, including 175 images from patients with Parkinson's disease and 190 images from healthy individuals. Transfer learning was employed to develop the models, and their performance was evaluated using five-fold cross-validation with Accuracy, Precision, Recall, F1-score, and Confusion Matrix as evaluation metrics. The results showed that DenseNet201 achieved the highest accuracy on the test dataset (Accuracy = 1.00), followed by ResNet50 and DenseNet121 (Accuracy = 0.95), while ResNet34 and VGG16 achieved an accuracy of 0.90. However, when evaluated on data with characteristics different from the training dataset, VGG16 demonstrated the best generalization performance, achieving an accuracy of 0.81 on the custom dataset. These findings indicate that CNN-based models have strong potential as computer-aided screening tools for Parkinson's disease using spiral drawing images. Model selection should consider not only classification accuracy but also generalization capability to support reliable real-world applications.

Keywords: Parkinson's disease; Spiral Drawing Test; Convolutional Neural Network (CNN); Deep Learning; Disease Screening

บทนำ

โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease: PD) เป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาทที่พบได้บ่อยเป็นอันดับสองรองจากโรคอัลไซเมอร์ เกิดจากการเสื่อมของเซลล์ประสาทที่สร้างสารโดพามีน ส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการสั่น การเคลื่อนไหวช้า กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง และการทรงตัวผิดปกติ รวมถึงอาการที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต[1] องค์การอนามัยโลก[2] รายงานว่า ในปี ค.ศ. 2019 มีผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมากกว่า 8.5 ล้านคนทั่วโลก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การตรวจคัดกรองตั้งแต่ระยะเริ่มต้นมีความสำคัญต่อการวินิจฉัยและการรักษา

ปัจจุบัน การวินิจฉัยโรคจำเป็นต้องอาศัยการประเมินจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเป็นหลัก ซึ่งอาจทำได้ยากในระยะเริ่มต้นของโรคหรือในพื้นที่ที่ขาดแคลนแพทย์เฉพาะทาง[3] การทดสอบการวาดภาพก้นหอย (Spiral Drawing Test) จึงได้รับความสนใจในฐานะเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้น เนื่องจากสามารถสะท้อนความผิดปกติของการเคลื่อนไหวผ่านลักษณะของเส้นที่สั่นและไม่สม่ำเสมอได้[4]

ในช่วงที่ผ่านมา โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ และมีรายงานว่าสามารถจำแนกภาพวาดก้นหอยของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันได้อย่างมีประสิทธิภาพ[5-7] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาใช้สถาปัตยกรรม CNN ที่แตกต่างกัน ทำให้ผลลัพธ์มีความหลากหลายและยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนว่าสถาปัตยกรรมใดเหมาะสมที่สุดสำหรับงานนี้

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม CNN จำนวน 5 แบบ ได้แก่ ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201 และ VGG16 เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองโรคพาร์กินสัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) สำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม CNN ได้แก่ ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201 และ VGG16 ในการจำแนกภาพวาดก้นหอยของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันและบุคคลปกติ

การทบทวนวรรณกรรม

โรคพาร์กินสันเป็นโรคความเสื่อมของระบบประสาทที่ส่งผลกระทบต่อการควบคุมการเคลื่อนไหว โดยมีสาเหตุสำคัญจากการเสื่อมของเซลล์ประสาทที่สร้างสารโดพามีนในบริเวณ substantia nigra ของสมอง ผู้ป่วยมักแสดงอาการสั่นขณะพัก การเคลื่อนไหวช้า กล้ามเนื้อแข็งเกร็ง และความผิดปกติของการทรงตัว ซึ่งส่งผลต่อการดำเนินชีวิตประจำวันและคุณภาพชีวิตอย่างมาก[1] ด้วยเหตุนี้ การตรวจคัดกรองตั้งแต่ระยะเริ่มต้น

จึงมีความสำคัญ เนื่องจากช่วยให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาและการดูแลอย่างเหมาะสม ลดความรุนแรงของอาการและชะลอการดำเนินของโรคได้

วิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับในการประเมินความผิดปกติของการเคลื่อนไหว คือ การทดสอบการวาดภาพก้นหอย (Spiral Drawing Test) ซึ่งเป็นการประเมินการทำงานร่วมกันของสมอง ระบบประสาท การมองเห็น และกล้ามเนื้อมัดเล็กของมือ ผู้ป่วยโรคพาร์กินสันมักมีลักษณะเส้นที่สั่น ไม่สม่ำเสมอ และเบี่ยงเบนจากแนวเส้นมากกว่าบุคคลปกติ จึงทำให้ภาพวาดก้นหอยสามารถใช้เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการตรวจคัดกรองโรคได้[4] นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาชุดข้อมูลมาตรฐาน เช่น HandPD Dataset ซึ่งประกอบด้วยภาพวาดก้นหอยและภาพเส้นวกไปมาจากผู้ป่วยและบุคคลปกติ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องในงานวิจัยด้านนี้[8]

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network: CNN) ได้รับการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถเรียนรู้คุณลักษณะของภาพได้โดยอัตโนมัติ ลดข้อจำกัดของการออกแบบตัวแปรเชิงคุณลักษณะด้วยผู้เชี่ยวชาญ และให้ประสิทธิภาพสูงในการจำแนกข้อมูลภาพ[5] นอกจากนี้ Pereira et al.[6] และ Li et al.[9] รายงานว่าแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกสามารถจำแนกข้อมูลลายมือและภาพวาดของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองโรค

จากความก้าวหน้าของเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ได้มีการพัฒนาสถาปัตยกรรม CNN ในหลายรูปแบบ เช่น VGG, ResNet และ DenseNet ซึ่งแต่ละสถาปัตยกรรมมีโครงสร้างและกลไกการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกข้อมูลแตกต่างกันตามลักษณะของชุดข้อมูล ซึ่งงานวิจัยของ Huang et al.[7] ก็ได้ทำการเปรียบเทียบแบบจำลองหลายสถาปัตยกรรมสำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอยและภาพเส้นคลื่น พบว่าแบบจำลองแต่ละชนิดให้ผลลัพธ์แตกต่างกัน และไม่มีสถาปัตยกรรมใดที่เหมาะสมกับทุกชุดข้อมูล จึงควรเลือกแบบจำลองให้สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

อีกทั้ง งานวิจัยที่ผ่านมายังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ CNN ในการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันได้ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษายังคงมีความแตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละงานใช้ชุดข้อมูล วิธีการเตรียมข้อมูล และสถาปัตยกรรมของแบบจำลองที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนว่าสถาปัตยกรรมใดให้ประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับการจำแนกภาพวาดก้นหอย ดังนั้น การพัฒนาแบบจำลอง CNN และการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรมหลายรูปแบบภายใต้ชุดข้อมูลและกระบวนการประเมินเดียวกัน จึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมและสนับสนุนการพัฒนาเครื่องมือช่วยตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันที่มีประสิทธิภาพในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

ชุดข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้ชุดข้อมูลภาพวาดก้นหอย (Spiral Drawing Dataset) จากฐานข้อมูลสาธารณะจำนวน 2 แหล่ง ได้แก่ Parkinson's Drawings Dataset จาก Kaggle และ HandPD Dataset จาก Universidade Estadual Paulista (UNESP) ประเทศบราซิล ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ได้รับการยอมรับและนำมาใช้ในงานวิจัยด้านการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันอย่างแพร่หลาย[8]

ชุดข้อมูลประกอบด้วยภาพวาดก้นหอยของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันจำนวน 175 ภาพ และบุคคลปกติจำนวน 190 ภาพ รวมทั้งสิ้น 365 ภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนภาพจากแต่ละแหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูล	ผู้ป่วย (Patient)	บุคคลปกติ (Healthy)	รวม
Kaggle	51	51	102
HandPD	124	139	263
รวม	**175**	**190**	**365**

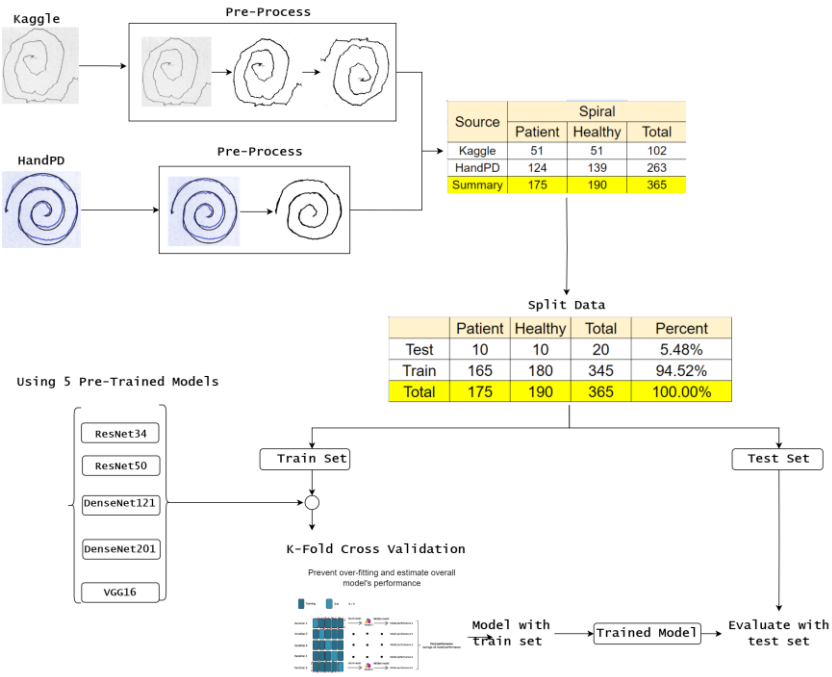
การเตรียมข้อมูล

เนื่องจากชุดข้อมูลรวบรวมมาจากหลายแหล่ง จึงมีความแตกต่างของพื้นหลัง ความละเอียดของภาพและลักษณะเส้น ผู้วิจัยจึงดำเนินการเตรียมข้อมูลก่อนการฝึกแบบจำลอง ดังนี้

- ลบเส้นต้นแบบ (Template Removal) สำหรับภาพจากชุดข้อมูล HandPD
- แปลงภาพเป็นภาพขาวดำ (Binary Image)
- กำจัดสัญญาณรบกวนของภาพ (Noise Removal)
- ปรับทิศทางของภาพให้เป็นมาตรฐาน (Image Rotation)
- ปรับขนาดภาพเป็น 224 × 224 พิกเซล เพื่อให้เหมาะสมกับแบบจำลอง CNN

หลังจากเตรียมข้อมูลแล้ว แบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึก (Training Set) จำนวน 345 ภาพ (94.52%) และชุดทดสอบ (Test Set) จำนวน 20 ภาพ (5.48%)

โดยภาพรวมของกระบวนการพัฒนาแบบจำลองแสดงในภาพที่ 1 เริ่มจากการเตรียมข้อมูลจากทั้งสองแหล่ง การแบ่ง ชุดฝึกและชุดทดสอบ การฝึกด้วยสถาปัตยกรรมที่ผ่านการฝึกมาก่อน (pre-trained model) หลายแบบร่วมกับการ ตรวจสอบแบบ k-Fold Cross-Validation และการประเมินผลกับชุดทดสอบ



ภาพที่ 1 ภาพรวมกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง ตั้งแต่การเตรียมข้อมูลจนถึงการประเมินผล

การพัฒนาแบบจำลอง (CNN Models)

การศึกษานี้ใช้เทคนิค Transfer Learning โดยเลือกแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันที่ผ่านการฝึกด้วยฐานข้อมูล ImageNet จำนวน 5 สถาปัตยกรรม ได้แก่ ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201, VGG16 แบบจำลองทุกสถาปัตยกรรมได้รับการปรับแต่งชั้นสุดท้าย (Fine-tuning) ให้เหมาะสมกับการจำแนกข้อมูลแบบ 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (Patient) และบุคคลปกติ (Healthy) เพื่อประเมินเสถียรภาพของแบบจำลอง ใช้วิธี 5-fold Cross-Validation กับชุดข้อมูลฝึก โดยกำหนดจำนวนรอบการเรียนรู้ (Epochs) เท่ากับ 40 รอบ ก่อนประเมินประสิทธิภาพด้วยชุดข้อมูลทดสอบ

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ประสิทธิภาพของแบบจำลองประเมินจากชุดข้อมูลทดสอบ โดยใช้ตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall, F1-score, Confusion Matrix นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้ง 5 สถาปัตยกรรม เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการตรวจคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย

การทดสอบการใช้งานของแบบจำลอง

ภายหลังการพัฒนาแบบจำลอง ผู้วิจัยได้นำแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดไปพัฒนาเป็นระบบต้นแบบบนเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวาดภาพก้นหอยผ่านอุปกรณ์ดิจิทัลและรับผลการจำแนกแบบอัตโนมัติ โดยระบบจะแสดงผลการจำแนกเป็นผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (Patient) หรือบุคคลปกติ (Healthy) พร้อมค่าความน่าจะเป็นของผลการทำนาย

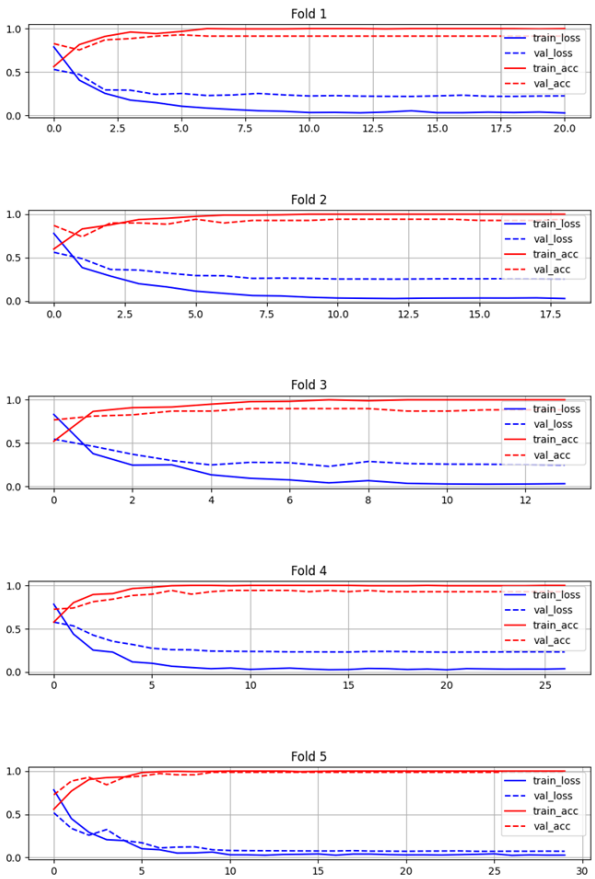
การเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์

เพื่อประเมินศักยภาพของแบบจำลองเทียบกับการวินิจฉัยในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ให้แพทย์ทั่วไป (general physician) จำนวน 20 คน ซึ่งเป็นแพทย์เวชปฏิบัติทั่วไป ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทวิทยา ทำการประเมินภาพวาดก้นหอยชุดเดียวกันกับชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) จำนวน 20 ภาพ โดยแพทย์แต่ละท่านไม่ทราบผลการวินิจฉัยจริงมาก่อน (blinded) และให้ผลการจำแนกเป็นผู้ป่วยหรือบุคคลปกติเพียงอย่างเดียว จากนั้นคำนวณค่าความแม่นยำเฉลี่ยของแพทย์ทั้งหมดเพื่อใช้เป็นเส้นฐาน (baseline) สำหรับเปรียบเทียบกับแบบจำลอง CNN ทั้งนี้ การเปรียบเทียบดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสะท้อนศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ในบริบทที่ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง มิใช่เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานการวินิจฉัยของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ (neurologist)

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน

ผู้วิจัยพัฒนาแบบจำลอง CNN จำนวน 5 สถาปัตยกรรม ได้แก่ ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201 และ VGG16 โดยใช้เทคนิค Transfer Learning และประเมินเสถียรภาพด้วยวิธี 5-fold Cross-Validation ผลการฝึกพบว่าทุกแบบจำลองมีค่า Accuracy เพิ่มขึ้นและค่า Loss ลดลงอย่างต่อเนื่องจนคงที่ สะท้อนว่าแบบจำลองสามารถเรียนรู้ข้อมูลได้อย่างมีเสถียรภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลการทำ k-Fold Cross-Validation (แบ่งชุดฝึกเป็น 5 ส่วน ฝึก 40 epochs)

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

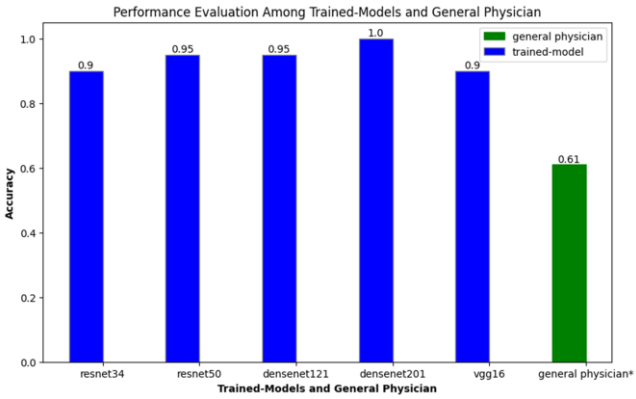
เมื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) จำนวน 5 สถาปัตยกรรม ได้แก่ ResNet34, ResNet50, DenseNet121, DenseNet201 และ VGG16 ด้วยชุดข้อมูลทดสอบ พบว่าทุกแบบจำลองมีความสามารถในการจำแนกภาพในระดับสูง โดยมีค่าความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ระหว่าง 0.90–1.00 ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง CNN

แบบจำลอง	Accuracy
ResNet34	0.90
ResNet50	0.95
DenseNet121	0.95
DenseNet201	1.00
VGG16	0.90
แพทย์ทั่วไป	0.61

จากผลการทดลอง พบว่า DenseNet201 ให้ค่าความแม่นยำสูงที่สุด (Accuracy = 1.00) รองลงมาคือ ResNet50 และ DenseNet121 (Accuracy = 0.95) ส่วน ResNet34 และ VGG16 มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.90 ดังแสดงในตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม เนื่องจากชุดข้อมูลทดสอบมีเพียง 20 ภาพ ผลลัพธ์ดังกล่าวจึงควรตีความด้วยความระมัดระวัง และควรมีการประเมินเพิ่มเติมด้วยชุดข้อมูลอิสระที่มีขนาดใหญ่และหลากหลาย เพื่อยืนยันความสามารถในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

และเมื่อเปรียบเทียบผลกับแพทย์ทั่วไปจำนวน 20 คน ซึ่งพบว่ามีค่าความแม่นยำเฉลี่ย 0.61 (61%) ดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่าแบบจำลอง CNN ทุกสถาปัตยกรรมให้ผลการจำแนกที่แม่นยำกว่า สะท้อนถึงศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ในการเป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองเบื้องต้น อย่างไรก็ตาม แบบจำลองยังไม่ควรใช้ทดแทนการวินิจฉัยโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญจนกว่าจะได้รับการประเมินเพิ่มเติมในประชากรที่หลากหลาย



ภาพที่ 3 เปรียบเทียบความแม่นยำ จำแนกตามแบบจำลองและแพทย์ทั่วไป (general physician)

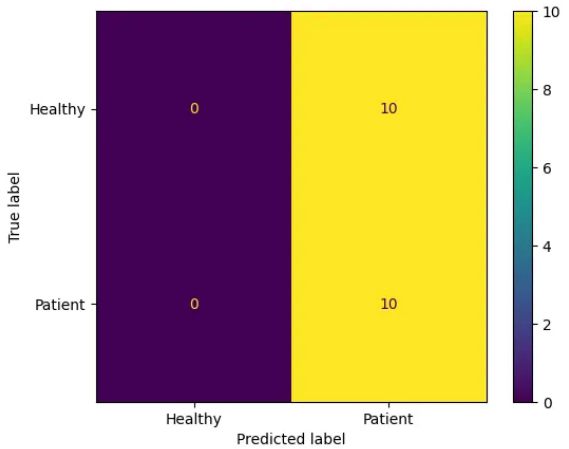
ผลการทดสอบการใช้งานกับข้อมูลใหม่

เพื่อประเมินความสามารถในการประยุกต์ใช้จริง ผู้วิจัยทดสอบแบบจำลองด้วยภาพวาดก้นหอยจาก Electronic Pen ซึ่งมีคุณภาพแตกต่างจากชุดข้อมูลฝึก ผลการทดลองพบว่าความแม่นยำของทุกแบบจำลอง

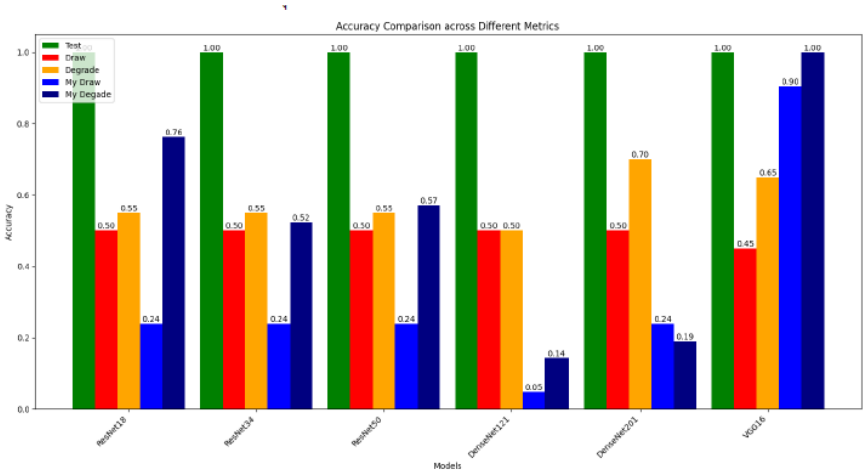
ลดลงเหลือประมาณ 0.50 และจาก Confusion Matrix พบว่าส่วนใหญ่จำแนกภาพเป็นผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน ดังแสดงในภาพที่ 4 และเมื่อปรับคุณภาพของภาพให้ใกล้เคียงกับชุดข้อมูลฝึก ความแม่นยำของทุกแบบจำลองเพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 5 โดย VGG16 ให้ผลดีที่สุด (Accuracy = 0.81) แสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการรองรับข้อมูลที่แตกต่างจากชุดข้อมูลฝึกได้ดีกว่าแบบจำลองอื่น

จากการเปรียบเทียบลักษณะของภาพ พบว่าภาพจาก Electronic Pen มีความคมชัดและความละเอียดสูงกว่าชุดข้อมูลฝึก ผู้วิจัยจึงปรับลดคุณภาพของภาพให้ใกล้เคียงกับชุดข้อมูลเดิม ดังแสดงในภาพที่ 6

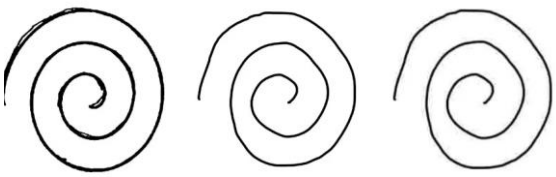
ผลการทดลอง พบว่า หลังปรับคุณภาพของภาพ ความแม่นยำของทุกแบบจำลองเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3 โดย VGG16 ให้ผลดีที่สุด (Accuracy = 0.81) สะท้อนว่าคุณภาพของภาพมีผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง



ภาพที่ 4 Confusion Matrix เมื่อทดสอบกับภาพจากปากกาอิเล็กทรอนิกส์ (ทำนายเป็น Patient ทั้งหมด)



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบความแม่นยำของแต่ละโมเดล เมื่อทดสอบกับ test set ต่าง ๆ



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบภาพต้นฉบับ (ซ้าย) ภาพจากปากกาอิเล็กทรอนิกส์ (กลาง) และภาพที่ลดคุณภาพลง (ขวา)

สรุปผลการเปรียบเทียบแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองในทุกเงื่อนไขการทดสอบ พบว่าแบบจำลองทุกสถาปัตยกรรมให้ผลการจำแนกที่ดีในชุดข้อมูลฝึกและชุดข้อมูลทดสอบ อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบกับชุดข้อมูลที่จำลองการใช้งานจริง (Custom) ประสิทธิภาพของแบบจำลองส่วนใหญ่ลดลง ขณะที่ VGG16 ยังคงให้ผลดีที่สุด (Accuracy = 0.81) ดังแสดงในตารางที่ 3 สะท้อนถึงความสามารถในการรองรับข้อมูลที่แตกต่างจากชุดข้อมูลฝึก (generalizability) ได้ดีกว่าแบบจำลองอื่น จึงได้รับการคัดเลือกเป็นแบบจำลองหลักสำหรับการพัฒนาระบบต้นแบบ

ตารางที่ 3 ความแม่นยำของแบบจำลองในแต่ละเงื่อนไขการทดสอบ

เงื่อนไข	ResNet34	ResNet50	DenseNet121	DenseNet201	VGG16
Training	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Test	0.90	0.95	0.95	1.00	0.90
Electronic Pen	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Electronic Pen (Degraded)	0.55	0.55	0.55	0.50	0.55
Custom	0.05	0.19	0.14	0.24	0.81
Custom (Degraded)	0.73	1.00	0.67	0.86	1.00

อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) ทุกสถาปัตยกรรมสามารถจำแนกภาพวาดก้นหอยของผู้ป่วยโรคพาร์กินสันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 0.90–1.00 ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ LeCun et al.[5] ที่อธิบายว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันสามารถเรียนรู้คุณลักษณะเชิงพื้นที่ของภาพได้โดยอัตโนมัติ จึงมีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์และจำแนกภาพทางการแพทย์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากชุดข้อมูลทดสอบของการศึกษานี้มีเพียง 20 ภาพ ผลการจำแนกที่มีค่าความถูกต้องสูง โดยเฉพาะแบบจำลอง DenseNet201 ที่มีค่าความแม่นยำร้อยละ 100 ควรตีความด้วยความระมัดระวัง และควรได้รับการยืนยันเพิ่มเติมด้วยชุดข้อมูลอิสระที่มีขนาดใหญ่และหลากหลายก่อนนำไปประยุกต์ใช้จริง

DenseNet201 ให้ค่าความแม่นยำสูงที่สุดบนชุดข้อมูลทดสอบ ซึ่งอาจอธิบายได้จากโครงสร้างแบบ Dense Connectivity ที่ช่วยให้มีการถ่ายทอดและใช้คุณลักษณะร่วมกันระหว่างชั้นของโครงข่าย ส่งผลให้สามารถเรียนรู้รายละเอียดของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ[10] อย่างไรก็ตาม เมื่อประเมินด้วยข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างจากชุดข้อมูลฝึก พบว่า VGG16 กลับให้ผลการจำแนกที่ดีกว่าแบบจำลองอื่น โดยมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.81 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ให้ผลดีที่สุดบนชุดข้อมูลทดสอบ ไม่จำเป็นต้องมีความสามารถในการประยุกต์ใช้กับข้อมูลใหม่ (generalization) ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ Huang et al.[7] ที่รายงานว่าประสิทธิภาพของสถาปัตยกรรม CNN ขึ้นอยู่กับลักษณะของชุดข้อมูล และไม่มีแบบจำลองใดที่เหมาะสมกับทุกสถานการณ์

ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าคุณภาพของภาพมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยเมื่อปรับคุณภาพของภาพจาก Electronic Pen ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับชุดข้อมูลฝึก ความแม่นยำของทุก

แบบจำลองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน สะท้อนให้เห็นว่าความสอดคล้องระหว่างข้อมูลฝึกและข้อมูลทดสอบมีผลต่อประสิทธิภาพของการจำแนก ซึ่งสอดคล้องกับ Shorten และ Khoshgoftaar[11] ที่ระบุว่าคุณภาพของข้อมูลและขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก

เมื่อพิจารณา Confusion Matrix ของชุดข้อมูล Electronic Pen (ภาพที่ 4) พบว่าแบบจำลองทุกสถาปัตยกรรมทำนายภาพทั้งหมดเป็นผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน (Patient) โดยไม่มีการจำแนกเป็นบุคคลปกติแม้แต่ภาพเดียว ส่งผลให้ค่าความแม่นยำอยู่ที่ประมาณ 0.50 ซึ่งมิได้สะท้อนถึงความสามารถในการจำแนกที่แท้จริง แต่เกิดจากการที่แบบจำลองมีความเอนเอียงต่อการทำนายเพียงกลุ่มเดียว (prediction bias) ปรากฏการณ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่าแบบจำลองยังไม่สามารถสรุปคุณลักษณะ (generalize) ไปยังข้อมูลที่มีการกระจายตัวแตกต่างจากชุดข้อมูลฝึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่แบบจำลองเรียนรู้ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์หรือกระบวนการเก็บข้อมูล (device-specific artifacts) มากกว่าคุณลักษณะทางคลินิกของลายเส้นที่เกี่ยวข้องกับโรคพาร์กินสัน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการพัฒนาเพิ่มเติม โดยเฉพาะการเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลฝึกจากอุปกรณ์หลายประเภท การใช้เทคนิคการปรับโดเมนของข้อมูล (domain adaptation) หรือการทำ data augmentation เพื่อเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้กับข้อมูลจริง

แม้ผลการศึกษาจะแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CNN มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองโรคพาร์กินสันจากภาพวาดก้นหอย แต่ก่อนนำไปใช้ในทางคลินิกควรมีการประเมินด้วยชุดข้อมูลจากหลายสถาบันและหลายอุปกรณ์ เพื่อยืนยันความสามารถในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ ควรประยุกต์ใช้เทคนิค Explainable Artificial Intelligence (XAI) เช่น Grad-CAM[12] เพื่ออธิบายบริเวณของภาพที่แบบจำลองใช้ประกอบการตัดสินใจ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความโปร่งใส ความน่าเชื่อถือ และความยอมรับในการนำระบบปัญญาประดิษฐ์ไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจทางการแพทย์

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัด ดังนี้

1. ชุดข้อมูลที่ใช้พัฒนาแบบจำลองมีจำนวนค่อนข้างจำกัด (365 ภาพ) และมาจากฐานข้อมูลสาธารณะเพียง 2 แห่ง จึงอาจยังไม่ครอบคลุมความหลากหลายของประชากร ระยะของโรค และอุปกรณ์ที่ใช้วาดภาพ
2. ชุดข้อมูลเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่เก็บรวบรวมภายใต้เงื่อนไขแตกต่างกัน ทำให้คุณภาพของภาพและลักษณะของเส้นไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลอง แม้ว่าจะมีการเตรียมข้อมูลก่อนการฝึกแล้วก็ตาม
3. แม้ DenseNet201 จะให้ค่าความถูกต้องสูงถึง 100% แต่ชุดข้อมูลทดสอบมีเพียง 20 ภาพ จึงควรตีความผลการวิจัยด้วยความระมัดระวัง และควรประเมินเพิ่มเติมด้วยชุดข้อมูลอิสระที่มีขนาดใหญ่และหลากหลาย เพื่อยืนยันความสามารถในการใช้งานจริง

4. การศึกษานี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองเป็นหลัก และยังไม่ได้ใช้เทคนิค Explainable Artificial Intelligence (XAI) เช่น Grad-CAM หรือ Saliency Map เพื่ออธิบายกระบวนการตัดสินใจของแบบจำลอง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ดังนี้

1. ควรเพิ่มจำนวนและความหลากหลายของชุดข้อมูล โดยรวบรวมภาพวาดก้นหอยจากผู้ป่วยในหลายช่วงอายุ หลายระดับความรุนแรงของโรค และจากอุปกรณ์ที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้และลดความเอนเอียงของแบบจำลอง

2. ควรศึกษาการเปรียบเทียบแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกสถาปัตยกรรมใหม่ เช่น EfficientNet, ConvNeXt, Vision Transformer (ViT) หรือ Hybrid Deep Learning Models เพื่อประเมินว่ามีประสิทธิภาพเหนือกว่าแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้หรือไม่

3. ควรประยุกต์ใช้เทคนิค Explainable Artificial Intelligence (XAI) เช่น Grad-CAM, Saliency Map หรือ SHAP เพื่ออธิบายบริเวณหรือคุณลักษณะของภาพที่แบบจำลองใช้ในการจำแนก ซึ่งจะช่วยเพิ่มความโปร่งใส ความน่าเชื่อถือ และการยอมรับในการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์

4. ควรทดสอบแบบจำลองกับข้อมูลจากการใช้งานจริง (Prospective Data) โดยเก็บข้อมูลจากโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาล รวมทั้งเชื่อมต่อกับระบบเว็บหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองโรคพาร์กินสันในสถานการณ์จริง

แหล่งข้อมูลและลิงก์ที่เกี่ยวข้อง

เว็บไซต์ทดลองใช้งาน: https://pakinsan-front.vercel.app/

ซอร์สโค้ด (GitHub): https://github.com/seensiravit/Parkinson-Early-Detection

ชุดข้อมูล: Kaggle Parkinson’s Drawings และ HandPD Dataset (UNESP)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการสนับสนุนจากโครงการ AI Builders 2024 ซึ่งได้ส่งเสริมองค์ความรู้และการพัฒนาทักษะด้านปัญญาประดิษฐ์แก่ผู้วิจัย ในการพัฒนาแบบจำลองและระบบต้นแบบ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกภาคส่วนที่มีส่วนสนับสนุนจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Bloem BR, Okun MS, Klein C. Parkinson's disease. Lancet. 2021;397(10291):2284-303. doi:10.1016/S0140-6736(21)00218-X.
2. World Health Organization. Parkinson disease [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2023 Aug 9 [cited 2026 Jul 6]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease
3. Postuma RB, Berg D, Stern M, Poewe W, Olanow CW, Oertel W, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. Mov Disord. 2015;30(12):1591-601. doi:10.1002/mds.26424.
4. Saunders-Pullman R, Derby C, Stanley K, Floyd A, Bressman S, Lipton RB, et al. Validity of spiral analysis in early Parkinson's disease. Mov Disord. 2008;23(4):531-7. doi:10.1002/mds.21874.
5. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. Nature. 2015;521(7553):436-44. doi:10.1038/nature14539.
6. Pereira CR, Weber SAT, Hook C, Rosa GH, Papa JP, Albuquerque VHC. Deep learning-aided Parkinson's disease diagnosis from handwritten dynamics. IEEE Access. 2020;8:109394-404. doi:10.1109/ACCESS.2020.3001600.
7. Huang Y, Chaturvedi K, Nayan AA, Hesamian MH, Braytee A, Prasad M. Early Parkinson's disease diagnosis through hand-drawn spiral and wave analysis using deep learning techniques. Information. 2024;15(4):220. doi:10.3390/info15040220.
8. Pereira CR, Pereira DR, Silva FA, Masieiro JP, Weber SAT, Hook C, et al. A step toward the automated diagnosis of Parkinson's disease: analyzing handwritten movements. Comput Methods Programs Biomed. 2016;136:171-80. doi:10.1016/j.cmpb.2016.08.020.
9. Li Z, Yang J, Wang Y, Cai M, Liu X, Lu K. Early diagnosis of Parkinson's disease using Continuous Convolution Network: handwriting recognition based on off-line hand drawing without template. J Biomed Inform. 2022;130:104085. doi:10.1016/j.jbi.2022.104085.
10. Huang G, Liu Z, van der Maaten L, Weinberger KQ. Densely connected convolutional networks. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR); 2017. p. 4700-8. doi:10.1109/CVPR.2017.243.
11. Shorten C, Khoshgoftaar TM. A survey on image data augmentation for deep learning. J Big Data. 2019;6:60. doi:10.1186/s40537-019-0197-0.

12. Selvaraju RR, Cogswell M, Das A, Vedantam R, Parikh D, Batra D. Grad-CAM: Visual explanations from deep networks via gradient-based localization. Int J Comput Vis. 2020;128(2):336-59. doi:10.1007/s11263-019-01228-7.

การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย

POLITICAL COMMUNICATION THROUGH SOCIAL MEDIA AND PUBLIC PARTICIPATION IN DEMOCRATIC SOCIETY

อัครมณี สมใจ*, ณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์*, จันทราวุฒิ วราสินธุ์ธนสกุล* และ สโรชินี ศิริวัฒนา*

AKARAMANEE SOMJAI, NATTACHAI AEKNARAJINDAWUT, CHANTHRAWUT WARASINTHANASAKUL, SROCHINEE SIRIWATTANA

วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University.

หลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการ*

Master of Management Program in Management Innovation

อีเมล: kramanee.so@ssru.ac.th, nattachai.ae@ssru.ac.th, warasin.job@gmail.com and srochinee.si@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัลในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้สื่อสังคมออนไลน์กลายเป็นเครื่องมือสำคัญของการสื่อสารทางการเมืองในสังคมประชาธิปไตย โดยเฉพาะการสร้างพื้นที่สาธารณะสำหรับการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย โดยอาศัยการทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบว่า สื่อสังคมออนไลน์ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารทางการเมืองจากระบบสื่อแบบดั้งเดิมที่มีลักษณะการสื่อสารทางเดียวไปสู่การสื่อสารแบบสองทางและหลายทิศทาง ส่งผลให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร แสดงความคิดเห็น และมีส่วนร่วมในกระบวนการทางการเมืองได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้สื่อสังคมออนไลน์ยังนำมาซึ่งความท้าทายสำคัญ ได้แก่ การเผยแพร่ข้อมูลเท็จ การสร้างความแตกแยกทางความคิด การบิดเบือนข้อมูล และการใช้เทคโนโลยีเพื่อชักจูงทางการเมือง ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เท่าทันสื่อดิจิทัล การพัฒนากลไกกำกับดูแลที่เหมาะสม และการสร้างวัฒนธรรมประชาธิปไตยดิจิทัล จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์สามารถสนับสนุนการพัฒนาประชาธิปไตยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คำสำคัญ: การสื่อสารทางการเมือง, สื่อสังคมออนไลน์, การมีส่วนร่วมของประชาชน, ประชาธิปไตยดิจิทัล, การเมืองออนไลน์

Abstract

Digital technological transformation in the 21st century has significantly influenced political communication, making social media a crucial instrument in democratic societies. Social media platforms have created public spaces for information dissemination, opinion exchange, and civic engagement. This academic article aims to examine the relationship between political communication through social media and public participation in democratic societies through a review of relevant literature, concepts, theories, and previous studies. The findings indicate that social media has transformed political communication from traditional one-way communication into interactive and multidirectional communication, enabling citizens to access information, express opinions, and participate in political processes more extensively. However, social media also presents significant challenges, including misinformation, political polarization, information manipulation, and digital political persuasion. Therefore, promoting digital media literacy, developing appropriate regulatory mechanisms, and fostering democratic digital culture are essential factors in ensuring that political communication through social media contributes effectively and sustainably to democratic development.

Keywords: Political Communication, Social Media, Public Participation, Digital Democracy, Online Politics

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology: ICT) ในศตวรรษที่ 21 ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญต่อโครงสร้างทางสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และวัฒนธรรมในระดับโลก ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัล โดยเฉพาะการขยายตัวของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง อุปกรณ์สื่อสารอัจฉริยะ และแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Platforms) ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารของมนุษย์จากการสื่อสารแบบดั้งเดิมซึ่งมีลักษณะเป็นการสื่อสารทางเดียว (One-way Communication) ไปสู่การสื่อสารแบบสองทางและหลายทาง (Interactive Communication) ที่มีความรวดเร็ว ไร้ข้อจำกัดด้านเวลาและพื้นที่ และเปิดโอกาสให้ผู้รับสารสามารถกลายเป็นผู้ผลิตสารได้พร้อมกัน[1]

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้สื่อสังคมออนไลน์กลายเป็นพื้นที่สาธารณะรูปแบบใหม่ (Digital Public Sphere) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และการแสดงออกทางความคิดเห็นของประชาชน โดยแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ต่าง ๆ ได้เปิดโอกาสให้บุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลจำนวนมหาศาล สื่อสารกับผู้คนจำนวนมาก และมีส่วนร่วมในประเด็นสาธารณะได้อย่างไม่เคยปรากฏมาก่อน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างอำนาจทางการสื่อสารจากการผูกขาดของสื่อกระแสหลักไปสู่การกระจายอำนาจการสื่อสารสู่ประชาชนในวงกว้าง

ในบริบททางการเมือง สื่อสังคมออนไลน์ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ส่งผลต่อกระบวนการทางประชาธิปไตยอย่างมีนัยสำคัญ โดยเปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารทางการเมือง แสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนองค์ความรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมทางการเมืองได้อย่างกว้างขวางและรวดเร็วมากขึ้น การพัฒนาดังกล่าวส่งผลให้เกิดแนวคิด "ประชาธิปไตยดิจิทัล" (Digital Democracy) ซึ่งเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน เพิ่มความโปร่งใสในการบริหารงานภาครัฐ และสร้างกระบวนการตัดสินใจทางการเมืองที่เปิดกว้างและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น[2]

สื่อสังคมออนไลน์ยังได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารทางการเมืองจากระบบการสื่อสารแบบลำดับชั้นไปสู่ระบบเครือข่าย (Networked Communication) ซึ่งเปิดโอกาสให้ประชาชน นักการเมือง พรรคการเมือง ภาคประชาสังคม และองค์กรต่าง ๆ สามารถสื่อสารและมีปฏิสัมพันธ์กันได้โดยตรง ส่งผลให้การสื่อสารทางการเมืองมีความเป็นประชาธิปไตยมากขึ้น และช่วยลดข้อจำกัดด้านทรัพยากรและต้นทุนในการสื่อสารทางการเมือง

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์มีบทบาทเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกระบวนการเลือกตั้ง การรณรงค์หาเสียง การเคลื่อนไหวทางสังคม การเรียกร้องสิทธิพลเมือง การกำหนดวาระสาธารณะ และการสร้างความตระหนักรู้ทางการเมือง โดยเฉพาะการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ทางการเมืองในหลายประเทศที่สะท้อนให้เห็นถึงพลังของสื่อดิจิทัลในการระดมมวลชนและขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและการเมือง ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนไหวทางสังคมผ่านเครือข่ายออนไลน์ การรณรงค์ทางการเมืองผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล และการมีส่วนร่วมของประชาชนผ่านระบบอิเล็กทรอนิกส์

นอกจากนี้ สื่อสังคมออนไลน์ยังช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน (Political Participation) ในหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการติดตามข่าวสารทางการเมือง การแสดงความคิดเห็น การแบ่งปันข้อมูล การเข้าร่วมกิจกรรมรณรงค์ การลงชื่อสนับสนุนข้อเสนอเชิงนโยบาย การร่วมอภิปรายประเด็นสาธารณะ และการเข้าร่วมกิจกรรมทางการเมืองทั้งในโลกออนไลน์และโลกออฟไลน์ ส่งผลให้ประชาชนมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในกระบวนการทางประชาธิปไตย และสามารถตรวจสอบการทำงานของภาครัฐได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสื่อสังคมออนไลน์จะสร้างโอกาสในการขยายพื้นที่ประชาธิปไตยและเพิ่มการมีส่วนร่วมของประชาชน แต่การพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวก็นำมาซึ่งความท้าทายและผลกระทบเชิงลบหลายประการเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะปัญหาการเผยแพร่ข่าวปลอม (Fake News) ข้อมูลบิดเบือน (Disinformation) และข้อมูลที่สร้างความเข้าใจผิด (Misinformation) ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อการรับรู้ การตัดสินใจ และพฤติกรรมทางการเมืองของประชาชนได้อย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ การทำงานของอัลกอริทึมบนแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ยังอาจนำไปสู่ปรากฏการณ์ "ห้องสะท้อนเสียง" (Echo Chamber) และ "ฟองกรองข้อมูล" (Filter Bubble) ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานได้รับข้อมูลที่สอดคล้องกับความเชื่อและความคิดเห็นของตนเองเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดการแบ่งขั้วทางการเมือง (Political Polarization) และลดโอกาสในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ระหว่างกลุ่มที่มีความคิดเห็นแตกต่างกัน[3]

อีกทั้งยังพบว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์ในทางการเมืองอาจถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการชักจูงความคิดเห็นของประชาชน การบิดเบือนข้อมูล การสร้างกระแสทางการเมือง และการแทรกแซงกระบวนการประชาธิปไตยผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากในวงวิชาการและสังคมระหว่างประเทศในปัจจุบัน

ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว การศึกษาบทบาทของการสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำความเข้าใจพลวัตของประชาธิปไตยในยุคดิจิทัล ตลอดจนการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน การพัฒนาระบบการสื่อสารทางการเมืองที่มีประสิทธิภาพ และการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อประโยชน์สาธารณะอย่างยั่งยืน

ดังนั้น บทความวิชาการฉบับนี้จึงมุ่งศึกษาบทบาทของการสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์ที่มีต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย โดยวิเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนศึกษาถึงโอกาส ผลกระทบ ข้อจำกัด และความท้าทายของการสื่อสารทางการเมืองในยุคดิจิทัล เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาระบบการสื่อสารทางการเมืองที่สามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน ความโปร่งใส และความเข้มแข็งของระบอบประชาธิปไตยในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของบทความ

1. เพื่อศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสื่อสังคมออนไลน์กับการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย
3. เพื่อศึกษาปัญหาและความท้าทายของการสื่อสารทางการเมืองในยุคดิจิทัล
4. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาการสื่อสารทางการเมืองเพื่อเสริมสร้างประชาธิปไตย

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดการสื่อสารทางการเมือง (Political Communication)

การสื่อสารทางการเมือง (Political Communication) เป็นศาสตร์สหวิทยาการที่ผสมผสานองค์ความรู้ทางด้านรัฐศาสตร์ นิเทศศาสตร์ สังคมวิทยา และพฤติกรรมศาสตร์ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการสื่อสารที่เกิดขึ้นภายในระบบการเมืองและสังคมประชาธิปไตย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำความเข้าใจรูปแบบวิธีการ และผลกระทบของการสื่อสารที่มีต่อทัศนคติ พฤติกรรม และการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน การสื่อสารทางการเมืองจึงถือเป็นกลไกสำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างภาครัฐ นักการเมือง พรรคการเมือง สถาบันทางการเมือง สื่อมวลชน และประชาชนเข้าด้วยกัน

ตามแนวคิดของ Brian McNair[4] การสื่อสารทางการเมืองหมายถึงกระบวนการถ่ายทอดข้อมูล ข่าวสาร ความคิดเห็น อุดมการณ์ และสารทางการเมืองระหว่างผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบการเมือง ซึ่งประกอบด้วยรัฐบาล นักการเมือง พรรคการเมือง สถาบันทางการเมือง สื่อมวลชน และประชาชน โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างความเข้าใจ การโน้มน้าวใจ การสร้างการสนับสนุน และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน

การสื่อสารทางการเมืองมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงอยู่ของระบอบประชาธิปไตย เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารทางการเมือง รับรู้การดำเนินงานของภาครัฐ ตลอดจนแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในการกำหนดทิศทางการพัฒนาประเทศ การสื่อสารทางการเมืองที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และความชอบธรรมของระบบการเมือง

ในอดีต การสื่อสารทางการเมืองส่วนใหญ่อาศัยสื่อมวลชนแบบดั้งเดิม (Traditional Media) เช่น หนังสือพิมพ์ วิทยุ และโทรทัศน์ ซึ่งมีลักษณะเป็นการสื่อสารทางเดียว (One-way Communication) โดยผู้ส่งสารเป็นผู้กำหนดเนื้อหาและทิศทางของการสื่อสารเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลและการเกิดขึ้นของสื่อสังคมออนไลน์ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารทางการเมืองไปสู่การสื่อสารแบบสองทางและหลายทาง (Two-way and Multi-way Communication) ซึ่งเปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถเป็นทั้งผู้รับสารและผู้ส่งสารได้ในเวลาเดียวกัน

ในบริบทของสังคมดิจิทัล การสื่อสารทางการเมืองไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการสื่อสารระหว่างรัฐบาลกับประชาชนเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการสื่อสารระหว่างประชาชนด้วยกันเอง การสื่อสารผ่านเครือข่ายสังคม

ออนไลน์ การรณรงค์ทางการเมืองผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล และการเคลื่อนไหวทางสังคมในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้การสื่อสารทางการเมืองมีลักษณะเป็นเครือข่าย (Networked Political Communication) ที่มีความซับซ้อนและมีพลวัตมากขึ้น

องค์ประกอบของการสื่อสารทางการเมือง

McNair[4] อธิบายว่า การสื่อสารทางการเมืองประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการ ซึ่งมีความสัมพันธ์และส่งผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการสื่อสารทางการเมือง ดังนี้

ผู้ส่งสารทางการเมือง (Political Communicators)

ผู้ส่งสารทางการเมืองหมายถึง บุคคล กลุ่มบุคคล หรือองค์กรที่ทำหน้าที่ผลิตและเผยแพร่สารทางการเมืองไปยังสาธารณชน โดยผู้ส่งสารอาจประกอบด้วยรัฐบาล นักการเมือง พรรคการเมือง หน่วยงานภาครัฐ องค์กรภาคประชาสังคม กลุ่มผลประโยชน์ สื่อมวลชน ตลอดจนประชาชนทั่วไปที่มีส่วนร่วมในการสื่อสารผ่านสื่อดิจิทัล

ในยุคสื่อสังคมออนไลน์ ผู้ส่งสารทางการเมืองไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะผู้มีอำนาจทางการเมืองหรือองค์กรสื่อเท่านั้น แต่ประชาชนทั่วไปยังสามารถสร้างและเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารทางการเมืองได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้โครงสร้างการสื่อสารทางการเมืองมีความเป็นประชาธิปไตยมากขึ้น

ช่องทางการสื่อสาร (Communication Channels)

ช่องทางการสื่อสารทางการเมืองหมายถึง เครื่องมือหรือสื่อที่ใช้ในการถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารทางการเมืองไปยังผู้รับสาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสื่อดั้งเดิมและสื่อดิจิทัล

สื่อดั้งเดิม ได้แก่ หนังสือพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ และวารสาร ขณะที่สื่อดิจิทัล ได้แก่ เว็บไซต์ สื่อสังคมออนไลน์ แอปพลิเคชันสื่อสาร และแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศทำให้ช่องทางการสื่อสารมีความหลากหลายมากขึ้น และช่วยให้การสื่อสารทางการเมืองสามารถเข้าถึงประชาชนได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง

สารทางการเมือง (Political Messages)

สารทางการเมืองหมายถึง ข้อมูล ข่าวสาร ความคิดเห็น อุดมการณ์ นโยบาย หรือเนื้อหาทางการเมืองที่ถูกส่งผ่านช่องทางการสื่อสารไปยังผู้รับสาร โดยสารทางการเมืองอาจมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้อมูล การสร้างความเข้าใจ การโน้มน้าวใจ การสร้างภาพลักษณ์ หรือการระดมการสนับสนุนทางการเมือง

ในปัจจุบัน สารทางการเมืองมีความหลากหลายทั้งในด้านรูปแบบและเนื้อหา ไม่ว่าจะเป็นข้อความ ภาพ อินโฟกราฟิก วิดีโอ การถ่ายทอดสด และเนื้อหาที่สร้างโดยผู้ใช้งาน (User-generated Content) ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารและการเข้าถึงกลุ่มเป้าหมาย

ผู้รับสาร (Audience or Political Public)

ผู้รับสารทางการเมืองหมายถึง บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่รับข้อมูลข่าวสารทางการเมืองและมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาดังกล่าว โดยผู้รับสารอาจเป็นประชาชนทั่วไป ผู้มีสิทธิเลือกตั้ง สมาชิกพรรคการเมือง กลุ่มผลประโยชน์ หรือชุมชนออนไลน์ต่าง ๆ

ในยุคดิจิทัล ผู้รับสารไม่ได้มีบทบาทเป็นเพียงผู้รับข้อมูลแบบเฉื่อยชา (Passive Audience) แต่กลายเป็นผู้มีส่วนร่วมอย่างแข็งขัน (Active Audience) ที่สามารถแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนข้อมูล วิพากษ์วิจารณ์ และเผยแพร่สารทางการเมืองต่อไปยังผู้อื่นได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวาง

ผลกระทบทางการเมือง (Political Effects)

ผลกระทบทางการเมืองหมายถึง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสื่อสารทางการเมือง ซึ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้ ทัศนคติ ความเชื่อ พฤติกรรม และการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน

ผลกระทบดังกล่าวอาจปรากฏในหลายรูปแบบ เช่น การเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นทางการเมือง การตัดสินใจเลือกตั้ง การเข้าร่วมกิจกรรมทางการเมือง การสร้างกระแสสังคม การกำหนดวาระสาธารณะ และการเปลี่ยนแปลงนโยบายสาธารณะ ทั้งนี้ ผลกระทบของการสื่อสารทางการเมืองอาจก่อให้เกิดทั้งผลเชิงบวกและผลเชิงลบต่อระบบประชาธิปไตย ขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล ช่องทางการสื่อสาร และบริบททางสังคมในขณะนั้น

สรุปแนวคิดการสื่อสารทางการเมือง

การสื่อสารทางการเมืองถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยเชื่อมโยงระหว่างภาครัฐ สถาบันทางการเมือง และประชาชนในสังคมประชาธิปไตย โดยการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลและสื่อสังคมออนไลน์ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารทางการเมืองให้มีความรวดเร็ว เปิดกว้าง และมีลักษณะการมีส่วนร่วมมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็นำมาซึ่งความท้าทายหลายประการ ทั้งในด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูล การบิดเบือนข้อมูล และการแบ่งขั้วทางการเมือง ดังนั้น การทำความเข้าใจแนวคิดและองค์ประกอบของการสื่อสารทางการเมืองจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาบทบาทของสื่อสังคมออนไลน์ที่มีต่อการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตยยุคดิจิทัล

ทฤษฎีพื้นที่สาธารณะ (Public Sphere Theory)

ทฤษฎีพื้นที่สาธารณะ (Public Sphere Theory) เป็นหนึ่งในกรอบแนวคิดสำคัญที่ใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการสื่อสาร สังคม และประชาธิปไตย โดยได้รับการพัฒนาและนำเสนออย่างเป็นระบบโดย Jürgen Habermas[5] ซึ่งเสนอว่า "พื้นที่สาธารณะ" (Public Sphere) เป็นพื้นที่ทางสังคมที่ประชาชนสามารถเข้ามาแลกเปลี่ยนความคิดเห็น อภิปรายประเด็นสาธารณะ และแสดงออกทางการเมืองได้อย่างเสรีและเท่าเทียม โดยปราศจากการครอบงำจากรัฐหรือกลุ่มผลประโยชน์

Habermas อธิบายว่า พื้นที่สาธารณะเป็นกลไกสำคัญของระบอบประชาธิปไตย เนื่องจากเป็นเวทีที่ประชาชนสามารถใช้เหตุผลในการอภิปราย แลกเปลี่ยนข้อมูล และสร้างฉันทามติร่วมกันเกี่ยวกับประเด็น

สาธารณะ ซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดนโยบายสาธารณะและการตรวจสอบการใช้อำนาจของรัฐอย่างมีประสิทธิภาพ พื้นที่สาธารณะที่มีคุณภาพจึงต้องมีลักษณะสำคัญ ได้แก่ ความเสรีในการแสดงความคิดเห็น ความเสมอภาคในการเข้าถึงข้อมูล และการเปิดโอกาสให้ประชาชนทุกกลุ่มสามารถมีส่วนร่วมในการอภิปรายได้อย่างเท่าเทียม

ในอดีต พื้นที่สาธารณะมักอยู่ในรูปแบบของสถานที่ทางกายภาพ เช่น สภา ร้านกาแฟ หนังสือพิมพ์ หรือสื่อมวลชนกระแสหลัก ซึ่งทำหน้าที่เป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของประชาชน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้ส่งผลให้พื้นที่สาธารณะขยายตัวเข้าสู่พื้นที่ดิจิทัล (Digital Public Sphere) โดยเฉพาะผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งช่วยให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูล แสดงความคิดเห็น และเข้าร่วมการอภิปรายทางการเมืองได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวางมากขึ้น

สื่อสังคมออนไลน์ได้สร้างรูปแบบใหม่ของพื้นที่สาธารณะที่มีลักษณะเปิดกว้าง กระจายศูนย์ และสามารถเข้าถึงได้โดยประชาชนจำนวนมาก ส่งผลให้ประชาชนมีบทบาทมากขึ้นในการกำหนดวาระสาธารณะ การวิพากษ์วิจารณ์นโยบาย และการตรวจสอบการทำงานของภาครัฐ นอกจากนี้ ยังช่วยสนับสนุนการเคลื่อนไหวทางสังคม การรณรงค์ทางการเมือง และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ ของสังคม

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสื่อสังคมออนไลน์จะช่วยขยายพื้นที่สาธารณะและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน แต่ก็มีข้อจำกัดและความท้าทายหลายประการ เช่น การเผยแพร่ข้อมูลเท็จ การบิดเบือนข้อมูล การสร้างห้องสะท้อนเสียง (Echo Chamber) การแบ่งขั้วทางการเมือง และการควบคุมข้อมูลผ่านอัลกอริทึมของแพลตฟอร์มดิจิทัล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการอภิปรายสาธารณะและกระบวนการประชาธิปไตยในระยะยาว

ดังนั้น ทฤษฎีพื้นที่สาธารณะจึงเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการอธิบายบทบาทของสื่อสังคมออนไลน์ที่มีต่อการสร้างพื้นที่แห่งการมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการพัฒนาประชาธิปไตยในยุคดิจิทัล

ทฤษฎีประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Democracy Theory)

ทฤษฎีประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วม (Participatory Democracy Theory) เป็นแนวคิดที่เน้นบทบาทของประชาชนในการเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการทางการเมืองมากกว่าการใช้สิทธิเลือกตั้งเพียงอย่างเดียว โดยแนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาอย่างโดดเด่นโดย Carole Pateman[6] ซึ่งเสนอว่าประชาธิปไตยที่เข้มแข็งและมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องอาศัยการมีส่วนร่วมของประชาชนในทุกระดับของกระบวนการทางการเมือง

Pateman อธิบายว่า การมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชนไม่ได้เป็นเพียงสิทธิพื้นฐานในระบอบประชาธิปไตยเท่านั้น แต่ยังเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยพัฒนาความรู้ ความสามารถ ทักษะทางการเมือง และความรับผิดชอบต่อสังคมของประชาชนอีกด้วย การเปิดโอกาสให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจทางการเมืองจะช่วยสร้างความชอบธรรมทางการเมือง เสริมสร้างความไว้วางใจต่อสถาบันทางการเมือง และเพิ่มประสิทธิภาพของการบริหารประเทศ

ตามแนวคิดประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วม การมีส่วนร่วมของประชาชนสามารถเกิดขึ้นได้ในหลายรูปแบบ ได้แก่

การแสดงความคิดเห็นทางการเมือง

ประชาชนสามารถแสดงความคิดเห็น เสนอข้อคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์นโยบาย และร่วมอภิปรายประเด็นสาธารณะผ่านช่องทางต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลและสร้างความเข้าใจร่วมกันในสังคม

การมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายสาธารณะ

ประชาชนสามารถเข้ามามีบทบาทในการเสนอแนวคิด แสดงความคิดเห็น และร่วมกำหนดทิศทางการพัฒนาประเทศผ่านกระบวนการรับฟังความคิดเห็น การประชาพิจารณ์ หรือกลไกการมีส่วนร่วมรูปแบบต่าง ๆ

การตรวจสอบและถ่วงดุลอำนาจรัฐ

ประชาชนมีบทบาทสำคัญในการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการดำเนินงานของภาครัฐ เพื่อส่งเสริมความโปร่งใส ความรับผิดชอบ และธรรมาภิบาลในระบบการเมือง

การเข้าร่วมกิจกรรมทางการเมืองและสังคม

การเข้าร่วมกิจกรรมรณรงค์ การเคลื่อนไหวทางสังคม การรวมกลุ่มภาคประชาชน และการใช้สิทธิทางการเมืองในรูปแบบต่าง ๆ ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วมในยุคดิจิทัล สื่อสังคมออนไลน์ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยส่งเสริมประชาธิปไตยแบบมีส่วนร่วม โดยเปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถเข้าถึงข้อมูล แสดงความคิดเห็น และเข้าร่วมกิจกรรมทางการเมืองได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีต้นทุนต่ำ ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของการมีส่วนร่วมทางการเมืองในรูปแบบใหม่ที่มีความหลากหลายและครอบคลุมมากขึ้น

ทฤษฎีการใช้และความพึงพอใจ (Uses and Gratifications Theory)

ทฤษฎีการใช้และความพึงพอใจ (Uses and Gratifications Theory) เป็นทฤษฎีด้านการสื่อสารมวลชนที่ได้รับการพัฒนาโดย Elihu Katz และคณะ[7] โดยมีแนวคิดพื้นฐานว่าผู้รับสารไม่ได้เป็นเพียงผู้รับข้อมูลแบบเฉื่อยชา (Passive Audience) แต่เป็นผู้ที่มีบทบาทเชิงรุก (Active Audience) ซึ่งสามารถเลือกใช้สื่อเพื่อสนองตอบความต้องการและวัตถุประสงค์เฉพาะของตนเอง

ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญกับแรงจูงใจ ความต้องการ และความพึงพอใจที่ผู้ใช้ได้รับจากการเลือกใช้สื่อประเภทต่าง ๆ โดยมองว่าผู้ใช้สื่อมีอิสระในการเลือกสื่อที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตนได้ดีที่สุด ในบริบทของการสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์ ประชาชนเลือกใช้สื่อเพื่อวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย ดังนี้

การรับรู้ข้อมูล (Information Seeking)

ผู้ใช้สื่อเลือกใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อค้นหา ติดตาม และรับข้อมูลข่าวสารทางการเมือง นโยบายสาธารณะ และเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในสังคม ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับชาติ และระดับนานาชาติ

การแสดงออกทางความคิดเห็น (Opinion Expression)

สื่อสังคมออนไลน์เปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถแสดงความคิดเห็น วิพากษ์วิจารณ์ และแลกเปลี่ยนมุมมองทางการเมืองได้อย่างอิสระ ซึ่งช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการสร้างพื้นที่สาธารณะทางการเมือง

การสร้างอัตลักษณ์ (Identity Formation)

ประชาชนสามารถใช้สื่อสังคมออนไลน์ในการแสดงออกถึงอัตลักษณ์ ความเชื่อ อุดมการณ์ และจุดยืนทางการเมืองของตนเอง รวมถึงสร้างความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มทางสังคมหรือชุมชนทางการเมือง

การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social Interaction)

สื่อสังคมออนไลน์ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างเครือข่ายทางสังคม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างความสัมพันธ์กับบุคคลหรือกลุ่มที่มีความสนใจทางการเมืองร่วมกัน ซึ่งนำไปสู่การสร้างเครือข่ายการมีส่วนร่วมทางการเมืองในวงกว้าง

นอกจากนี้ ทฤษฎีการใช้และความพึงพอใจยังช่วยอธิบายว่าพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของประชาชนมีความแตกต่างกันตามความต้องการ ประสบการณ์ และบริบททางสังคมของแต่ละบุคคล ซึ่งส่งผลต่อระดับการมีส่วนร่วมทางการเมืองและรูปแบบการแสดงออกทางการเมืองที่แตกต่างกัน

ดังนั้น ทฤษฎีการใช้และความพึงพอใจจึงเป็นกรอบแนวคิดที่สำคัญในการอธิบายพฤติกรรมการใช้สื่อสังคมออนไลน์ของประชาชน และช่วยทำความเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างการใช้สื่อดิจิทัลกับการมีส่วนร่วมทางการเมืองในสังคมประชาธิปไตยยุคปัจจุบัน

การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์

สื่อสังคมออนไลน์กับการสื่อสารทางการเมืองและการมีส่วนร่วมของประชาชน สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) ได้กลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของการสื่อสารทางการเมืองในศตวรรษที่ 21 โดยก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างจากรูปแบบการสื่อสารแบบบนลงล่าง (Top-down Communication) ซึ่งสื่อมวลชนหรือรัฐเป็นผู้ควบคุมการไหลของข้อมูล ไปสู่รูปแบบการสื่อสารแบบเครือข่าย (Network Communication) ที่ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่ายสามารถเป็นได้ทั้งผู้ส่งสารและผู้รับสารในเวลาเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้โครงสร้างอำนาจทางการสื่อสารมีลักษณะกระจายตัวมากขึ้น และเพิ่มบทบาทของประชาชนในฐานะผู้มีส่วนร่วมเชิงรุกในพื้นที่สาธารณะทางการเมือง

แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่มีบทบาทสำคัญ แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ที่มีบทบาทสำคัญต่อการสื่อสารทางการเมืองในปัจจุบันประกอบด้วย

Facebook ซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการเผยแพร่ข่าวสาร การสร้างเพจทางการเมือง และการจัดตั้งกลุ่มเคลื่อนไหวทางสังคม

X ซึ่งโดดเด่นด้านการสื่อสารแบบเรียลไทม์และการอภิปรายประเด็นการเมืองอย่างรวดเร็ว

YouTube ซึ่งเป็นช่องทางสำคัญในการเผยแพร่วิดีโอข่าวสาร การถ่ายทอดสด และการวิเคราะห์ทางการเมือง

TikTok ซึ่งมีบทบาทเพิ่มขึ้นอย่างมากในการสื่อสารทางการเมืองกับกลุ่มคนรุ่นใหม่

Instagram ซึ่งใช้ในการสื่อสารเชิงภาพและการสร้างภาพลักษณ์ทางการเมือง

แพลตฟอร์มเหล่านี้ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในการกำหนดวาระสาธารณะ (Agenda Setting) และสร้างอิทธิพลต่อการรับรู้ทางการเมืองของประชาชนในระดับกว้าง

คุณลักษณะสำคัญของสื่อสังคมออนไลน์

1. การสื่อสารแบบสองทาง (Two-way Communication)

สื่อสังคมออนไลน์เปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถโต้ตอบ แสดงความคิดเห็น และอภิปรายประเด็นทางการเมืองได้โดยตรงกับนักการเมือง พรรคการเมือง หรือผู้ใช้งานรายอื่น ซึ่งแตกต่างจากสื่อดั้งเดิมที่มีลักษณะการสื่อสารทางเดียว

2. ความรวดเร็วในการเผยแพร่ข้อมูล

ข้อมูลข่าวสารทางการเมืองสามารถแพร่กระจายไปยังผู้รับสารจำนวนมากภายในเวลาอันสั้น ทำให้เกิดการรับรู้ร่วมกันในระดับสังคมอย่างรวดเร็ว และสามารถสร้างกระแสทางการเมืองได้ในเวลาอันจำกัด

3. การสร้างเครือข่ายทางสังคม (Social Network Formation)

สื่อสังคมออนไลน์ช่วยให้ประชาชนสามารถรวมกลุ่ม แบ่งปันความคิดเห็น และเคลื่อนไหวทางการเมืองร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดเครือข่ายทางสังคมที่มีพลังในการขับเคลื่อนประเด็นสาธารณะ

4. การลดข้อจำกัดของสื่อกระแสหลัก

สื่อสังคมออนไลน์เปิดพื้นที่ให้ประชาชนสามารถสื่อสารได้โดยไม่ต้องพึ่งพาสื่อกระแสหลักเพียงอย่างเดียว ทำให้เสียงของกลุ่มประชาชนหลากหลายสามารถเข้าสู่พื้นที่สาธารณะได้มากขึ้น

การมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย

การมีส่วนร่วมของประชาชน (Political Participation) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของระบอบประชาธิปไตย โดยสามารถแบ่งระดับการมีส่วนร่วมได้ดังนี้

1. การมีส่วนร่วมในการรับรู้ข่าวสาร
    * การติดตามข่าวสารทางการเมือง
    * การรับข้อมูลนโยบายสาธารณะ
    * การติดตามสถานการณ์ทางสังคมและการเมือง
2. การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น
    * การแสดงความคิดเห็นผ่านสื่อสังคมออนไลน์
    * การอภิปรายประเด็นทางการเมืองในพื้นที่สาธารณะ
    * การแสดงจุดยืนต่อนโยบายหรือเหตุการณ์สำคัญ
3. การมีส่วนร่วมทางการเมืองโดยตรง
    * การลงคะแนนเสียงเลือกตั้ง
    * การเข้าร่วมกิจกรรมทางการเมือง

* การรณรงค์หรือสนับสนุนพรรคการเมืองและนโยบาย

4. การมีส่วนร่วมในการตรวจสอบภาครัฐ

* การติดตามและประเมินนโยบายสาธารณะ
* การตรวจสอบการใช้อำนาจของรัฐ
* การเรียกร้องความโปร่งใสและความรับผิดชอบของหน่วยงานรัฐ

อิทธิพลของสื่อสังคมออนไลน์ต่อการมีส่วนร่วมของประชาชน

งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าสื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน โดย Jennifer Boulianne[8] พบว่าการใช้สื่อสังคมออนไลน์สามารถเพิ่มระดับการมีส่วนร่วมทางการเมืองในหลายมิติ โดยเฉพาะในกลุ่มคนรุ่นใหม่

ผลกระทบเชิงบวก

1. เพิ่มการเข้าถึงข้อมูลทางการเมือง
2. กระตุ้นการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน
3. ส่งเสริมการเคลื่อนไหวทางสังคมและการรวมกลุ่ม
4. เพิ่มความโปร่งใสและการตรวจสอบภาครัฐ

ผลกระทบเชิงลบ

1. การแพร่กระจายของข่าวปลอมและข้อมูลบิดเบือน
2. การแบ่งขั้วทางการเมืองและปรากฏการณ์ Echo Chamber
3. การชักจูงทางการเมืองผ่าน Big Data และ AI
4. การเพิ่มขึ้นของความเกลียดชังและความขัดแย้งทางการเมือง

กรณีศึกษาการสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์

กรณี Arab Spring เหตุการณ์การเคลื่อนไหวในตะวันออกกลางช่วงปี ค.ศ. 2010–2012 แสดงให้เห็นบทบาทสำคัญของสื่อสังคมออนไลน์ในการระดมมวลชนและขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางการเมือง โดย Arab Spring เป็นตัวอย่างสำคัญของพลังเครือข่ายดิจิทัล[9] กรณีการเลือกตั้งสหรัฐอเมริกาการเลือกตั้งประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2016 แสดงให้เห็นบทบาทของสื่อสังคมออนไลน์ทั้งในด้านการรณรงค์หาเสียงและปัญหาการเผยแพร่ข้อมูลบิดเบือน[10] ซึ่งสะท้อนความท้าทายของประชาธิปไตยในยุคดิจิทัล กรณีการเมืองไทย ในบริบทของประเทศไทย สื่อสังคมออนไลน์มีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนไหวทางการเมือง โดยเฉพาะการมีส่วนร่วมของเยาวชนและประชาชนรุ่นใหม่ ซึ่งใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลในการแสดงความคิดเห็น การรณรงค์ และการตรวจสอบอำนาจรัฐ ความท้าทายของการสื่อสารทางการเมืองในยุคดิจิทัล

1. การควบคุมและจัดการข่าวปลอม (Fake News)
2. การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งาน
3. การป้องกันการแทรกแซงทางการเมืองจากภายนอก

4. การลดความแตกแยกและความขัดแย้งทางสังคม

5. การส่งเสริมการรู้เท่าทันสื่อดิจิทัล (Media Literacy)

6. การกำกับดูแลการใช้ปัญญาประดิษฐ์ในทางการเมือง

โดยสรุป สื่อสังคมออนไลน์ได้เปลี่ยนโครงสร้างการสื่อสารทางการเมืองอย่างมีนัยสำคัญ และส่งผลโดยตรงต่อรูปแบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในสังคมประชาธิปไตย ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ ดังนั้น การพัฒนาระบบนิเวศสื่อดิจิทัลอย่างสมดุลและยั่งยืนจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ภาครัฐ ภาคประชาสังคม และประชาชนต้องร่วมกันขับเคลื่อน

สรุป

การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของสังคมประชาธิปไตยยุคใหม่ โดยช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงข้อมูล การแสดงความคิดเห็น และการมีส่วนร่วมทางการเมืองของประชาชน อย่างไรก็ตาม การใช้สื่อสังคมออนไลน์ยังนำมาซึ่งความท้าทายหลายประการ ทั้งด้านข่าวปลอม การแบ่งขั้วทางการเมือง และการบิดเบือนข้อมูล ดังนั้น การส่งเสริมการรู้เท่าทันสื่อ การพัฒนากลไกกำกับดูแลที่เหมาะสม และการสร้างวัฒนธรรมประชาธิปไตยดิจิทัล จึงเป็นแนวทางสำคัญในการทำให้การสื่อสารทางการเมืองผ่านสื่อสังคมออนไลน์สามารถสนับสนุนการพัฒนาประชาธิปไตยได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. Castells M. Networks of outrage and hope: social movements in the internet age. Cambridge: Polity Press; 2012.
2. Dahlgren P. The political web: media, participation and alternative democracy. Basingstoke: Palgrave Macmillan; 2013.
3. Sunstein CR. #Republic: divided democracy in the age of social media. Princeton (NJ): Princeton University Press; 2017.
4. McNair B. An introduction to political communication. 6th ed. London: Routledge; 2017.
5. Habermas J. The structural transformation of the public sphere. Cambridge (MA): MIT Press; 1989.
6. Pateman C. Participation and democratic theory. Cambridge: Cambridge University Press; 1970.
7. Katz E, Blumler JG, Gurevitch M. Uses and gratifications research. Public Opin Q. 1973;37(4):509-23.
8. Boulianne S. Social media use and participation: a meta-analysis of current research. Inf Commun Soc. 2015;18(5):524-38.
9. Howard PN, Hussain MM. Democracy's fourth wave? Digital media and the Arab Spring. New York: Oxford University Press; 2013.
10. Allcott H, Gentzkow M. Social media and fake news in the 2016 election. J Econ Perspect. 2017;31(2):211-36.

การพัฒนาทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21: บทบาทของการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตต่อการพัฒนาสังคม

HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT IN THE 21ST CENTURY: THE ROLE OF EDUCATION AND LIFELONG LEARNING IN SOCIAL DEVELOPMENT

อัครมณี สมใจ*, ภัทรภร ทองนพคุณ*, จันทราวุฒิ วราสินธุ์ธนสกุล* และ ณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์*

AKARAMANEE SOMJAI, PATTARAPON THONGNOPPAKUN, CHANTHRAWUT WARASINTHANASAKUL, NATTACHAI AEKNARAJINDAWUT

วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University.

หลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการ*

Master of Management Program in Management Innovation

อีเมล: akramanee.so@ssru.ac.th, pattarapon.th@ssru.ac.th, warasin.job@gmail.com and nattachai.ae@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาทุนมนุษย์ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และความสามารถในการแข่งขันของประเทศในศตวรรษที่ 21 ภายใต้บริบทของโลกาภิวัตน์ การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัล และเศรษฐกิจฐานความรู้ การพัฒนาศักยภาพของมนุษย์จึงมิได้จำกัดอยู่เพียงการศึกษาในระบบแต่ครอบคลุมถึงกระบวนการเรียนรู้ตลอดชีวิตที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับทุนมนุษย์ วิเคราะห์บทบาทของการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตในการพัฒนาทุนมนุษย์ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาทุนมนุษย์กับการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน ผลการศึกษาพบว่า การพัฒนาทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ทักษะดิจิทัล ทักษะการสื่อสาร และความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้การเรียนรู้ตลอดชีวิตยังเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างศักยภาพของประชากรทุกช่วงวัย ส่งเสริมความเสมอภาคทางสังคม ลดความเหลื่อมล้ำ และสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ การบูรณาการความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน สถาบันการศึกษา และภาคประชาสังคมจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำไปสู่การพัฒนาทุนมนุษย์และการพัฒนาสังคมอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ทุนมนุษย์, การศึกษา, การเรียนรู้ตลอดชีวิต, ศตวรรษที่ 21, การพัฒนาสังคม

Abstract

Human capital development is a crucial factor influencing economic growth, social progress, and national competitiveness in the 21st century. In the context of globalization, digital transformation, and the knowledge-based economy, human development extends beyond formal education to encompass lifelong learning processes. This academic article aims to examine the concept of human capital, analyze the role of education and lifelong learning in human capital development, and explain the relationship between human capital development and sustainable social development. The findings indicate that human capital development in the 21st century should emphasize critical thinking, creativity, digital literacy, communication skills, and adaptability to change. Furthermore, lifelong learning serves as a key mechanism for enhancing the potential of individuals across all age groups, promoting social equity, reducing inequality, and fostering a learning society. The integration of collaboration among government agencies, private sectors, educational institutions, and civil society is essential for achieving sustainable human capital and social development.

Keywords: Human Capital, Education, Lifelong Learning, 21st Century, Social Development

บทนำ

ศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและซับซ้อนในทุกมิติของสังคมโลก ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และเทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ระบบอัตโนมัติ (Automation) หุ่นยนต์อัจฉริยะ (Robotics) และการเชื่อมโยงข้อมูลระดับโลก (Global Connectivity) ได้ส่งผลให้โครงสร้างทางเศรษฐกิจและตลาดแรงงานเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ งานบางประเภทลดบทบาทลง ขณะที่งานรูปแบบใหม่ที่ต้องใช้ทักษะขั้นสูงด้านดิจิทัล การคิดวิเคราะห์ และความคิดสร้างสรรค์กลับมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ภายใต้บริบทดังกล่าว ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาทุนมนุษย์ (Human Capital Development) ในฐานะทรัพยากรเชิงยุทธศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน โดยแนวคิดทุนมนุษย์ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบจากนักเศรษฐศาสตร์และนักสังคมศาสตร์ที่สำคัญ เช่น Gary Becker[1] ซึ่งเสนอว่าทุนมนุษย์เป็นรูปแบบของทุนที่เกิดจากการลงทุนในตัวบุคคล เช่น การศึกษา การฝึกอบรม และการพัฒนาทักษะ ซึ่งสามารถเพิ่มผลิตภาพและรายได้ในระยะยาว

นอกจากนี้ Theodore W. Schultz[2] ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า ทุนมนุษย์ประกอบด้วยความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ สุขภาพ และคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมของบุคคล ซึ่งเป็นทรัพยากรสำคัญที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ระบบเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ การลงทุนในทุนมนุษย์จึงไม่ใช่เพียงการพัฒนาระดับปัจเจกบุคคล แต่ยังเป็นการลงทุนในศักยภาพของประเทศในภาพรวม

ในปัจจุบัน แนวคิดการพัฒนาทุนมนุษย์ได้ขยายขอบเขตจากการศึกษาในระบบ (Formal Education) ไปสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) ซึ่งครอบคลุมทั้งการพัฒนาทักษะใหม่ (Reskilling) และการยกระดับทักษะเดิม (Upskilling) เพื่อให้แรงงานสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและโครงสร้างตลาดแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จึงไม่ได้จำกัดอยู่เพียงในห้องเรียน แต่เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ผ่านประสบการณ์จริง แพลตฟอร์มดิจิทัล และระบบการเรียนรู้ออนไลน์

การศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างสังคมฐานความรู้ (Knowledge Society) และสังคมแห่งการเรียนรู้ (Learning Society) ซึ่งเป็นรากฐานของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างยั่งยืน โดยองค์การระหว่างประเทศ เช่น UNESCO[3] ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาทุนมนุษย์ในการเพิ่มศักยภาพของประชากร ลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม และยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในระดับโลก

นอกจากนี้ การพัฒนาทุนมนุษย์ยังมีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับการเสริมสร้างทุนทางสังคม (Social Capital) การพัฒนาเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative Economy) และการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ซึ่งล้วนเป็นกรอบแนวคิดสำคัญในการพัฒนาประเทศในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นการเติบโตที่สมดุลทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

ดังนั้น บทความวิชาการฉบับนี้จึงมุ่งศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับทุนมนุษย์ วิเคราะห์บทบาทของการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตในการพัฒนาทุนมนุษย์ รวมทั้งอธิบายผลกระทบของการพัฒนาทุนมนุษย์

ต่อการพัฒนาสังคมในบริบทของศตวรรษที่ 21 เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน ทั้งในระดับประเทศและระดับสังคมโลก

วัตถุประสงค์ของบทความ

1. เพื่อศึกษาแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการพัฒนาทุนมนุษย์
2. เพื่อวิเคราะห์บทบาทของการศึกษาในการพัฒนาทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21
3. เพื่อศึกษาความสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีวิตต่อการพัฒนาสังคม
4. เพื่อเสนอแนวทางการพัฒนาทุนมนุษย์ที่สอดคล้องกับบริบทการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับทุนมนุษย์

แนวคิดทุนมนุษย์ (Human Capital) เป็นกรอบความคิดสำคัญในทางเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ที่อธิบายถึงบทบาทของ “คน” ในฐานะทรัพยากรเชิงยุทธศาสตร์ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ระบบเศรษฐกิจและสังคม โดยแนวคิดนี้ได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 20 ผ่านผลงานของนักเศรษฐศาสตร์คนสำคัญ ได้แก่ Theodore W. Schultz[2] และ Gary Becker[1] ซึ่งได้วางรากฐานให้กับการวิเคราะห์การลงทุนในมนุษย์ในเชิงเศรษฐศาสตร์สมัยใหม่

Schultz[2] อธิบายว่า ทุนมนุษย์หมายถึงความรู้ (Knowledge) ความสามารถ (Abilities) และทักษะ (Skills) ที่สะสมอยู่ในตัวบุคคล ซึ่งเกิดจากการลงทุนในด้านการศึกษา การฝึกอบรมและการพัฒนาทักษะอย่างต่อเนื่อง ทุนมนุษย์ดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลิตภาพแรงงาน (Labor Productivity) และเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะยาว โดยมองว่าการพัฒนาคนไม่ใช่ต้นทุนที่สูญเปล่า แต่เป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนทั้งในระดับบุคคลและระดับประเทศ

ในขณะที่ Becker[1] ได้ขยายกรอบแนวคิดดังกล่าว โดยอธิบายว่าการลงทุนในทุนมนุษย์มีลักษณะคล้ายกับการลงทุนในทุนทางกายภาพ (Physical Capital) เช่น เครื่องจักรหรือเทคโนโลยี แต่มีความแตกต่างตรงที่ทุนมนุษย์ฝังอยู่ในตัวบุคคลและไม่สามารถแยกออกจากเจ้าของได้ ผลตอบแทนจากการลงทุนในทุนมนุษย์ปรากฏในรูปของรายได้ที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงขึ้น ตลอดจนคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ทั้งในระดับปัจเจกบุคคลและสังคมโดยรวม

ต่อมา องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD)[4] ได้ขยายขอบเขตของแนวคิดทุนมนุษย์ให้ครอบคลุมมิติที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยไม่ได้จำกัดเฉพาะความรู้และทักษะเท่านั้น แต่ยังรวมถึงองค์ประกอบสำคัญอื่น ๆ ได้แก่

1. ความรู้ (Knowledge) หมายถึงข้อมูล ความเข้าใจ และองค์ความรู้ที่บุคคลได้รับจากการศึกษา การฝึกอบรม และประสบการณ์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดวิเคราะห์และการตัดสินใจในชีวิตและการทำงาน
2. ทักษะ (Skills) หมายถึงความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ทั้งทักษะด้านวิชาชีพ ทักษะดิจิทัล และทักษะชีวิต ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อความสามารถในการแข่งขันในตลาดแรงงาน

3. ความสามารถ (Competencies) หมายถึงศักยภาพในการบูรณาการความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ เพื่อแก้ปัญหาและปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในบริบทที่หลากหลายและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
4. สุขภาพและคุณภาพชีวิต (Health and Well-being) เป็นองค์ประกอบที่สะท้อนถึงสภาพร่างกายและจิตใจของบุคคล ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงาน การเรียนรู้ และการมีส่วนร่วมทางสังคม
5. ค่านิยมและคุณลักษณะส่วนบุคคล (Values and Personal Attributes) หมายถึงทัศนคติ แรงจูงใจ จริยธรรม และคุณลักษณะเชิงพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการตัดสินใจและการปฏิบัติตนในสังคมและองค์กร

ทุนมนุษย์ในบริบทศตวรรษที่ 21

ในบริบทของศตวรรษที่ 21 แนวคิดทุนมนุษย์ (Human Capital) ได้รับการพัฒนาและขยายความหมายอย่างมีนัยสำคัญจากแนวคิดดั้งเดิมที่มองทุนมนุษย์ในฐานะ “แรงงานที่มีทักษะและความรู้” ไปสู่การเป็น “ระบบของศักยภาพมนุษย์แบบองค์รวม” ที่ครอบคลุมทั้งความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) ทัศนคติ (Attitudes) ค่านิยม (Values) และสมรรถนะเชิงพฤติกรรม (Behavioral Competencies) ที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เศรษฐกิจ สังคม และองค์กรในระยะยาว

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นภายใต้แรงขับเคลื่อนสำคัญของโลกยุคใหม่ ได้แก่ การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Fourth Industrial Revolution)[5] การเปลี่ยนผ่านสู่เศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy) และการขยายตัวของเศรษฐกิจฐานความรู้ (Knowledge-Based Economy)[6] ซึ่งทำให้ความได้เปรียบทางการแข่งขันของประเทศและองค์กรไม่ได้ขึ้นอยู่กับทรัพยากรทางกายภาพเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับ “คุณภาพของคน” และ “ความสามารถในการสร้างนวัตกรรม” เป็นสำคัญ

ในกรอบของเศรษฐกิจฐานความรู้ ทุนมนุษย์ถูกมองว่าเป็นทรัพยากรเชิงกลยุทธ์ (Strategic Resource) ที่สามารถสร้าง “นวัตกรรมเชิงระบบ” (Systemic Innovation) ผ่านการผสานความรู้ข้ามสาขา (Interdisciplinary Knowledge Integration) และการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการประมวลผล วิเคราะห์ และตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคที่ข้อมูล (Data) กลายเป็นทรัพยากรสำคัญใหม่ของโลก[7] นอกจากนี้ ทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ยังให้ความสำคัญกับทักษะที่เรียกว่า “ทักษะแห่งอนาคต” (Future Skills) ซึ่งประกอบด้วยความสามารถที่เกินกว่าทักษะเชิงเทคนิค (Technical Skills) เช่น

- การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) ที่ช่วยให้บุคคลสามารถวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก แยกแยะข้อเท็จจริงจากความเห็น และตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผล
- การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creativity) ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการสร้างนวัตกรรม ผลิตภัณฑ์ใหม่ และแนวทางแก้ปัญหาที่แตกต่างจากรูปแบบเดิม
- การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex Problem Solving) ซึ่งต้องอาศัยการบูรณาการความรู้หลายด้านและการเข้าใจบริบททางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยี

- การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) ที่สะท้อนถึงความสามารถในการปรับตัวอย่างต่อเนื่องในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ในเชิงทฤษฎี แนวคิดทุนมนุษย์ยังได้รับการสนับสนุนจากทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ของนักวิชาการอย่าง Theodore W. Schultz[2] และ Gary S. Becker[1] ซึ่งอธิบายว่าการลงทุนในมนุษย์ เช่น การศึกษา การฝึกอบรม และสุขภาพ เป็นการลงทุนที่สร้างผลตอบแทนทั้งในระดับปัจเจกและระดับมหภาคของเศรษฐกิจ โดยแนวคิดนี้ได้ขยายตัวสู่การอธิบายความสามารถในการแข่งขันของประเทศในยุคโลกาภิวัตน์

ในศตวรรษที่ 21 แนวคิดดังกล่าวยังถูกต่อยอดไปสู่แนวคิด “ทุนมนุษย์ดิจิทัล” (Digital Human Capital) ซึ่งเน้นความสามารถในการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ระบบอัตโนมัติ (Automation) และแพลตฟอร์มออนไลน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน การเรียนรู้ และการสร้างนวัตกรรม ทำให้ทุนมนุษย์ไม่ได้เป็นเพียง “ผู้ใช้เทคโนโลยี” แต่ยังเป็น “ผู้ร่วมสร้างเทคโนโลยี” อีกด้วย

ในมิติของสังคม ทุนมนุษย์ยังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) เนื่องจากการพัฒนาคนที่มีคุณภาพช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม (Social Inequality) เพิ่มโอกาสในการเข้าถึงทรัพยากรทางเศรษฐกิจ และเสริมสร้างความเข้มแข็งของสถาบันทางสังคม เช่น การศึกษา ครอบครัว และองค์กรชุมชน อีกทั้งยังสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะด้านการศึกษา การจ้างงานที่มีคุณภาพ และการเติบโตทางเศรษฐกิจ

ยิ่งไปกว่านั้น ทุนมนุษย์ยังเชื่อมโยงกับแนวคิด “ความสามารถเชิงสถาบัน” (Institutional Capacity) ซึ่งสะท้อนว่าประเทศหรือองค์กรที่มีบุคลากรที่มีคุณภาพสูง จะสามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความโปร่งใส และสามารถปรับตัวต่อความเปลี่ยนแปลงของโลกได้ดีกว่าองค์กรที่ขาดทุนมนุษย์ที่เข้มแข็ง

ดังนั้น ทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 จึงไม่เพียงเป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเท่านั้น แต่ยังเป็น “ทุนเชิงยุทธศาสตร์ของสังคม” (Strategic Social Capital) ที่เป็นรากฐานของการพัฒนาที่สมดุล ยั่งยืน และมีความสามารถในการแข่งขันในระดับโลก โดยเฉพาะในยุคที่ความรู้ เทคโนโลยี และนวัตกรรมกลายเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของการเปลี่ยนแปลงโลก

บทบาทของการศึกษาต่อการพัฒนาทุนมนุษย์

การศึกษา (Education) ถือเป็นกลไกหลักในการพัฒนาทุนมนุษย์ (Human Capital Development) ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในศตวรรษที่ 21 โดยมีบทบาทไม่เพียงแต่ในการถ่ายทอดองค์ความรู้พื้นฐานเท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่ในการสร้าง “ศักยภาพเชิงปัญญาและทักษะการเรียนรู้ขั้นสูง” ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกที่มีความซับซ้อนและไม่แน่นอนเพิ่มมากขึ้น

ในอดีต ระบบการศึกษามักเน้นบทบาทแบบดั้งเดิม คือ “การส่งผ่านความรู้” (Knowledge Transmission) จากครูหรือผู้สอนไปยังผู้เรียน โดยผู้เรียนมีบทบาทค่อนข้างเป็นผู้รับสาร (Passive Learner)

ซึ่งเหมาะสมกับบริบทของสังคมอุตสาหกรรมที่ต้องการแรงงานที่มีทักษะเฉพาะด้านและสามารถทำงานตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ยุคเศรษฐกิจฐานความรู้และเศรษฐกิจดิจิทัล รูปแบบดังกล่าวเริ่มไม่เพียงพอต่อการพัฒนาทุนมนุษย์ที่มีคุณภาพ

ด้วยเหตุนี้ แนวคิดทางการศึกษาจึงได้เปลี่ยนผ่านไปสู่ “การสร้างความสามารถในการเรียนรู้” (Learning to Learn) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะในการแสวงหาความรู้ วิเคราะห์ข้อมูล สังเคราะห์ความคิด และประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างยืดหยุ่นในบริบทที่หลากหลาย แนวคิดนี้สอดคล้องกับกรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills)[8] ที่เน้นการพัฒนาทักษะเชิงคิดขั้นสูง เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking) การคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การทำงานร่วมกัน (Collaboration) และการสื่อสาร (Communication)

ในบริบทใหม่นี้ บทบาทของสถาบันการศึกษาได้เปลี่ยนจาก “ผู้ถ่ายทอดความรู้” (Knowledge Provider) ไปสู่ “ผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้” (Facilitator of Learning) ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) ผ่านประสบการณ์จริง การลงมือปฏิบัติ (Experiential Learning) และการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participatory Learning)

บทบาทดังกล่าวยังรวมถึงการสร้าง “สภาพแวดล้อมทางการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์” (Creative Learning Environment) ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลอง คิดนอกกรอบ ตั้งคำถาม และเรียนรู้จากความผิดพลาด (Learning from Failure) โดยไม่ถูกจำกัดด้วยโครงสร้างการเรียนรู้แบบตายตัว ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้เกิดนวัตกรรมทางความคิดและการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์

นอกจากนี้ สถาบันการศึกษายังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) โดยปลูกฝังให้ผู้เรียนตระหนักว่าการเรียนรู้ไม่สิ้นสุดเพียงในห้องเรียน แต่เป็นกระบวนการต่อเนื่องตลอดชีวิต ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในการดำรงชีวิตและการทำงานในยุคที่เทคโนโลยีและองค์ความรู้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ในเชิงทฤษฎี แนวคิดนี้สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่เชื่อว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม มากกว่าการรับความรู้แบบสำเร็จรูปจากผู้สอนเพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของกระบวนการเรียนรู้

ยิ่งไปกว่านั้น ในยุคดิจิทัล สถาบันการศึกษายังมีบทบาทในการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับการเรียนการสอน เช่น ระบบการเรียนรู้ออนไลน์ (E-Learning) ปัญญาประดิษฐ์เพื่อการศึกษา (AI in Education) และแพลตฟอร์มการเรียนรู้แบบเปิด (Open Learning Platforms) ซึ่งช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้และขยายโอกาสทางการศึกษาไปสู่ผู้เรียนในวงกว้างมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น การศึกษาจึงมิได้เป็นเพียงเครื่องมือในการถ่ายทอดความรู้ แต่เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทุนมนุษย์อย่างรอบด้าน ทั้งด้านความรู้ ทักษะ ทัศนคติ และความสามารถในการปรับตัว ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน

การเรียนรู้ตลอดชีวิต: กุญแจสำคัญสู่สังคมที่ยั่งยืน

การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learning) เป็นแนวคิดเชิงนโยบายและเชิงการศึกษาที่ได้รับความสำคัญเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตลาดแรงงาน และการขยายตัวของเศรษฐกิจฐานความรู้ แนวคิดดังกล่าวสะท้อนว่าการเรียนรู้มิได้จำกัดอยู่เพียงช่วงวัยศึกษาในระบบ (Formal Education) แต่เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของมนุษย์ ทั้งในระบบ นอกระบบ (Non-formal Education) และการเรียนรู้ตามอัธยาศัย (Informal Learning)

องค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO)[9] ได้เน้นย้ำว่าการเรียนรู้ตลอดชีวิตไม่ใช่เพียง “ทางเลือก” (Option) แต่เป็น “กลยุทธ์เชิงโครงสร้าง” (Structural Strategy) ที่จำเป็นต่อการพัฒนาทุนมนุษย์และการสร้างสังคมที่ยั่งยืน เนื่องจากโลกยุคปัจจุบันมีลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบไม่ต่อเนื่อง (Disruptive Change) ซึ่งส่งผลให้ความรู้และทักษะที่เคยใช้ได้ในอดีตอาจล้าสมัยอย่างรวดเร็ว

ภายใต้บริบทดังกล่าว แนวคิดการพัฒนาทักษะใหม่ (Reskilling) และการยกระดับทักษะเดิม (Upskilling) จึงกลายเป็นกลไกสำคัญในการปรับตัวของแรงงานทุกช่วงวัย Reskilling หมายถึงการเรียนรู้ทักษะใหม่ทั้งหมดเพื่อเปลี่ยนสายอาชีพหรือปรับบทบาทการทำงาน ในขณะที่ Upskilling หมายถึงการพัฒนาทักษะเดิมให้มีความลึก ความเชี่ยวชาญ และทันสมัยมากยิ่งขึ้น ทั้งสองแนวคิดนี้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของแรงงาน (Employability) และลดความเสี่ยงจากการถูกแทนที่โดยเทคโนโลยีอัตโนมัติ (Automation)[10]

นอกจากนี้ การเรียนรู้ตลอดชีวิตยังมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) เนื่องจากการมีประชากรที่มีทักษะและความรู้ที่ทันสมัยอย่างต่อเนื่อง จะช่วยลดความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ (Economic Inequality) เพิ่มโอกาสในการเข้าถึงงานที่มีคุณภาพ และส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ครอบคลุม (Inclusive Growth) อีกทั้งยังช่วยเสริมสร้างความเข้มแข็งของสังคมในการรับมือกับความเปลี่ยนแปลงระดับโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี และวิกฤตเศรษฐกิจ

ในเชิงทฤษฎี แนวคิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตสามารถอธิบายได้ผ่านกรอบแนวคิดการพัฒนาทุนมนุษย์ (Human Capital Theory) ซึ่งมองว่าการลงทุนในการศึกษาและการพัฒนาทักษะเป็นการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของบุคคลและสังคมโดยรวม อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดสังคมแห่งการเรียนรู้ (Learning Society) ที่มองว่าสังคมสมัยใหม่ต้องเป็นสังคมที่ส่งเสริมให้ประชาชนทุกคนสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องและเท่าเทียม

ในมิติของนโยบายสาธารณะ หลายประเทศได้เริ่มพัฒนาระบบสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต เช่น การจัดตั้งระบบเครดิตการเรียนรู้ (Learning Credit System) แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ (Online Learning Platforms) และการสนับสนุนการฝึกอบรมแรงงานในสถานประกอบการ (Workplace Learning) เพื่อให้ประชาชนสามารถพัฒนาทักษะได้อย่างยืดหยุ่นและสอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน

ดังนั้น การเรียนรู้ตลอดชีวิตจึงมิได้เป็นเพียงแนวคิดทางการศึกษา แต่เป็น “กลไกเชิงยุทธศาสตร์” ที่เชื่อมโยงการพัฒนาทุนมนุษย์เข้ากับความยั่งยืนของสังคมและเศรษฐกิจ โดยมีบทบาทสำคัญในการสร้างประชากรที่มีความสามารถในการปรับตัวสูง (Adaptive Capacity) และพร้อมรับมือกับความท้าทายของโลกยุคใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ

การบูรณาการเพื่อการพัฒนาสังคม

การพัฒนาสังคมในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องอาศัย “การบูรณาการเชิงระบบ” (Systemic Integration) ระหว่างทุนมนุษย์ การศึกษา เทคโนโลยี และนโยบายสาธารณะ เพื่อสร้างสังคมที่มีความสามารถในการแข่งขัน ควบคู่ไปกับความเป็นธรรมและความยั่งยืน การบูรณาการดังกล่าวมิได้มุ่งเน้นเพียงการเติบโตทางเศรษฐกิจเท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของประชาชน ความเสมอภาคทางโอกาส และความสมดุลของสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

การลดความเหลื่อมล้ำทางสังคม (Reducing Social Inequality)

หนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาสังคมคือการลดความเหลื่อมล้ำ โดยเฉพาะความเหลื่อมล้ำด้านการเข้าถึงการศึกษาและโอกาสในการพัฒนาทุนมนุษย์ การเข้าถึงโอกาสทางการศึกษาอย่างเท่าเทียม (Equitable Access to Education) ถือเป็นกลไกพื้นฐานในการสร้างความเสมอภาคทางสังคม เนื่องจากการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการยกระดับศักยภาพของบุคคลและเปิดโอกาสในการเข้าสู่ตลาดแรงงานที่มีคุณภาพสูง[11]

ในเชิงนโยบาย การลดความเหลื่อมล้ำจำเป็นต้องอาศัยการกระจายทรัพยากรทางการศึกษาอย่างทั่วถึง เช่น การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางดิจิทัลในพื้นที่ห่างไกล การสนับสนุนทุนการศึกษา และการออกแบบระบบการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่นเพื่อรองรับผู้เรียนทุกช่วงวัยและทุกสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม นอกจากนี้ การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลยังมีบทบาทสำคัญในการลดช่องว่างทางการศึกษา (Digital Divide) โดยการขยายโอกาสในการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ออนไลน์อย่างกว้างขวาง

พลเมืองดิจิทัล (Digital Citizenship)

ในยุคที่เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน แนวคิด “พลเมืองดิจิทัล” (Digital Citizenship) ได้กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาทุนมนุษย์ พลเมืองดิจิทัลหมายถึงบุคคลที่สามารถใช้เทคโนโลยีดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ รับผิดชอบ และมีจริยธรรม โดยสามารถอยู่ร่วมกับเทคโนโลยีได้อย่างสร้างสรรค์และปลอดภัย

การพัฒนาพลเมืองดิจิทัลครอบคลุมทั้งทักษะด้านเทคนิค (Technical Skills) เช่น การใช้เครื่องมือดิจิทัลและแพลตฟอร์มออนไลน์ และทักษะด้านสังคม (Social Skills) เช่น ความตระหนักรู้ด้านจริยธรรมดิจิทัล (Digital Ethics) ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity Awareness) และการรู้เท่าทันสื่อ (Media Literacy) ทั้งนี้เพื่อให้ประชาชนสามารถใช้เทคโนโลยีในการสร้างคุณค่า (Value Creation) มากกว่าการเป็นเพียงผู้บริโภคข้อมูล

ในระดับสังคม พลเมืองดิจิทัลที่มีคุณภาพจะช่วยลดปัญหาข่าวปลอม (Fake News) การใช้ข้อมูลในทางที่ผิด และการเกิดพฤติกรรมออนไลน์ที่ไม่เหมาะสม อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางสังคมและการเมืองผ่านช่องทางดิจิทัลอย่างมีความรับผิดชอบ

ความยั่งยืนของการพัฒนา (Sustainable Development)

การพัฒนาสังคมในศตวรรษที่ 21 ต้องให้ความสำคัญกับความยั่งยืน (Sustainability) เป็นแกนกลางของการพัฒนา โดยมุ่งเน้นให้มนุษย์สามารถเติบโตไปพร้อมกับเศรษฐกิจฐานความรู้และสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุล แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ซึ่งเน้นการพัฒนาที่ไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง (Leave No One Behind)

ในบริบทนี้ ทุนมนุษย์มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนความยั่งยืน เนื่องจากบุคคลที่มีความรู้และทักษะที่เหมาะสมจะสามารถตัดสินใจและดำเนินชีวิตอย่างรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมได้ดียิ่งขึ้น เช่น การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาเทคโนโลยีสีเขียว (Green Technology) และการส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy)

ยิ่งไปกว่านั้น ความยั่งยืนยังเกี่ยวข้องกับการสร้าง “สมดุลระหว่างคน เทคโนโลยี และธรรมชาติ” โดยไม่ให้การพัฒนาเศรษฐกิจส่งผลกระทบเชิงลบต่อทรัพยากรธรรมชาติหรือคุณภาพชีวิตของคนรุ่นอนาคต การบูรณาการทุนมนุษย์กับแนวคิดความยั่งยืนจึงเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาสังคมในระยะยาว

สรุปเชิงบูรณาการ

โดยสรุป การบูรณาการเพื่อการพัฒนาสังคมประกอบด้วย 3 มิติหลัก ได้แก่ การลดความเหลื่อมล้ำ การสร้างพลเมืองดิจิทัล และการส่งเสริมความยั่งยืน ซึ่งทั้งสามมิตินี้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ และล้วนตั้งอยู่บนฐานของการพัฒนาทุนมนุษย์ที่มีคุณภาพ หากสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะนำไปสู่การสร้างสังคมที่มีความเท่าเทียม มีนวัตกรรม และมีความยั่งยืนในระยะยาว

บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การพัฒนาทุนมนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ถือเป็นปัจจัยเชิงยุทธศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อนการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และประเทศชาติในภาพรวม ภายใต้บริบทของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากอิทธิพลของเทคโนโลยีดิจิทัล ปัญญาประดิษฐ์ และเศรษฐกิจฐานความรู้ ทำให้ระบบการพัฒนาทุนมนุษย์แบบดั้งเดิมไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของสังคมสมัยใหม่ได้อย่างเพียงพอ

ดังนั้น การพัฒนาทุนมนุษย์จึงจำเป็นต้องอาศัย “การบูรณาการเชิงระบบ” (Systemic Integration) ระหว่างภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา เพื่อสร้าง “ระบบนิเวศการเรียนรู้” (Learning Ecosystem) ที่เปิดกว้าง ยืดหยุ่น และไร้ข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ ระบบดังกล่าวควรสนับสนุนให้ประชาชนสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ได้อย่างเท่าเทียม และต่อเนื่องตลอดช่วงชีวิต (Lifelong Learning Society)

ในเชิงนโยบาย ภาครัฐควรทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดทิศทางและสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการศึกษาและเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น การพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ระดับชาติ การสนับสนุนงบประมาณเพื่อการ Reskilling และ Upskilling รวมถึงการลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงทรัพยากรทางการศึกษา โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรเปราะบางและพื้นที่ห่างไกล

ขณะเดียวกัน ภาคเอกชนควรมีบทบาทสำคัญในการเป็น “ผู้ร่วมผลิตทุนมนุษย์” (Co-producer of Human Capital) ผ่านการจัดฝึกอบรมในสถานประกอบการ การพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานจริง และการสร้างความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาในการออกแบบหลักสูตรที่ทันสมัยและตอบโจทย์อุตสาหกรรมอนาคต

ในส่วนของสถาบันการศึกษา จำเป็นต้องปรับบทบาทจากการเป็นเพียงแหล่งถ่ายทอดความรู้ ไปสู่การเป็น “ศูนย์กลางการเรียนรู้และนวัตกรรม” (Learning and Innovation Hub) ที่ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก การคิดเชิงวิพากษ์ และการสร้างสรรค์นวัตกรรม รวมทั้งบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ากับกระบวนการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ

ยิ่งไปกว่านั้น การสร้างพลเมืองที่มีศักยภาพในการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Lifelong Learners) ถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาสังคมในระยะยาว เนื่องจากบุคคลเหล่านี้จะมีความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ เทคโนโลยี และสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนนวัตกรรมและการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ

โดยสรุป หากสามารถพัฒนาระบบความร่วมมือระหว่างภาคส่วนต่าง ๆ ได้อย่างเป็นรูปธรรม จะนำไปสู่การสร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ที่เข้มแข็งและยั่งยืน ซึ่งจะเป็นฐานสำคัญในการพัฒนาทุนมนุษย์ที่มีคุณภาพสูง และสามารถรองรับความท้าทายของโลกศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืนในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

1. Becker GS. Human capital: a theoretical and empirical analysis, with special reference to education. 3rd ed. Chicago: University of Chicago Press; 1993.
2. Schultz TW. Investment in human capital. Am Econ Rev. 1961;51(1):1-17.
3. UNESCO. Rethinking education: towards a global common good? [Internet]. Paris: UNESCO Publishing; 2015 [cited 2026 Jul 20]. Available from: https://unesdoc.unesco.org
4. OECD. OECD skills outlook 2019: thriving in a digital world [Internet]. Paris: OECD Publishing; 2019 [cited 2026 Jul 20]. Available from: https://www.oecd.org
5. Schwab K. The fourth industrial revolution. Geneva: World Economic Forum; 2016.
6. Drucker PF. Post-capitalist society. New York: HarperBusiness; 1993.
7. Castells M. The rise of the network society. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell; 2010.
8. 21st Century Skills Partnership. Framework for 21st century learning [Internet]. 2015 [cited 2026 Jul 20]. Available from: https://www.battelleforkids.org
9. UNESCO Institute for Lifelong Learning. Embracing a culture of lifelong learning [Internet]. Hamburg: UNESCO Institute for Lifelong Learning; 2020 [cited 2026 Jul 20]. Available from: https://uil.unesco.org
10. World Bank. World development report 2019: the changing nature of work [Internet]. Washington (DC): World Bank; 2019 [cited 2026 Jul 20]. Available from: https://www.worldbank.org
11. Sen A. Development as freedom. Oxford: Oxford University Press; 1999.

ความแม่นยำในการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่น *Dermatophagoides pteronyssinus* ด้วยการใช้ microneedle patch เปรียบเทียบกับ skin prick test

Diagnostic Accuracy of Microneedle Patch for *Dermatophagoides Pteronyssinus* Allergy compared to Skin Prick Test

ณิชา ลิ้มตระกูล*

NICHA LIMTRAKUL

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130926@dpu.ac.th

ปองศิริ คุณงาม**

PONGSIRI KUNGNAM

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงามและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Pongsiri Kungnam, M.D., Advisor

อีเมล: pongsirikoonngam.@gmail.com

บทคัดย่อ

เพื่อพัฒนาวิธีการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่นชนิด *Dermatophagoides pteronyssinus* (*Der p*) โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางคลินิกระหว่างการใช้นวัตกรรมแผ่นแปะไมโครนีดเดิล (Microneedle Patch, MNP) กับวิธีสะกิดผิวหนังซึ่งเป็นวิธีมาตรฐาน (Skin Prick Test, SPT) โดยพิจารณาจากค่าความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ (Specificity) ค่าพยากรณ์ผลบวก (Positive Predictive Value) และค่าพยากรณ์ผลลบ (Negative Predictive Value) การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อประเมินความแม่นยำในการวินิจฉัย (Diagnostic accuracy research) ในอาสาสมัครจำนวน 40 คน โดยแขนข้างที่ทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานทำการทดสอบด้วยการหยดสารทดสอบไรฝุ่น *Der p* (Allergen extract) สารควบคุมลบ (Negative control) และสารควบคุมบวก (Positive control) แล้วใช้เข็ม IV เบอร์ 23 สะกิดผิวหนังชั้นหนังกำพร้า ส่วนแขนข้างที่ทดสอบด้วยการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิล ทำการทดสอบโดยกดแผ่นแปะไมโครนีดเดิล (Microspike®) ลงบนผิวหนัง จากนั้นจึงหยดสารทดสอบในปริมาณเท่ากัน อ่านผลการทดสอบที่ 15 นาที โดยบันทึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตุ่มนูน หากตุ่มนูนมีขนาดตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไปจะแปลผลเป็น "บวก" (ให้ผลวินิจฉัยว่าแพ้) การวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* โดยการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลมีความไวและความจำเพาะทางคลินิก "ไม่ด้อยกว่า" (Non-inferior) วิธีสะกิดผิวหนังมาตรฐาน โดยมีค่าความแม่นยำที่ความไว (Sensitivity) ร้อยละ 78.9 ความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 100 ค่าพยากรณ์ผลบวก (Positive Predictive Value) ร้อยละ 100 และค่าพยากรณ์ผลลบ (Negative Predictive Value) ร้อยละ 81.8 นอกจากนี้ การใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิล อาสาสมัครเกิดผลข้างเคียงน้อยกว่า ได้แก่ ความกลัว ความเจ็บ และไม่มีอุบัติเหตุจากจากเข็ม รวมถึงไม่พบว่ามีเลือดออก แผ่นแปะไมโครนีดเดิลสามารถใช้ทดแทนการใช้ตรวจโดยวิธีสะกิดผิวหนัง เนื่องจากการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลมีความไว (Sensitivity) ร้อยละ 78.9 ความจำเพาะร้อยละ (Specificity) 100 ค่าพยากรณ์ผลบวก (Positive Predictive Value) ร้อยละ 100 และค่าพยากรณ์ผลลบ (Negative Predictive Value) ร้อยละ 81.8 และยังเกิดผลข้างเคียงน้อยกว่า รวมถึงมีความปลอดภัยมากกว่าโดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีปัญหาในการวินิจฉัยภูมิแพ้ด้วยวิธีสะกิดผิวหนัง เช่น กลุ่มผู้ป่วยเด็ก ผู้ที่กลัวเลือด หรือผู้มีภาวะกลัวเข็มอย่างรุนแรง

คำสำคัญ: โรคภูมิแพ้, โรคจมูกอักเสบภูมิแพ้, การทดสอบภูมิแพ้ด้วยวิธีสะกิดผิวหนัง, ไมโครสไปค์, เดอร์มาโตฟากอยด์ส เทอโรนิสซินัส

Abstract

To develop a diagnostic method for house dust mite (*Dermatophagoides pteronyssinus*, *Der p*) allergy by comparing the clinical efficacy between a novel microneedle patch (MNP) and the standard skin prick test (SPT), based on sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value. This diagnostic accuracy study was conducted on 40 volunteers. For the standard reference arm, the test was performed on the designated forearm by applying drops of *Der P* allergen extract, negative control, and positive control, followed by a skin prick into the epidermis using a 23G intravenous needle. For the experimental arm, the Microspike® microneedle patch was pressed onto the opposite forearm before applying an identical quantity of the testing solutions over the patch area. Skin reactions were evaluated at 15 minutes post-test by measuring and recording the wheal diameter, where a diameter of ≥3 mm was defined as a "positive" diagnostic result. The diagnosis of *Der P* allergy using the microneedle patch demonstrated clinical non-inferiority to the standard skin prick test, yielding a diagnostic sensitivity of 78.9%, a specificity of 100%, a positive predictive value (PPV) of 100%, and a negative predictive value (NPV) of 81.8%. Furthermore, the use of the microneedle patch was associated with significantly fewer adverse effects, including lower levels of fear and pain. No instances of localized bleeding or needle-related procedural accidents were observed during microneedle patch application. The microneedle patch can serve as an effective alternative to the conventional skin prick test, owing to its high diagnostic accuracy (78.9% sensitivity , 100% specificity, 100% positive predictive value (PPV), and 81.8% negative predictive value (NPV)), lower incidence of side effects, and superior safety profile. This innovation is particularly advantageous for patients who present challenges in conventional skin prick testing, such as pediatric populations, individuals with blood phobias, or those suffering from severe trypanophobia (needle anxiety).

Keywords: allergic disease, allergic rhinitis, skin prick test, microspike, *Dermatophagoides pteronyssinus*

บทนำ

โรคภูมิแพ้เป็นกลุ่มโรคเรื้อรังที่พบได้บ่อยทั่วโลก เกิดจากระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายตอบสนองผิดปกติต่อสารก่อภูมิแพ้ ทำให้เกิดอาการอักเสบในระบบต่างๆของร่างกาย โดยโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ เป็นโรคภูมิแพ้ชนิดที่พบบ่อยที่สุด การวินิจฉัยอาศัยการซักประวัติ การตรวจร่างกาย และการตรวจทางห้องปฏิบัติการ การตรวจทางห้องปฏิบัติการ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทดสอบภูมิแพ้ด้วยการสะกิดผิวหนัง (Skin Prick Test, SPT), การเจาะเลือดเพื่อตรวจหาภูมิคุ้มกันต่อสารก่อภูมิแพ้ในน้ำเหลือง (Serum Specific IgE)[1-4]

การทดสอบภูมิแพ้ด้วยวิธีสะกิดผิวหนังถือเป็นวิธีการตรวจในร่างกาย (in vivo test) ที่เป็นที่นิยมและได้รับการยอมรับกว้างขวางที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากมีความไวและความจำเพาะสูง ทำได้ง่าย ราคาไม่แพง และทราบผลได้อย่างรวดเร็ว โดยมีความไว (Sensitivity) สูงถึงร้อยละ 80–97 และความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 70–95 ต่อสารก่อภูมิแพ้ในอากาศ ซึ่งในประเทศไทย มีการศึกษาสารก่อภูมิแพ้ที่พบบ่อยในเด็ก 2-18 ปี ที่มีประวัติเป็นโรคจมูกอักเสบจากภูมิแพ้ และ/หรือโรคหืด โดยพบว่าไรฝุ่น *Der p* เป็นสารก่อภูมิแพ้ทางอากาศ (aeroallergen) ที่ตรวจพบอุบัติการณ์การแพ้สูงที่สุด ร้อยละ 57.85 อย่างไรก็ตามวิธีทดสอบภูมิแพ้ด้วยวิธีสะกิดผิวหนังมีข้อจำกัด เช่น ความกลัวของผู้ป่วยจากการเห็นอุปกรณ์ที่มีความแหลมคม การสะกิดผิวหนังโดยแพทย์อาจมีความลึกแตกต่างกัน ความเจ็บปวดและการมีเลือดออกจากการทดสอบ และอาจความไม่ปลอดภัยจากอุปกรณ์ที่มีความแหลมคม เป็นต้น[5-8]

ไมโครสไปค์ (Microspike®) เป็นแผ่นแปะขนาดเล็กที่มีเข็มตันขนาดเล็กมาก (เป็นชนิด โซลิดไมโครนีดเดิลแพทช์, Solid Microneedle Patch) จำนวนมากเรียงตัวกันอยู่บนแผ่นแปะ โดยตัวเข็มมีลักษณะเป็นเข็มแฉกกากบาท ทำให้ผิวหนังเกิดเป็นรู ช่วยให้สารซึมผ่านผิวหนังได้ดีและรวดเร็วขึ้น

การทราบผลการทดสอบภูมิแพ้ที่เป็นบวกต่อไรฝุ่น *Der p* ช่วยให้แพทย์สามารถยืนยันการวินิจฉัยภูมิแพ้ที่มีสาเหตุมาจากไรฝุ่น *Der p* ได้อย่างแม่นยำ นำไปสู่การวางแผนการรักษาที่ตรงจุด อย่างไรก็ตามปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยที่ทำการทดสอบภูมิแพ้โดยการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิล ทางผู้วิจัยจึงสนใจใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลมาทำการทดสอบภูมิแพ้เปรียบเทียบกับการทดสอบด้วยวิธีสะกิดผิวหนัง โดยหวังว่าผลลัพธ์ของการทดสอบภูมิแพ้โดยการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลจะไม่ด้อยกว่า และคาดว่าจะมีผลข้างเคียงและภาวะแทรกซ้อนน้อยกว่าการสะกิดผิวหนัง

วัตถุประสงค์

เพื่อหาความไว (Sensitivity) ความจำเพาะ (Specificity) ค่าพยากรณ์ผลบวก (Positive Predictive Value) และค่าพยากรณ์ผลลบ (Negative Predictive Value) ในการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่นชนิดเดอร์มาโตฟากอยด์ส เทอโรนิสซินัส ด้วยการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลเปรียบเทียบกับการใช้วิธีสะกิดผิวหนัง รวมถึงเพื่อทราบว่าการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลในการทดสอบภูมิแพ้ ทำให้เกิดผลข้างเคียง เช่น ความกลัว ความเจ็บปวด การมีเลือดออก หรือภาวะแทรกซ้อน เช่น การเกิดอาการแพ้รุนแรง รวมถึงความปลอดภัยจากการใช้เข็ม

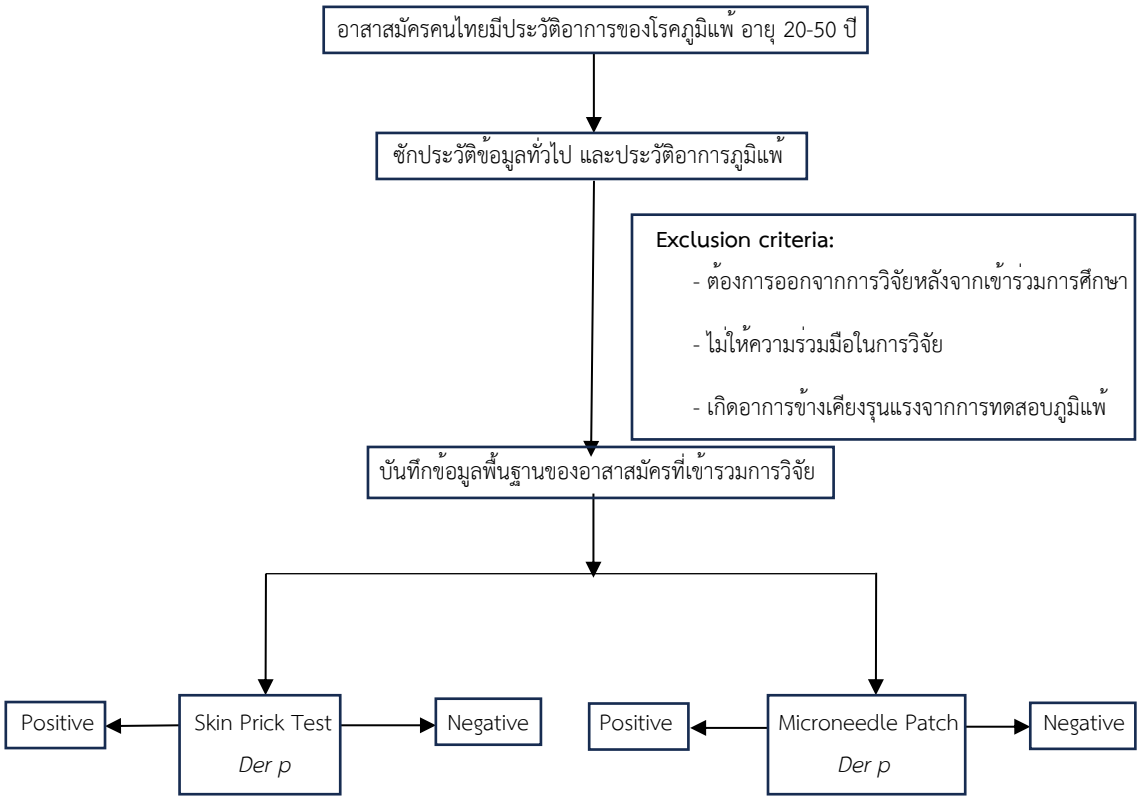
ระเบียบวิธีวิจัย

การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความแม่นยำในการวินิจฉัย (diagnostic accuracy research)[9] ของแผ่นแปะไมโครนีดเดิลในการตรวจคัดกรองภูมิแพ้ไรฝุ่นชนิด *Dermatophagoides pteronyssinus (Der p)* เปรียบเทียบกับวิธีสะกิดผิวหนัง ในประชากรไทยที่มีประวัติอาการของโรคภูมิแพ้ อายุ 20-50 ปี ซึ่งในการศึกษานี้ใช้วิธีสะกิดผิวหนังเป็นเกณฑ์อ้างอิงในการประเมินความถูกต้องของแผ่นแปะไมโครนีดเดิล เนื่องจากเป็นวิธีมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่นในปัจจุบัน

เนื่องจากยังไม่เคยมีงานวิจัยที่ใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลในการวินิจฉัยภูมิแพ้เปรียบเทียบกับวิธีสะกิดผิวหนังมาก่อน ผู้วิจัยจึงคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยพิจารณาจากการทำการศึกษานำร่อง (Pilot Study) ด้วยการทดสอบภูมิแพ้โดยใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลเปรียบเทียบกับการสะกิดผิวหนังในอาสาสมัครจำนวน 10 คน ทั้งนี้ ในการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้กำหนดระดับความแม่นยำทางคลินิกโดยตั้งค่าความไว (Sensitivity) ตั้งต้นที่ยอมรับได้ไว้ที่ร้อยละ 96 ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เป็นไปได้ในการดำเนินงานวิจัยทางคลินิกภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร จะคำนวณย้อนกลับได้ขอบเขตความไม่ด้อยกว่า (Non-inferiority Margin) ที่เหมาะสมทางสถิติ ที่ร้อยละ 11 ส่งผลให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมและมีพลังทางสถิติ (Statistical Power) เพียงพอในการสรุปผลการวิจัยได้อย่างถูกต้องแม่นยำคือ 40 คน ผู้วิจัยจึงกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ที่ 40 คน

ในการทดสอบ แขนข้างที่ทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานทำการทดสอบด้วยการหยดสารทดสอบไรฝุ่น *Der p* (Allergen extract) สารควบคุมลบ (Negative control) และสารควบคุมบวก (Positive control) แล้วใช้เข็ม เบอร์ 23[10] สะกิดผิวหนังชั้นหนังกำพร้า ส่วนแขนข้างที่ทดสอบด้วยการใช้แผ่นแปะไมโครสไปค์ทำการทดสอบโดยกดแผ่นแปะไมโครสไปค์ (ความยาว 450 ไมโครเมตร ความหนาแน่น 236 เข็ม/ตร.ซม.) ลงบนผิวหนังก่อน จากนั้นจึงหยดสารทดสอบในปริมาณเท่ากันลงบนบริเวณที่กด หลังจากนั้นจะอ่านผลการทดสอบที่เวลา 15 นาที โดยบันทึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตุ่มนูน หากตุ่มนูนมีขนาดตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไปจะแปลผลเป็น “บวก” (ให้ผลวินิจฉัยว่าแพ้)[11] ดังภาพที่ 1 นอกจากนี้ยังประเมินระดับความเจ็บปวดและความกลัวผ่านสเกลวัดคะแนน รวมถึงบันทึกการมีเลือดออก อุบัติเหตุจากเข็ม รวมถึงอาการแพ้

ภาพที่ 1 ตุ่มนูน (wheal) ที่มีขนาดตั้งแต่ 3 มิลลิเมตรขึ้นไปจะแปลผลเป็น "บวก"



แผนภูมิที่ 1 Flow chart Diagram[12-14]

ผลการวิจัย

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการวิจัยมีจำนวนทั้งสิ้น 40 คน เป็นเพศหญิง 29 คน คิดเป็นร้อยละ 72.5 และเพศชาย 11 คน คิดเป็นร้อยละ 27.5 โดยมีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 30 ± 5.9 ปี

ผลการวิจัยพบว่า ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีผลการทดสอบด้วยวิธีสะกิดผิวหนังเป็นบวกจำนวน 19 คน มีอาสาสมัครที่ให้ผลการทดสอบเป็นบวกตรงกันด้วยวิธีแผ่นแปะไมโครนีดเดิล จำนวน 15 คน และให้ผลการทดสอบเป็นลบ (ผลลบลวง) จำนวน 4 คน

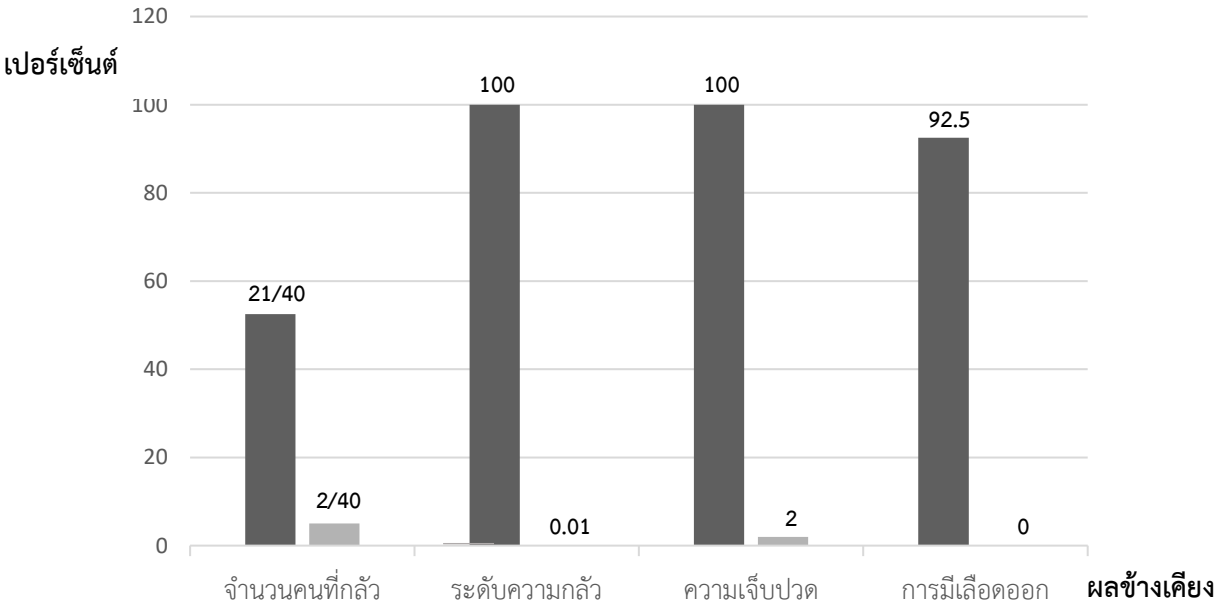
สำหรับกลุ่มอาสาสมัครที่มีผลการทดสอบด้วยวิธีสะกิดผิวหนังเป็นลบจำนวน 18 คน พบว่าอาสาสมัครทั้งหมดจำนวน 18 คน ให้ผลการทดสอบเป็นลบตรงกันด้วยวิธีแผ่นแปะไมโคนีดเดิลเช่นเดียวกัน โดยไม่พบอาสาสมัครที่เกิดผลบวกปลอมจากการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลเลย

ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบผลการวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* ระหว่างวิธีสะกิดผิวหนัง (SPT) และวิธีแผ่นแปะไมโครนีดเดิล (MNP) (n = 37)

	ผลการทดสอบด้วยวิธี MNP เป็นบวก	**ผลการทดสอบด้วยวิธี MNP เป็นลบ**	**รวม**
ผลการทดสอบด้วยวิธี SPT เป็นบวก	15 (True Positive)	4 (False Negative)	19
ผลการทดสอบด้วยวิธีSPT เป็นลบ	0 (False Positive)	18 (True Negative)	18
รวม	15	22	37

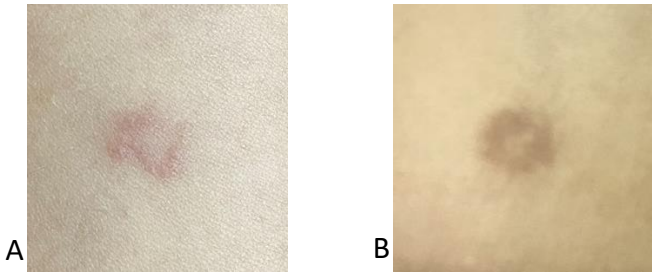
โดยค่าความแม่นยำของการทดสอบภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der P* ด้วยการใช้ไมโครนีดเดิล มีความไว (Sensitivity) ร้อยละ 78.9 และความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 100 การใช้ไมโครสไปค์ในการทดสอบภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* จึงไม่ด้อยกว่า (Non-inferiority) การทดสอบด้วยวิธีสะกิดผิวหนัง

คำนวนค่าพยากรณ์ผลบวก (Positive Predictive Value) ได้ร้อยละ 100 ค่าพยากรณ์ผลลบ (Negative Predictive Value) ได้ร้อยละ 81.8 ดังนั้นในกรณีที่ผู้ป่วยเข้ารับการตรวจภูมิแพ้ไรฝุ่นด้วยแผ่นแปะไมโครนีดเดิลแล้วผลการทดสอบเป็นบวก จะมีความน่าจะเป็นสูงถึงร้อยละ 100 ว่าผู้ป่วยรายนั้นเป็นโรคภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* จริง โดยไม่มีโอกาสเกิดผลบวกปลอมที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวินิจฉัย ส่วนในกรณีที่ผู้ป่วยเข้ารับการตรวจภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* ด้วยแผ่นแปะไมโครนีดเดิลแล้วผลการทดสอบเป็นลบ จะมีความน่าจะเป็นร้อยละ 81.8 ว่าผู้ป่วยรายนั้นไม่ได้เป็นโรคภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* จริง อย่างไรก็ดี จะมีโอกาสร้อยละ 18.2 ที่ผู้ป่วยอาจมีภาวะภูมิแพ้ไรฝุ่นซ่อนอยู่จริงแต่ตัวแผ่นแปะคัดกรองไม่พบ (ผลลบลวง)

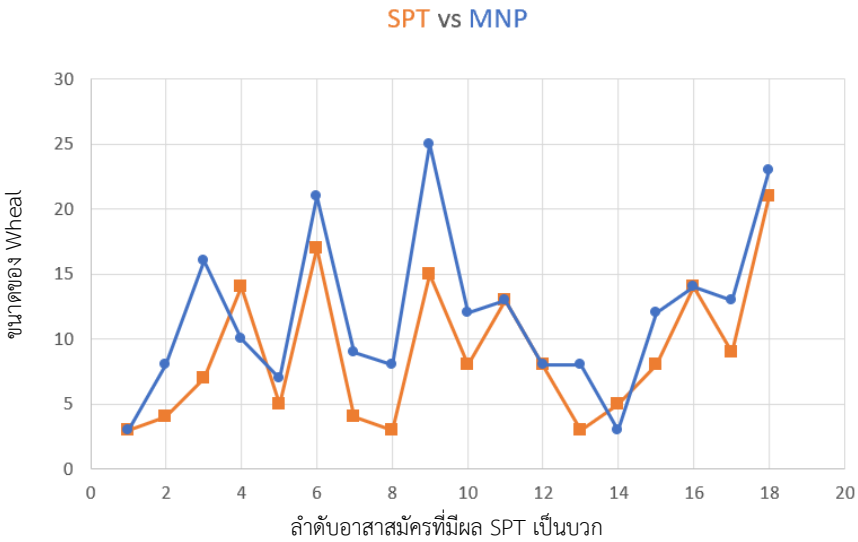


แผนภูมิที่ 2 ผลข้างเคียงที่เกิดจากการทดสอบภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* ได้แก่ ความกลัว ความเจ็บปวด และการมีเลือดออก จากการทดสอบด้วยวิธีสะกิดผิวหนังและการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิล

ภาพที่ 2 อาสาสมัครจำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.5) เกิดผื่นแพ้กระจายไปยังบริเวณลำตัว และต้องได้รับการดูแลรักษาด้วยการฉีดยา Chlorphemiramine 4 มิลลิกรัม เข้าเส้นเลือด หลังจากนั้นอาการหายกลับสู่ภาวะปกติได้ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 3 อาสาสมัครจำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.0) มีรอยแดงและตุ่มนูนบนบริเวณที่ทำการทดสอบด้วยแผ่นแปะไมโครนีดเดิล ได้รับการดูแลรักษาโดยการทายากลุ่มคอร์ติโคสเตียรอยด์ หายเป็นรอยดำ และหายเป็นปกติที่ 4 สัปดาห์ A. รูปรอยแดง B.รูปรอยดำ



แผนภูมิที่ 3 แสดงขนาดของ wheal เมื่อทดสอบภูมิแพ้ด้วยวิธีสะกิดผิวหนัง (SPT) และการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิล (MNP) พบว่าการทดสอบภูมิแพ้ด้วยการใช้แผ่นแปะไมโครนีดเดิลให้ขนาดของตุ่มนูน (wheal) ใหญ่กว่าการทดสอบด้วยวิธีสะกิดผิวหนัง

อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า การวินิจฉัยภูมิแพ้ไรฝุ่น *Der p* ด้วยแผ่นแปะไมโครนีดเดิล มีประสิทธิภาพทางคลินิกไม่ด้อยกว่า (Non-inferiority) วิธีสะกิดผิวหนัง โดยให้ค่าความไว (Sensitivity) ร้อยละ 78.9 ความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 100 ค่าพยากรณ์ผลบวก (Positive Predictive Value) ร้อยละ 100 และค่าพยากรณ์ผลลบ (Negative Predictive Value) ร้อยละ 81.8

ประสิทธิภาพดังกล่าวเกิดจากกลไกของแผ่นแปะที่เป็นเข็มตันทรงแฉกกากบาท ซึ่งสามารถเจาะเปิดผิวหนังชั้นบนเพื่อสร้างช่องทาง ช่วยให้สารสกัดดูดซึมเข้าสู่ชั้นผิวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองที่ชัดเจน

นอกจากนี้ ยังพบข้อสังเกตว่า ขนาดของตุ่มนูน (Wheal size) ที่เกิดจากการทดสอบด้วยแผ่นแปะไมโครนีดเดิลส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่กว่าวิธีสะกิดผิวหนัง ซึ่งน่าจะเกิดจากโครงสร้างแบบเรียงตัวเป็นกลุ่มของไม

โครนีดเดิลที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสและการกระจายสารสกัดภูมิแพ้เข้าสู่ชั้นผิวหนังได้กว้างและสม่ำเสมอกว่าการเจาะส่งสาร ณ จุดเดียว ส่งผลให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเด่นชัดและง่ายต่อการแปลผลทางการแพทย์

นวัตกรรมแผ่นแปะไมโครนีดเดิลนี้จึงมีศักยภาพในการนำมาใช้ทดแทนวิธีสะกิดผิวหนังแบบเดิมได้อย่างปลอดภัย โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ป่วยทั่วไป ผู้ป่วยเด็ก หรือผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดและไม่สามารถเข้ารับการตรวจด้วยวิธีสะกิดผิวหนังแบบดั้งเดิมได้ เช่น ผู้ที่มีภาวะกลัวเลือด หรือผู้ที่มีภาวะกลัวเข็มขั้นรุนแรง ซึ่งจะช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงการวินิจฉัยโรคภูมิแพ้ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพในทางเวชปฏิบัติ

สรุปผลการทดลอง

นวัตกรรมแผ่นแปะไมโครนีดเดิลเป็นเครื่องมือแพทย์ทางเลือกใหม่ที่มีความแม่นยำทางคลินิกในการวินิจฉัยภูมิแพ้ไม่ด้อยกว่าวิธีสะกิดผิวหนัง แต่มีจุดเด่นที่เหนือกว่าอย่างชัดเจนในการลดความกลัว ลดความเจ็บปวด ไม่ทำให้มีเลือดออก และลดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุเข็มทิ่มแทงของบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ความปลอดภัยสูง และเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในกลุ่มผู้ป่วยเด็กหรือผู้ป่วยที่มีข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถทดสอบด้วยวิธีการสะกิดผิวหนังได้

เอกสารอ้างอิง

1. Chiriac AM, Bousquet J, Demoly P. In vivo methods for the study and diagnosis of allergy. In: Burks AW, O'Hehir RE, Broide DH, Holgate ST, Bacharier LB, Hershey GKK, Peebles RS, editors. Middleton's allergy: principles and practice. 9th ed. Amsterdam: Elsevier; 2019.
2. Pawankar R, Canonica GW, Holgate ST, Lockey RF, Blaiss MS. WAO White Book on Allergy: update 2013. Milwaukee: World Allergy Organization; 2013.
3. Skoner DP. Allergic rhinitis: definition, epidemiology, pathophysiology, detection, and diagnosis. J Allergy Clin Immunol. 2001 Jul;108(1 Suppl):S2–8.
4. ราชวิทยาลัยโสต ศอ นาสิกแพทย์แห่งประเทศไทย, สมาคมโรคภูมิแพ้ โรคหืดและวิทยาภูมิคุ้มกันแห่งประเทศไทย, สมาคมแพทย์โรคจมูก (ไทย). แนวทางเวชปฏิบัติสำหรับโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ในคนไทย (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2565). Thai J Otolaryngol Head Neck Surg. 2022;23(1):72.
5. Chiriac AM, Bousquet J, Demoly P. In vivo methods for the study and diagnosis of allergy. In: Burks AW, O'Hehir RE, Broide DH, Holgate ST, Bacharier LB, Hershey GKK, Peebles RS, editors. Middleton's allergy: principles and practice. 9th ed. Amsterdam: Elsevier; 2019. p.1105–6.
6. Kulalert P, Poachanukoon O, Nanthapisal S, Sritipsukho P, Thanborisutkul K, Termworasin P, et al. Minimum number and types of allergens for a skin prick test panel in Thai children with allergic respiratory diseases. Allergy Asthma Clin Immunol. 2022;18(1):77.
7. ราชวิทยาลัยโสต ศอ นาสิกแพทย์แห่งประเทศไทย, สมาคมโรคภูมิแพ้ โรคหืดและวิทยาภูมิคุ้มกันแห่งประเทศไทย, สมาคมแพทย์โรคจมูก (ไทย). แนวทางเวชปฏิบัติสำหรับโรคจมูกอักเสบภูมิแพ้ในคนไทย (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2565). Thai J Otolaryngol Head Neck Surg. 2022;23(1):75,139–43.
8. สุวัฒน์ เบญจพลพิทักษ์. การทดสอบภูมิแพ้ทางผิวหนัง. กรุงเทพฯ: สมาคมโรคภูมิแพ้ โรคหืด และวิทยาภูมิคุ้มกันแห่งประเทศไทย; 2558 [เข้าถึงเมื่อ 10 มี.ค. 2554]. เข้าถึงได้จาก: https://allergy.or.th/2016/resources_expert_detail.php?id=117
9. ชยันตร์ธร์ ปทุมานนท์. วิจัยความถูกต้องเชิงวินิจฉัย (Diagnostic accuracy research). ใน: ชยันตร์ธร์ ปทุมานนท์, บรรณาธิการ. ระบาดวิทยาคลินิก แนวคิดเชิงทฤษฎี (Clinical epidemiology: theoretical concepts). กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด; 2554. หน้า 105–129.
10. Chiriac AM, Bousquet J, Demoly P. In vivo methods for the study and diagnosis of allergy. In: Burks AW, O'Hehir RE, Broide DH, Holgate ST, Bacharier LB, Hershey GKK, Peebles RS, editors. Middleton's allergy: principles and practice. 9th ed. Amsterdam: Elsevier; 2019. p.1098.
11. Bousquet J, Heinzerling L, Bachert C, Papadopoulos NG, Bousquet PJ, Burney PG, et al. Practical guide to skin prick tests in allergy to aeroallergens. Allergy. 2012;67(1):18–24.

12. Bernstein IL, Li JT, Bernstein DI, Hamilton R, Spector SL, Tan R, et al. Allergy diagnostic testing: an updated practice parameter. Ann Allergy Asthma Immunol. 2008;100(3 Suppl 3):S1–148.
13. Chiriac AM, Bousquet J, Demoly P. In vivo methods for the study and diagnosis of allergy. In: Burks AW, O'Hehir RE, Broide DH, Holgate ST, Bacharier LB, Hershey GKK, Peebles RS, editors. Middleton's allergy: principles and practice. 9th ed. Amsterdam: Elsevier; 2019. p.1102.
14. Chiriac AM, Bousquet J, Demoly P. In vivo methods for the study and diagnosis of allergy. In: Burks AW, O'Hehir RE, Broide DH, Holgate ST, Bacharier LB, Hershey GKK, Peebles RS, editors. Middleton's allergy: principles and practice. 9th ed. Amsterdam: Elsevier; 2019. p.1103.

ประสิทธิผลของการฉีดสารโพลีดีแอลแลคติคแอซิดต่อการรักษารอยแตกลายบริเวณท้อง: การทดลองนำร่องทางคลินิกแบบสุ่ม แบ่งครึ่งท้อง

THE EFFICACY OF SUPERFICIAL SUBCUTANEOUS POLY-D, L-LACTIC ACID INJECTION IN TREATING ABDOMINAL STRIAE (STRETCH MARK) : A RANDOMIZED, SPLIT-BODY, PILOT STUDY

พร้อมพงศ์ ศรีสวัสดิคุโณดม*

PROMPONG SRISAWADDIKUNODOM*

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130888@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

รอยแตกลายชนิดสีขาวเป็นระยะเรื้อรังของรอยแตกลายที่รักษาได้ยาก เนื่องจากมีการฝ่อลีบของชั้นหนังแท้และการเสื่อมสภาพของเส้นใยคอลลาเจนและอีลาสติน พอลิ-ดี,แอล-แลกติกแอซิด (Poly-D,L-lactic acid; PDLLA) เป็นสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพซึ่งมีศักยภาพในการฟื้นฟูเนื้อเยื่อ แต่หลักฐานทางคลินิกสำหรับการรักษารอยแตกลายชนิดสีขาวยังมีจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลและความปลอดภัยของการฉีด PDLLA เข้าสู่ชั้นใต้ผิวหนังระดับตื้นในการรักษารอยแตกลายชนิดสีขาวบริเวณหน้าท้องในสตรีไทย โดยเป็นการศึกษานำร่องแบบสุ่ม เปรียบเทียบสองด้านของหน้าท้องปกปิดสองฝ่าย และมีกลุ่มควบคุมด้วยยาหลอก อาสาสมัครหญิงอายุ 25–50 ปี จำนวน 16 ราย ได้รับการสุ่มให้หน้าท้องด้านหนึ่งได้รับ PDLLA และด้านตรงข้ามได้รับสารละลายนอร์มัลซาไลน์ในปริมาตรเท่ากันที่สัปดาห์ที่ 0, 4 และ 8 มีผู้เข้าร่วมการศึกษาครบ 15 ราย และติดตามผลถึงสัปดาห์ที่ 20 โดยประเมินผลหลักจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรรอยแตกลายด้วยเครื่อง Antera 3D และประเมินผลรองด้วยคะแนน Striae Distensae Severity Scale (SDSS), Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) และความปลอดภัย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองเชิงเส้นผสม ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครมีอายุเฉลี่ย 36.0 ± 6.8 ปี ด้านที่ได้รับ PDLLA มีปริมาตรรอยแตกลายลดลงมากกว่าด้านที่ได้รับยาหลอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่สัปดาห์ที่ 12 ($p = 0.043$) และมีแนวโน้มคงอยู่จนถึงสัปดาห์ที่ 20 ($p = 0.051$) แม้ไม่พบผลโดยรวมหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างการรักษากับเวลาอย่างมีนัยสำคัญ คะแนน SDSS ลดลงจากก่อนการรักษาอย่างมีนัยสำคัญในด้านที่ได้รับ PDLLA ($p = 0.003$) ขณะที่ด้านยาหลอกมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ($p = 0.038$) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างสองด้านหลังการรักษา ($p = 0.256$) และคะแนน GAIS ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม การรักษามีความปลอดภัยดี พบเพียงอาการบวมชั่วคราว รอยช้ำเล็กน้อย และอาการคันเป็นครั้งคราว โดยไม่พบก้อนนูน ความผิดปกติของสีผิว หรืออาการไม่พึงประสงค์รุนแรง สรุปได้ว่าการฉีด PDLLA เข้าสู่ชั้นใต้ผิวหนังระดับตื้นมีศักยภาพในการลดปริมาตรรอยแตกลายชนิดสีขาวบริเวณหน้าท้อง พร้อมทั้งมีความปลอดภัยในระยะสั้น ผลการรักษาที่เริ่มเด่นชัดหลัง 12 สัปดาห์สอดคล้องกับกลไกการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนของ PDLLA อย่างไรก็ตาม จำเป็นต้องมีการศึกษาที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้นและระยะติดตามผลยาวนานขึ้น เพื่อยืนยันประสิทธิผลและกำหนดแนวทางการรักษาที่เหมาะสมในทางคลินิก เลขทะเบียนการวิจัย: Thai Clinical Trials Registry (TCTR): TCTR20250918003

คำสำคัญ: รอยแตกลาย; รอยแตกลายชนิดสีขาว; รอยแตกลายบริเวณหน้าท้อง; พอลิ-ดี,แอล-แลกติกแอซิด; สารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจน

Abstract

Striae alba, the chronic stage of striae distensae, remains challenging to treat because of dermal atrophy and disruption of collagen and elastic fibers. Poly-D,L-lactic acid (PDLLA) is a biodegradable collagen biostimulator with potential regenerative properties; however, clinical evidence supporting its use for striae alba is limited. Objective: To evaluate the efficacy and safety of superficial subcutaneous PDLLA injections for the treatment of abdominal striae alba in Thai women. Methods: In this randomized, split-body, double-blind, placebo-controlled pilot study, 16 women aged 25–50 years with abdominal striae alba were enrolled, and 15 completed the study. One side of the abdomen was randomly assigned to receive PDLLA, while the contralateral side received normal saline. Treatments were administered at weeks 0, 4, and 8, with follow-up through week 20. Outcomes included Antera 3D measurements of striae volume, skin texture, wrinkles, and pigmentation, physician-assessed Striae Distensae Severity Scale (SDSS), physician- and participant-assessed Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS), and safety assessments. Longitudinal outcomes were analyzed using linear mixed-effects models. Results: The PDLLA-treated side demonstrated a significantly greater reduction in striae volume than the placebo-treated side at week 12 ($p = 0.043$), although this difference was not sustained at week 20 ($p = 0.051$). No significant overall treatment effect or treatment-by-time interaction was observed. Physician-assessed SDSS improved significantly from baseline on the PDLLA-treated side ($p = 0.003$), whereas the placebo-treated side showed a smaller improvement ($p = 0.038$); however, post-treatment differences between sides were not significant ($p = 0.256$). GAIS scores were comparable between treatments. Treatment was well tolerated, with only transient swelling, mild bruising, and occasional pruritus, and no nodules, persistent erythema, pigmentary alterations, or serious adverse events. Conclusions: Superficial subcutaneous PDLLA injection demonstrated a favorable short-term safety profile and showed potential for reducing abdominal striae alba volume. The delayed clinical response may reflect the collagen biostimulatory mechanism of PDLLA. Larger randomized controlled trials with longer follow-up are needed to confirm its efficacy and establish optimal treatment protocols. Thai Clinical Trials Registry (TCTR), TCTR20250918003.

Keywords: Striae distensae, Striae alba, Abdominal striae, Poly-D, L-lactic acid, Collagen biostimulator.

บทนำ

รอยแตกลาย (Striae Distensae; SD or Stretch Mark)[1-3] เป็นลักษณะทางผิวหนังที่พบได้บ่อย ซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยทางสรีรวิทยา เช่น การเติบโตในช่วงวัยรุ่น การตั้งครรภ์ การใช้ยาสเตียรอยด์ และบางกระบวนการของศัลยกรรม ในบางกรณีที่รุนแรงรอยแตกลายอาจเกี่ยวข้องกับโรคเกี่ยวกับความผิดปกติของผิวหนัง

แม้ว่าปัจจุบันจะยังไม่มีวิธีรักษาที่หายขาดได้ แต่ก็มีทางเลือก[3,14,15] ในการรักษาที่หลากหลายสำหรับการรักษารอยแตกลาย อีกทั้งรอยแตกลายตอบสนองต่อการรักษาแตกต่างกันในแต่ละระยะของการดำเนินโรค อย่างไรก็ตามผู้ที่มีปัญหารอยแตกลายจะมองหาทางเลือกในการรักษาด้วยเหตุผลด้านความงาม โดยผลการรักษาที่ดีที่สุดของการรักษารอยแตกลายคือการทำให้รอยแตกลายหายไปอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการกำจัดรอยแตกลายทั้งหมดเป็นไปได้ยากด้วยวิธีการรักษาในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการรักษารอยแตกลาย ยังไม่มีวิธีการที่รักษาที่จะได้ผลที่สุด งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งศึกษาประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของสาร PDLLA อย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ Neofilera ที่มีส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ PDLLA และสาร CMC ต่อการลดระดับความรุนแรงของรอยแตกลายบริเวณท้อง เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการรักษารอยแตกลายได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำถามและวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์ Neofilera ต่อการลดระดับความรุนแรงของรอยแตกลายบริเวณท้อง
2. เพื่อศึกษาผลข้างเคียง และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ Neofilera ในการฉีดที่ผิวที่มีรอยแตกลายบริเวณท้อง

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

Striae distensae[1-3] หมายถึง รอยแตกลายที่เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การตั้งครรภ์ การเพิ่มของน้ำหนักตัว โรคอ้วน การเติบโตอย่างรวดเร็ว หรือการใช้คอร์ติโคสเตียรอยด์มากเกินไป Striae gravidarum เป็นรอยแตกลายที่เกิดขึ้นเฉพาะในช่วงการตั้งครรภ์ ซึ่งพบได้มากถึง 90% ของผู้หญิง โดยมักปรากฏในช่วงไตรมาสที่สองหรือสามของการตั้งครรภ์ บริเวณที่พบบ่อย ได้แก่ หน้าท้องและเต้านม และพบได้น้อยกว่าที่สะโพก ก้น และต้นขา ส่วนกลไกการเกิดรอยแตกลายยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยร่วมกันรวมถึงพันธุกรรม (Genetic factors), ฮอร์โมน (Hormonal factors), แรงทางกล (Mechanical Stress) และปัจจัยอื่นๆ

ในส่วนของประสิทธิภาพและความปลอดภัย PDLLA ได้รับการทดสอบในหลายการทดลองทางคลินิก สรุปได้ว่า PDLLA มีความปลอดภัยและสามารถใช้ในทางตจวิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยปรับปรุงกระบวนการสมานแผล ลดริ้วรอย และปรับปรุงลักษณะของแผลเป็น ทางผู้วิจัยจึงเลือกที่จะทำวิจัยสาร PDLLA เนื่องจากมีความปลอดภัยและมีแนวโน้มที่จะรักษารอยแตกลายแล้วเห็นผลที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม

ยังคงมีข้อจำกัดและแนวทางการพัฒนาในอนาคต เช่น การขาดมาตรฐานในการเตรียม PDLLA และวิธีการให้ยาทำให้การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการศึกษาต่าง ๆ ทำได้ยาก ต้องมีการศึกษาต่อเกี่ยวกับขนาดยาและระยะเวลาของการรักษาที่เหมาะสม และงานวิจัยก่อนหน้าบางงานวิจัยยังไม่ได้ระบุอัตราส่วนผสมของสาร PDLLA จึงเป็นที่มาในการศึกษานี้ และนอกจากนี้ยังไม่เคยมีวิจัยที่ทำในคนไทยมาก่อน และยังไม่มีการทำ Randomized Controlled Trial มาก่อน

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาสมมติฐานว่าการฉีดสาร PDLLA ในผลิตภัณฑ์ของ Neofilera มีผลต่อการลดระดับความรุนแรงของรอยแตกลาย และเพื่อศึกษาผลข้างเคียง รวมถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ Neofilera ในการใช้ในการรักษารอยแตกลาย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research) โดยเป็นการศึกษาแบบนำร่อง (A Pilot Study) เป็นงานวิจัยแบบสุ่ม แบ่งครึ่งท้อง (Randomized, split-body, control trial) โดยทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์ Neofilera (Collagen stimulator) ต่อการลดระดับความรุนแรงของรอยแตกลายบริเวณท้องในอาสาสมัครคนไทย

การวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลในการรักษารอยแตกลายบริเวณท้องด้วยผลิตภัณฑ์ Neofilera เมื่อเทียบกับ Normal Saline Solution โดยศึกษาจากผู้เข้าร่วมวิจัยเพศหญิงที่มีรอยแตกลายหลังการตั้งครรภ์จำนวน 16 คน แต่มีผู้ที่ยกเลิกการเข้าร่วมงานวิจัยระหว่างวิจัย 1 คน ดังนั้นผู้ที่เข้าร่วมวิจัยจึงมีจำนวนทั้งสิ้น 15 คน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการอธิบายถึงการดำเนินโครงการวิจัยและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในการเข้าร่วม ได้รับการตรวจสภาพผิวบริเวณท้องที่มีรอยแตกลายโดยละเอียดด้วยเครื่อง Antera 3D เพื่อวัดคุณภาพผิวโดยรวม ได้แก่ ปริมาตร (Volume), ความหยาบของผิว (Texture), ริ้วรอย (Wrinkle) และเม็ดสี (Pigmentation) และมีการถ่ายรูปภาพบริเวณท้องที่ของผู้เข้าร่วมวิจัย รวมถึงประเมินระดับความรุนแรงของรอยแตกลายบริเวณท้องของอาสาสมัครทุกรายก่อนและหลังเข้าร่วมวิจัย อาสาสมัครจะได้รับการฉีดตัวยาและยาหลอก โดยฉีดข้างละ 10 มิลลิลิตร ทุก 4 สัปดาห์ จำนวน 3 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 0,4 และ 8) จากนั้นติดตามผลทั้งหมด 5 ครั้ง (สัปดาห์ที่ 0, 4, 8, 12 และ 20) ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โดยใช้ Linear Mixed-Effects Models (LMMs), McNemar–Bowker test, Wilcoxon signed-rank test และ Paired t-test จากนั้นตรวจสอบความสอดคล้องของผลด้วย Wilcoxon signed-rank test นำเสนอผลวิจัยและแปลผลความหมายตามลำดับ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของกลุ่มการศึกษา

ตัวแปร	**จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย N = 15 (%)**
เพศ	หญิง
อายุ	
20-29	2 (13.33%)
30-39	8 (53.33%)
40-49	5 (33.33%)
ค่าเฉลี่ย (Mean)	36.00
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	6.81
ค่าต่ำสุด-สูงสุด	25 - 48

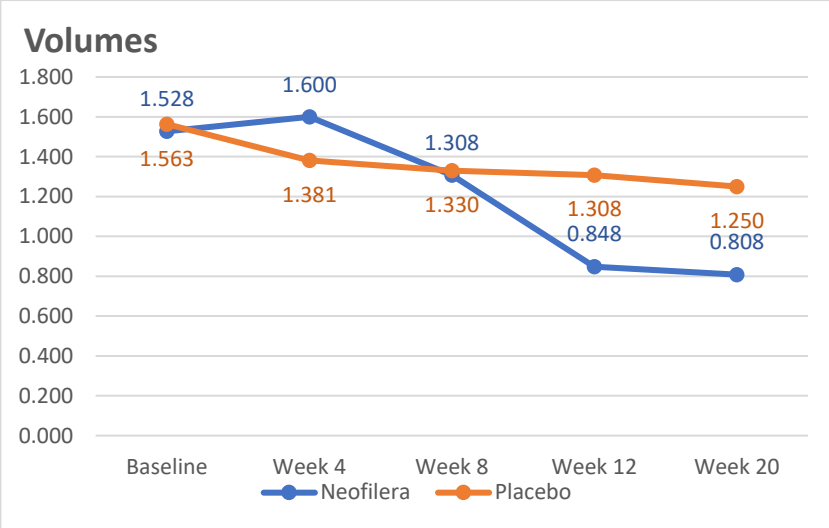
ตารางที่ 2 ตารางแสดงข้อมูลลักษณะความรุนแรงของรอยแตกลายของกลุ่มการศึกษาและชนิดของผิว

ตัวแปร	**จำนวนผู้เข้าร่วมวิจัย N = 15 (%)**	
ลักษณะความรุนแรงของระดับรอยแตกลาย		
Striae Distensae Severity Scale (SDSS)		
0.None	0 (0%)	
1.Mild	2 (13.33%)	
2.Moderate	9 (60%)	
3.Severe	2 (13.33%)	
4.Very severe	2 (13.33%)	
Fitzpatrick skin type, n (%)		
Type II	1	6.7%
Type III	13	86.7%
Type IV	1	6.7%

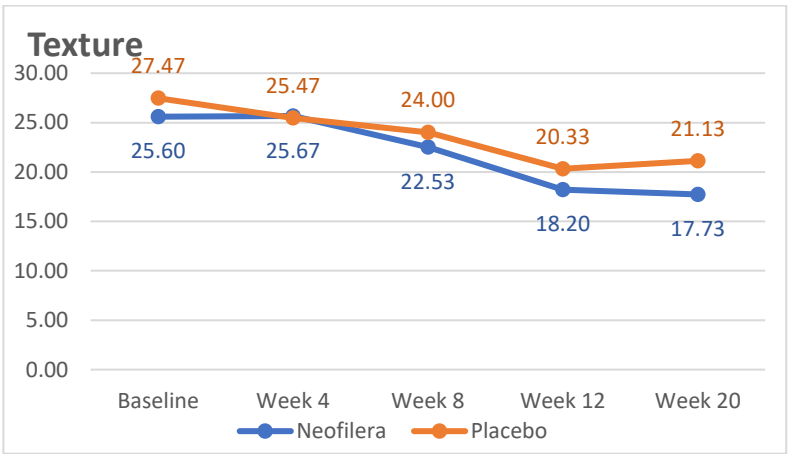
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาตร (Volume), ความหยาบของผิว (Texture), ริ้วรอย (Wrinkle) และเม็ดสี (Pigmentation) ระหว่างกลุ่ม คือ ระหว่างท้องที่มีการฉีดด้วยผลิตภัณฑ์ Neofilera และด้านที่ฉีดด้วยยาหลอก (Normal Saline Solution) ในระยะ Baseline และที่สัปดาห์ที่ 4, 8, 12 และ 20

	Neofilera (n=15) Mean ±S.D.	Placebo (n=15) Mean ±S.D.	Mean Difference (Neofilera − Placebo) (95%CI)			p-value	Cohen's d
Volumes							
Baseline	1.53 ±0.71	1.56±1.05	-0.035	(-0.479	,0.410)	0.878	0.04
Week 4	1.60 ±1.31	1.38±1.17	0.219	(-0.226	,0.664)	0.331	0.18
Week 8	1.31 ±0.79	1.33±0.97	-0.022	(-0.467	,0.423)	0.921	0.02
Week 12	0.85 ±0.68	1.31±1.04	-0.460	(-0.905	,-0.016)	0.043*	0.53
Week 20	0.81 ±0.59	1.25±0.95	-0.443	(-0.887	,0.002)	0.051	0.56
Texture							
Baseline	25.60 ±8.72	27.47±13.38	-1.867	(-6.253	,2.519)	0.401	0.17
Week 4	25.67 ±13.13	25.47±11.28	0.200	(-4.186	,4.586)	0.928	0.02
Week 8	22.53 ±7.34	24.00±10.50	-1.467	(-5.853	,2.919)	0.509	0.16
Week 12	18.20 ±8.50	20.33±10.36	-2.133	(-6.519	,2.253)	0.337	0.23
Week 20	17.73 ±8.28	21.13±9.91	-3.400	(-7.786	,0.986)	0.127	0.37
Pigmentation							
Baseline	23.13 ±5.69	22.13±6.78	1.000	(-1.987	,3.987)	0.509	0.16
Week 4	24.13 ±6.38	21.73±3.73	2.400	(-0.587	,5.387)	0.114	0.46
Week 8	22.00 ±8.13	20.87±5.54	1.133	(-1.853	,4.120)	0.454	0.16
Week 12	21.07 ±6.99	19.40±4.97	1.667	(-1.320	,4.653)	0.271	0.28
Week 20	22.53 ±7.09	21.07±3.73	1.467	(-1.520	,4.453)	0.333	0.26
Wrinkle							
Baseline	9.00 ±11.46	9.80±12.96	-0.800	(-7.824	,6.224)	0.822	0.07
Week 4	9.80 ±11.45	9.07±11.63	0.733	(-6.291	,7.758)	0.836	0.06
Week 8	6.40 ±11.03	8.47±10.91	-2.067	(-9.091	,4.958)	0.561	0.19
Week 12	5.13 ±8.95	6.47±11.24	-1.333	(-8.358	,5.691)	0.707	0.13
Week 20	3.07 ±8.09	5.20±10.93	-2.133	(-9.158	,4.891)	0.548	0.22

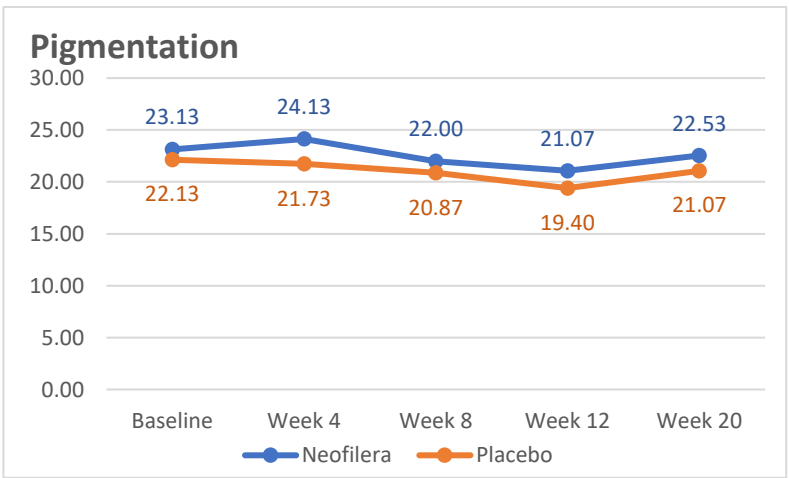
p-values were estimated using linear mixed-effects models with Bonferroni adjustment for multiple comparisons.
Cohen's d values of 0.20, 0.50, and 0.80 were interpreted as small, medium, and large effect sizes, respectively.
* Significant at the 0.05 level



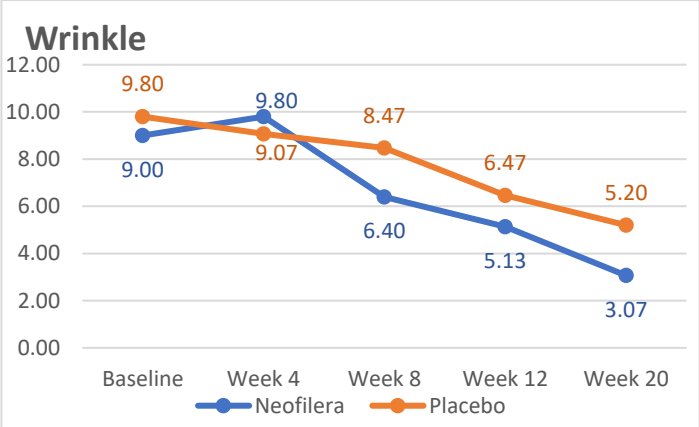
ภาพที่ 1 แสดงผลเปรียบเทียบค่าปริมาตร (Volume) ของผิวบริเวณท้องที่มีรอยแตกลายทั้งด้านที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Neofilera และด้านที่ใช้ยาหลอก ในสัปดาห์ที่ 0 (Baseline), 4, 8, 12 และ 20



ภาพที่ 2 แสดงผลเปรียบเทียบค่าความหยาบ (Texture or Roughness) ของผิวบริเวณท้องที่มีรอยแตกลายทั้งด้านที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Neofilera และด้านที่ใช้ยาหลอก ในสัปดาห์ที่ 0 (Baseline), 4, 8, 12 และ 20



ภาพที่ 3 แสดงผลเปรียบเทียบค่าเม็ดสี (Pigmentation) ของผิวบริเวณท้องที่มีรอยแตกลายทั้งด้านที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Neofilera และด้านที่ใช้ยาหลอก ในสัปดาห์ที่ 0 (Baseline), 4, 8, 12 และ 20



ภาพที่ 4 แสดงผลเปรียบเทียบค่าริ้วรอย (Wrinkle) ของผิวบริเวณท้องที่มีรอยแตกลายทั้งด้านที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Neofilera และด้านที่ใช้ยาหลอก ในสัปดาห์ที่ 0 (Baseline), 4, 8, 12 และ 20

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมิน Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) ที่สัปดาห์ที่ 20 เปรียบเทียบกับ Baseline

Evaluator	Neofilera (n=15) Mean ± SD	Placebo (n=15) Mean ± SD	Mean difference (95% CI)	p-value	Cohen's d
Participant	2.73 ± 0.46	2.73 ± 0.46	0.00 (-0.21, 0.21)	1.000	0.00
Physician †	3.00 ± 0.63	3.17 ± 0.67	-0.17 (-0.42, 0.08)	0.160	0.26

† Mean score of two blinded physicians. p-values were calculated using Wilcoxon signed-rank test.

ตารางที่ 5 แสดงการประเมินระดับความรุนแรงของรอยแตกลาย Striae Distensae Severity Scale (SDSS) ก่อนและหลังการรักษา

Evaluator	Group	Pre-treatment Mean±SD	Post-treatment Mean±SD	Mean difference (95% CI)	p-value	Cohen's d
Participant	Neofilera	2.40 ± 0.99	2.00 ± 0.93	0.40 (-0.01, 0.81)	0.058	0.54
	Placebo	2.40 ± 0.99	2.07 ± 0.80	0.33 (0.06, 0.60)	0.025*	0.68
Physician†	Neofilera	2.30 ± 0.88	1.63 ± 0.79	0.67 (0.38, 0.96)	0.003*	1.27
	Placebo	2.30 ± 0.88	2.00 ± 0.53	0.30 (0.01, 0.59)	0.038*	0.57

† Mean score of two blinded physicians. p-values were calculated using Wilcoxon signed-rank test. * Significant at $p < 0.05$

ตารางที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบคะแนน Striae Distensae Severity Scale (SDSS) ก่อนและหลังการรักษา ระหว่างด้านที่ได้รับ Neofilera และด้านที่ได้รับยาหลอกโดยแพทย์ไม่ทราบว่าข้างใดฉีดด้วยสารตัวใด (blind physician)

Outcome	Group	Cohen's Kappa (quadratic weighted)	95% confidence interval	Interpretation
GAIS (Week 20)	Neofilera	0.587	(0.250-0.824)	Moderate agreement
	Placebo	0.568	(0.143-0.813)	Moderate agreement
SDSS (Pre-treatment)	Neofilera	0.955	(0.746-1.000)	Almost perfect agreement
	Placebo	0.955	(0.759-1.000)	Almost perfect agreement
SDSS (Post-treatment)	Neofilera	0.667	(0.429-0.814)	Substantial agreement

Outcome	Group	Cohen's Kappa (quadratic weighted)	95% confidence interval	Interpretation
	Placebo	0.600	(0.000-0.923)	Moderate agreement

Inter-rater agreement between two blinded physicians was assessed using the quadratic weighted kappa coefficient because both GAIS and SDSS are ordinal scales. Interpretation of **K** values was based on the criteria proposed by Landis and Koch: <0.20, slight; 0.21–0.40, fair; 0.41–0.60, moderate; 0.61–0.80, substantial; and 0.81–1.00, almost perfect agreement.

ตารางที่ 7 ตารางแสดงผลการประเมินผลข้างเคียงและระดับความรุนแรงที่พบโดยอาสาสมัครและแพทย์ที่ใช้ผลิตภัณฑ์ Neofilera และ Placebo

Adverse event	Participant n (%)	Physician n (%)	Participant n (%)	Physician n (%)
	Neofilera	Neofilera	Placebo	Placebo
Swelling	15 (100.0)	15 (100.0)	15 (100.0)	15 (100.0)
Bruising	5 (33.3)	5 (33.3)	5 (33.3)	5 (33.3)
Pruritus	1 (6.7)	1 (6.7)	1 (6.7)	1 (6.7)
Erythema	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Nodule formation	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
Skin discoloration	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

Participant self-reports and physician assessments were completely concordant.

อภิปรายผลการวิจัย

ประสิทธิผลของ Neofilera ต่อรอยแตกลายประเมินด้วย Antera 3D

การศึกษานี้พบว่า Neofilera มีแนวโน้มช่วยลดความรุนแรงของรอยแตกลาย (Striae alba) โดยเฉพาะด้าน ปริมาตรของรอยแตกลาย (Volume) ซึ่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ สัปดาห์ที่ 12 ($p = 0.043$) และยังคงมีแนวโน้มดีขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 20 แม้ว่าจะยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.051$) มีแนวโน้มลดลงมากกว่ากลุ่มยาหลอก โดยเห็นผลชัดเจนในช่วงปลายการติดตามอย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วย Linear Mixed-effects Model (LMM) ไม่พบผลของการรักษาโดยรวม (overall treatment effect) หรือ interaction ระหว่างเวลาและการรักษา สะท้อนว่าผลของ PDLLA อาจเป็น Delayed treatment effect ซึ่งสอดคล้องกับกลไกของ collagen biostimulator ที่ต้องใช้เวลาในการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและการปรับโครงสร้างของชั้นหนังแท้ สำหรับ Pigmentation, Wrinkle และ Texture ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในส่วนของ Texture เมื่อวิเคราะห์ด้วย LMM พบ overall treatment effect อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.044$) แสดงว่า Neofilera ช่วยให้พื้นผิวเรียบขึ้นตลอดช่วงการติดตาม

กลไกการออกฤทธิ์ Mechanism Explanation

ผลลัพธ์เกิดจาก 2 กลไกหลัก Needling effect กับ Biological effect ของ PDLLA

1. **Needling effect**

Controlled micro-injury -> Wound healing response -> Dermal remodeling

2. Biological effect ของ PDLLA

PDLLA กระตุ้น macrophage และ fibroblast ทำให้มีการสร้าง collagen type I และ III อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ชั้นหนังแท้หนาขึ้น ลด dermal atrophy จึงช่วยฟื้นฟูผิว

ผลลัพธ์ทางคลินิก (Clinical Significance)

การประเมินด้วย SDSS คะแนนจากแพทย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งสองด้าน ด้าน Neofilera ลดลงมากกว่า มี Effect size สูง (Cohen's d = 1.27)

การประเมินด้วย GAIS แพทย์ประเมินว่า Neofilera มีแนวโน้มดีกว่ายาหลอก แม้ความแตกต่างยังไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ โดยรวมจึงสนับสนุนว่า Neofilera มีแนวโน้มช่วยลดความรุนแรงของรอยแตกลายได้ กรณีน่าจะเกิดขึ้นได้จาก

1. Needling effect[31] หรือ Needling trauma จาก blunt needle เป็น micro-wound healing โดยใช้เข็ม Blunt เข้าไปที่บริเวณ Superficial subcutaneous ทำให้เกิดแผลและมีการรักษาบาดแผลเกิดขึ้น (Wound healing effect)

2. Psychological expectation[32] จาก double-blind protocol ที่อาสาสมัครยังคาดหวังโดยการประเมินฝั่ง placebo side มี SDSS ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า needling effect หรือ spontaneous improvement อาจมีบทบาทมากกว่าที่คาด

3) Placebo response[33] ของ aesthetic outcomes สำหรับ physician GAIS มีความน่าเชื่อถือสูงกว่าเนื่องจาก blinded physician ใช้ภาพถ่ายเปรียบเทียบ

หากสามารถลด Volume ได้ประมาณ 30% หรือ SDSS ลดลง 1 ระดับ ถือว่าเป็น Clinically meaningful improvement ผู้ป่วยสามารถรับรู้ความเปลี่ยนแปลงได้จริง ได้แก่ รอยแตกลายตื้นขึ้น ผิวเรียบขึ้น เงาจากรอยบุ๋มลดลง ความมั่นใจในการแต่งกายเพิ่มขึ้น คุณภาพชีวิตและความพึงพอใจต่อการรักษาดีขึ้น

ส่วนผลข้างเคียงจากการฉีดผลิตภัณฑ์ Neofilera มีเพียงรอยช้ำ, การบวมและคันบริเวณรอยแตกลายเพียงเล็กน้อยหลังทำการฉีดผลิตภัณฑ์ Neofilera และหายไปใน 24 ชม. หลังฉีด ไม่มีผื่นแดงเกิดขึ้น ไม่มีก้อนนูน ไม่มีผิวหนังเปลี่ยนสี และไม่พบอาการข้างเคียงอื่น

สรุปผลการวิจัย

การฉีด PDLLA แสดงศักยภาพในการเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยสำหรับการรักษารอยแตกลายหน้าท้องชนิด Striae Alba โดยอาศัยกลไกการกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนและการปรับโครงสร้างผิวหนังซึ่งมีแนวโน้มช่วยลดความรุนแรงของรอยแตกลาย โดยเฉพาะการลดปริมาตรของรอยแตกลาย แม้ว่าผลการศึกษาจะอยู่ในระดับที่น่าสนใจ แต่ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างมากขึ้น และควรเปรียบเทียบความคุ้มค่าและประสิทธิผลกับวิธีรักษาแบบอื่น ๆ ต่อไป

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาและต่อยอดองค์ความรู้ในอนาคตโดยอาจทำในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ (Large parallel RCT), เพิ่มระยะเวลาติดตาม, เพิ่มจำนวน Session ของการฉีด, ศึกษาความเข้มข้นของ PDLLA ที่เหมาะสม, ควบคุมน้ำหนักตัวของอาสาสมัครเพื่อให้ได้งานวิจัยที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Borrelli MR, Griffin M, Ngaage LM, Longaker MT, Lorenz HP. Striae Distensae: Scars without Wounds. Plast Reconstr Surg. [Internet] 2021 Jul 1;148(1):77-87. doi: 10.1097/PRS.0000000000008065. PMID: 34181606.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34181606/
2. Mikes BA, Oakley AM, Patel BC. Striae Distensae. [Updated 2025 May 19]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026 Jan-.
Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK436005/
3. Y. Wu and H. Wang, “Advances in the Treatment of Striae Distensae,” Journal of Cosmetic Dermatology25, no. 1 (2026): e70683, https://doi.org/10.1111/jocd.70683.
Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocd.70683
4. Lee, K.W.A.; Chan, L.K.W.; Lee, A.W.K.; Lee, C.H.; Wong, S.T.H.; Yi, K.-H. Poly-d,l-lactic Acid (PDLLA) Application in Dermatology: A Literature Review. *Polymers* 2024 [Internet], *16*, 2583.
Available from: https://doi.org/10.3390/polym16182583
5. Oh S, Seo SB, Kim G, Batsukh S, Park CH, Son KH, Byun K. Poly-D,L-Lactic Acid Filler Increases Extracellular Matrix by Modulating Macrophages and Adipose-Derived Stem Cells in Aged Animal Skin. Antioxidants (Basel). [Internet] 2023 Jun 1;12(6):1204. doi: 10.3390/antiox12061204. PMID: 37371934; PMCID: PMC10294940.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37371934/
6. Oh S, Seo SB, Kim G, Batsukh S, Son KH, Byun K. Poly-D,L-Lactic Acid Stimulates Angiogenesis and Collagen Synthesis in Aged Animal Skin. Int J Mol Sci. 2023 [Internet] Apr 28;24(9):7986. doi: 10.3390/ijms24097986. PMID: 37175693; PMCID: PMC10178436.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37175693/
7. Seo SB, Park H, Jo JY, Ryu HJ. Skin rejuvenation effect of the combined PDLLA and non cross-linked hyaluronic acid: A preliminary study. J Cosmet Dermatol. [Internet] 2024 Mar;23(3):794-802. doi: 10.1111/jocd.16085. Epub 2023 Nov 15. PMID: 37969055.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37969055/
8. Seo SB, Kim SB, Yi KH. Effective improvement methods for striae distensae: A novel approach utilizing laser-induced micro-jet injectors with poly-d,l-lactic acid. J Cosmet Dermatol. [Internet] 2024 Sep;23(9):2876-2881. doi: 10.1111/jocd.16366. Epub 2024 May

16. PMID: 38752803.
Available from: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jocd.16366

9. Ma SH, Lin CY, Lin JY, Chang YT, Chen CC. Rejuvenation of the dorsal hand by injectable poly-D, L-lactic acid: A pilot study. Australas J Dermatol. [Internet] 2024 Sep;65(6):e168-e170. doi: 10.1111/ajd.14302. Epub 2024 May 20. PMID: 38764417.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38764417/
10. Chen SY, Lin JY, Lin CY. Compositions of injectable poly-d,l-lactic acid and injectable poly-l-lactic acid. Clin Exp Dermatol. [Internet] 2020 Apr;45(3):347-348. doi: 10.1111/ced.14085. Epub 2019 Sep 19. PMID: 31469923; PMCID: PMC7154629.
Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7154629/
11. Lotfollahi Z. The anatomy, physiology and function of all skin layers and the impact of ageing on the skin. Wound Pract Res [Internet]. 2024;32(1).
Available from: https://journals.cambridgemedia.com.au/wpr/volume-32-number-1/anatomy-physiology-and-function-all-skin-layers-and-impact-ageing-skin
12. Wang H. A Review of the Effects of Collagen Treatment in Clinical Studies. Polymers (Basel) [Internet]. 2021 Nov 9;13(22):3868. doi: 10.3390/polym13223868. PMID: 34833168; PMCID: PMC8620403.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34833168/
13. Garcia GC, Khan MN, Alam A, Li S, Huh EN. Lightweight Fitzpatrick Scale based skin tone classification on u-health edge device. In Wang Z, Tian J, Mandal M, editors, Sixteenth International Conference on Digital Image Processing, ICDIP 2024. SPIE. 2024. 1327410. (Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering). doi: 10.1117/12.3037709
Available from: https://khu.elsevierpure.com/en/publications/lightweight-fitzpatrick-scale-based-skin-tone-classification-on-u/
14. Ustuner P. Comparative Analysis of Laser Therapies for Striae Distensae: Fractional CO_2 vs Combined Q-Switch Nd:YAG. Med Sci Monit. 2025 Mar 21;31:e947464. doi: 10.12659/MSM.947464. PMID: 40114357; PMCID: PMC11934784.
Available from: https://medscimonit.com/abstract/full/idArt/947464
15. Sahuquillo JA, Martín-Gorgojo A. Stretch marks: systematic review of its therapeutic approach. *Actas Dermosifiliogr*. 2026;117(4):104553.
Available from: https://doi.org/10.1016/j.ad.2025.104553

16. de Freitas VMP, Miot HA, Miot LDB, Nogueira MAS, Yarak S, Ranulfo RT, Nunes GJB, Sanches JA Junior, Bagatin E. Development of a clinical scale to assess the severity of striae distensae. Skin Res Technol. [Internet] 2021 Jul;27(4):627-631. doi: 10.1111/srt.12995. Epub 2020 Dec 27. PMID: 33368720.
Available from: https://www.researchgate.net/publication/348005501_Development_of_a_clinical_scale_to_assess_the_severity_of_striae_distensae
17. La Padula, Simone MD, PhD1,3,5; Hersant, Barbara MD, PhD1; Pizza, Chiara MD1; Chesné, Christophe PhD2; Jamin, Agnes PhD2; Ben Mosbah, Ismail PhD2,4; D'Andrea, Francesco MD5; Persichetti, Paolo MD, PhD3; Rega, Umberto MD5; Pensato, Rosita MD5; Meningaud, Jean Paul MD, PhD1. The Objective Stretch Marks Photonumeric Assessment Scale: A New and Complete Method to Assess Striae Distensae. Plastic and Reconstructive Surgery 151(2):p 307-313, February 2023. [Internet] | DOI: 10.1097/PRS.0000000000009835
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40294321/
18. Perez Willis KM, Ramirez Galvez R. Granuloma after the Injection of Poly-D,L-Lactic Acid (PDLLA) Treated with Triamcinolone. Case Rep Dermatol Med. [Internet] 2024 Apr 25;2024:6544506. doi: 10.1155/2024/6544506. PMID: 38698953; PMCID: PMC11065485.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38698953/
19. Tan YJ, Sugianto N, Li Y. Multifocal strokes and vision loss from PDLLA filler injections. J Stroke Cerebrovasc Dis. [Internet] 2024 Mar;33(3):107556. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107556. Epub 2024 Jan 6. PMID: 38184971.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38184971/
20. Wang I, Lin HJ, Tsai YY, Chen WL, Lin CJ, Chen SN, Hsieh MC, Wan L, Tien PT. Multiple branch retinal artery occlusions following the new facial cosmetic filler (Poly-D, L-lactic Acid) injection a case report. BMC Ophthalmol. [Internet] 2023 Mar 6;23(1):86. doi: 10.1186/s12886-023-02821-8. PMID: 36879205; PMCID: PMC9987043.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36879205/
21. Rahman MS, Hasan MS, Nitai AS, Nam S, Karmakar AK, Ahsan MS, Shiddiky MJA, Ahmed MB. Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. Polymers (Basel). [Internet] 2021 Apr 20;13(8):1345. doi: 10.3390/polym13081345. PMID: 33924089; PMCID: PMC8074295.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33924089/

22. He B, Liu X, Qi S, Zheng R, Chang M, Lin Q, Ren J. A Review of Water-Resistant Cellulose-Based Materials in Pharmaceutical and Biomedical Application. Curr Med Chem. [Internet] 2021;28(40):8296-8318. doi: 10.2174/0929867328666210208113354. PMID: 33557729.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33557729/
23. Kanikireddy V, Varaprasad K, Jayaramudu T, Karthikeyan C, Sadiku R. Carboxymethyl cellulose-based materials for infection control and wound healing: A review. Int J Biol Macromol. [Internet] 2020 Dec 1;164:963-975. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.160. Epub 2020 Jul 21. PMID: 32707282.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32707282/
24. Sawetz I, Lebo PB, Nischwitz SP, Winter R, Schaunig C, Brinskelle P, Kamolz LP, Gualdi A, Lumenta DB. Platelet-rich plasma for striae distensae: What do we know about processed autologous blood contents for treating skin stretchmarks?-A systematic review. Int Wound J. [Internet] 2021 Jun;18(3):387-395. doi: 10.1111/iwj.13541. Epub 2021 Mar 18. PMID: 33738930; PMCID: PMC8244019.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33738930/
25. Alsharif SH, Alghamdi AS, Alhumaidi WA, AlRobaish OA, Al Hamoud MH, Alruwaili AS, AlQefari GB, Almutairi RT. Treatment of Striae Distensae with Filler Injection: A Systematic Review. Clin Cosmet Investig Dermatol. [Internet] 2023 Apr 2;16:837-845. doi: 10.2147/CCID.S405715. PMID: 37033784; PMCID: PMC10078536.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37033784/
26. Christen, Marie-Odile. (2022). Collagen Stimulators in Body Applications: A Review Focused on Poly-L-Lactic Acid (PLLA). Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology. [Internet] 15. 997-1019. 10.2147/CCID.S359813.
Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9233565/
27. DMG, Cunha. (2023). Treatment for Striae Alba with Poly-L-Lactic Acid: A Pilot Study. Clinical Dermatology Open Access Journal. 8. [Internet] 10.23880/cdoaj-16000318.
Available from:
https://www.researchgate.net/publication/376900971_Treatment_for_Striae_Alba_with_Poly-L-Lactic_Acid_A_Pilot_Study
28. Colangelo MT, Govoni P, Belletti S, Squadrito F, Guizzardi S, Galli C. Polynucleotide biogel enhances tissue repair, matrix deposition and organization. J Biol Regul Homeost

Agents. [Internet] 2021 Jan-Feb;35(1):355-362. doi: 10.23812/20-320-L. PMID: 33480222. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33480222/

29. Sintopachakul, M., & Sirithanabadeekul, P. (2024, April). *The efficacy of polynucleotide derived from salmon DNA for the treatment of striae distensae: A pilot study*. Proceedings of the RSU International Research Conference (RSUCON-2024), Rangsit University. [Internet]
Available from: https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/RSUSCI2024/IN24-048.pdf
30. Lim JTE. Treating Striae Distensae Albae in Asians: Efficacy and Safety of Combined MFU-V and CaHA. Plast Reconstr Surg Glob Open. [Internet] 2021 Feb 25;9(2):e3429. doi: 10.1097/GOX.0000000000003429. PMID: 33680674; PMCID: PMC7929617.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33680674/
31. Kim J, Lee JH, Jeong D, Lim T, Jung S, Paeng K, Lee S, Cho H, Lee S, Kim I, Kang B, Kim JH, Chu H, Hong M. Korean Medicine Subcision Therapies in Scar Treatment: A Retrospective, Multicenter Study at Network Clinics. Clin Cosmet Investig Dermatol. 2024 Oct 25;17:2381-2389. doi: 10.2147/CCID.S470014. PMID: 39474262; PMCID: PMC11520713.
Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11520713/
32. Obed D, Salim M, Bingoel AS, Hofmann TR, Vogt PM, Krezdorn N. Botulinum Toxin Versus Placebo: A Meta-Analysis of Treatment and Quality-of-life Outcomes for Hyperhidrosis. Aesthetic Plast Surg. 2021 Aug;45(4):1783-1791. doi: 10.1007/s00266-021-02140-7. Epub 2021 Feb 22. PMID: 33619611; PMCID: PMC8316174.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33619611/
33. Benedetti F. The concept of placebo/nocebo response and effect. EULAR Rheumatol Open. 2025 Oct 10;1(4):309-311. doi: 10.1016/j.ero.2025.09.006. PMID: 42367665; PMCID: PMC13292406.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42367665/
34. Fathizadeh S, Palm MD, Hooper D. Weight Loss and Its Impact on Soft Tissue. J Drugs Dermatol. 2026 May 1;25(5):449-453. doi: 10.36849/JDD.9532. PMID: 42081631.
Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42081631/
35. Hwang IC, Kim KK, Lee KR. Cryolipolysis-induced abdominal fat change: Split-body trials. PLoS One. 2020 Dec 29;15(12):e0242782. doi: 10.1371/journal.pone.0242782. PMID: 33373395; PMCID: PMC7771684.
Available from: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7771684/

การตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชในแยมสตรอว์เบอร์รี

EXAMINATION OF PESTICIDE RESIDUES IN STRAWBERRY JAM

พิมพ์วรมน นรภัทรมงคล*

PIMWORAMON NORAPATMONGKOL

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 645159110048@dpu.ac.th

พัฒนา เต็งอำนวย**

PATANA TENG-UMNUAY

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Assistant Professor Patana Teng-umnuay, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: doctorpatana@yahoo.com

บทคัดย่อ

วิถีชีวิตที่เร่งรีบในปัจจุบันส่งผลให้ผู้บริโภคนิยมเลือกอาหารที่สะดวกและรวดเร็ว เช่น ขนมปังกับแยม โดยเฉพาะแยมสตรอว์เบอร์รีซึ่งเป็นรสชาติที่ได้รับความนิยมสูง อย่างไรก็ตาม สตรอว์เบอร์รีเป็นผลไม้ที่มีแนวโน้มพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างจากกระบวนการเพาะปลูก จึงอาจส่งผลต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากสตรอว์เบอร์รี การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่วางจำหน่ายในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยแยมสตรอว์เบอร์รีจำนวน 15 ตัวอย่าง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศ ผลิตภัณฑ์นำเข้า และแยมโฮมเมด ประเภทละ 5 ตัวอย่าง โดยใช้ GT-Test Kit ซึ่งเป็นวิธีตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพที่อาศัยหลักการ cholinesterase inhibition และไม่สามารถระบุชนิดหรือปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้ ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างจำนวน 13 ตัวอย่างไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ขณะที่อีก 2 ตัวอย่างให้ผลคัดกรองอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามเกณฑ์การแปลผลของชุดทดสอบ และไม่พบตัวอย่างใดที่ให้ผลคัดกรองอยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัย อย่างไรก็ตาม GT-Test Kit เป็นวิธีการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพ จึงควรยืนยันผลด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐานในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันผลการตรวจสอบ

คำสำคัญ: แยมสตรอว์เบอร์รี, สารกำจัดศัตรูพืช, สารตกค้าง, GT-Test Kit, ความปลอดภัยของอาหาร

Abstract

In today's fast-paced lifestyle, consumers increasingly prefer convenient foods such as bread with jam, particularly strawberry jam, which is widely consumed. However, strawberries are considered a high-risk fruit for pesticide contamination due to agricultural practices, potentially affecting the safety of processed strawberry products. This study aimed to screen for pesticide residues in strawberry jam products available in Thailand, focusing on organophosphate and carbamate pesticides. A total of 15 samples were analyzed, comprising five domestic samples, five imported samples, and five homemade samples. Screening was performed using the GT-Test Kit, a qualitative screening method based on the principle of cholinesterase inhibition, which cannot identify the type or quantify the amount of pesticide residues. The results revealed that 13 samples showed no detectable pesticide residues, while 2 samples yielded screening results within the kit-defined safe range. No samples yielded screening results within the kit-defined unsafe range. These findings suggest that most samples showed no detectable residues within the scope and limitations of the screening method. However, the GT-Test Kit has limitations in identifying specific pesticide types and residue concentrations. Therefore, confirmatory analysis using standard laboratory methods is recommended to verify the screening results.

Keywords: strawberry jam, pesticide residues, GT-Test Kit, food safety

บทนำ

ปัจจุบันการแปรรูปอาหารเป็นวิธีสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตร โดยเฉพาะผลไม้ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสั้น แยมจึงเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสะดวกต่อการบริโภค เก็บรักษาได้นาน และสอดคล้องกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบของผู้บริโภคในปัจจุบัน โดยเฉพาะแยมสตรอว์เบอร์รีซึ่งเป็นรสชาติที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ทั้งจากรสชาติกลิ่นหอมเฉพาะตัว และคุณค่าทางโภชนาการของผลสตรอว์เบอร์รี[1,2]

สตรอว์เบอร์รีเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามินซี ใยอาหาร และสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น แอนโทไซยานินและโพลีฟีนอล ซึ่งมีส่วนช่วยลดการอักเสบและลดความเสี่ยงของโรคเรื้อรัง อย่างไรก็ตาม สตรอว์เบอร์รีเป็นพืชที่มีความอ่อนแอต่อโรค แมลง และศัตรูพืชหลายชนิด ส่งผลให้เกษตรกรนิยมใช้สารกำจัดศัตรูพืชเพื่อป้องกันความเสียหายและรักษาคุณภาพของผลผลิตให้เหมาะสมต่อการจำหน่าย[3,4] การใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างไม่เหมาะสม หรือไม่ปฏิบัติตามระยะปลอดสารก่อนการเก็บเกี่ยว อาจส่งผลให้เกิดสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) และคาร์บาเมต (Carbamates) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบประสาทของมนุษย์ผ่านการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase)[7,8]

รายงานการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในสตรอว์เบอร์รีทั้งในและต่างประเทศพบว่าสตรอว์เบอร์รีเป็นผลไม้ที่มีแนวโน้มพบสารตกค้างหลายชนิด เช่น คาร์โบฟูแรน คลอร์เดน และไดโครโตฟอส รวมถึงสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิด แม้ว่ากระบวนการผลิตแยมจะผ่านความร้อนซึ่งอาจช่วยลดปริมาณสารตกค้างบางส่วนได้ แต่ยังมีความเป็นไปได้ที่สารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดอาจคงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป[9,10] ประเทศไทยได้กำหนดค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits; MRLs) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการคุ้มครองผู้บริโภค โดยอ้างอิงแนวทางของคณะกรรมการโคเด็กซ์ ซึ่งมีการทบทวนมาตรฐานดังกล่าวอย่างต่อเนื่องให้สอดคล้องกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่จำหน่ายในประเทศไทย
2. เพื่อประเมินผลการตรวจคัดกรองสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีโดยใช้ชุดทดสอบ GT-Test Kit

ทบทวนวรรณกรรม

สตรอว์เบอร์รี (Strawberry) เป็นผลไม้เศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมทั่วโลก ทั้งในรูปแบบของการบริโภคสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำผลไม้ ไอศกรีม ขนมหวาน และแยมสตรอว์เบอร์รี เนื่องจากมีรสชาติหวานอมเปรี้ยว กลิ่นหอมเฉพาะตัว และอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินซี ใยอาหาร โฟเลต โพแทสเซียมและสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด ได้แก่ แอนโทไซยานิน (Anthocyanins) และโพลีฟีนอล (Polyphenols) ซึ่งมีส่วนช่วยลดการอักเสบ ป้องกันความเสียหายของเซลล์ และลดความเสี่ยง

ของโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังช่วยเสริมภูมิคุ้มกันและชะลอความเสื่อมของร่างกายได้ จึงทำให้สตรอว์เบอร์รีได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ[2,4]

อย่างไรก็ตาม สตรอว์เบอร์รีเป็นพืชที่มีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรค แมลง และศัตรูพืชหลายชนิด ตั้งแต่ระยะเพาะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ส่งผลให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารกำจัดศัตรูพืชเพื่อป้องกันความเสียหายของผลผลิตและรักษาคุณภาพของผลให้มีลักษณะสวยงามเหมาะสมต่อการจำหน่าย สารกำจัดศัตรูพืชที่นิยมใช้ในกระบวนการเพาะปลูกสามารถแบ่งได้หลายกลุ่ม ได้แก่ ออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) คาร์บาเมต (Carbamates) ไพรีทรอยด์ (Pyrethroids) และออร์กาโนคลอรีน (Organochlorines) ซึ่งแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติและความเป็นพิษแตกต่างกัน โดยเฉพาะสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบประสาทของมนุษย์ผ่านกลไกการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholinesterase) และอาจก่อให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น วิงเวียน คลื่นไส้ กล้ามเนื้อกระตุก หายใจลำบาก หรือในกรณีรุนแรงอาจเกิดภาวะพิษเฉียบพลันได้[7,8]

แม้ว่าจะมีการกำหนดมาตรฐานค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits; MRLs) เพื่อควบคุมความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร แต่ยังคงพบรายงานการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในสตรอว์เบอร์รีจากหลายประเทศ รวมทั้งในประเทศไทย โดยพบสารเคมีหลายชนิด เช่น คาร์โบฟูแรน คลอร์เดน ไดโครโตฟอส และสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิด เช่น ไดเมโทเอตและโอเมโทเอตซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเสี่ยงของการปนเปื้อนในวัตถุดิบตั้งต้นของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากสตรอว์เบอร์รี[9,10]

แยมสตรอว์เบอร์รีเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์แปรรูปที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่ หลายเนื่องจากสามารถเก็บรักษาได้นานและสะดวกต่อการบริโภค โดยกระบวนการผลิตแยมอาศัยการให้ความร้อนแก่ผลไม้ร่วมกับน้ำตาลและเพกติน เพื่อให้เกิดลักษณะเหนียวข้นและช่วยยืดอายุการเก็บรักษา แม้ว่ากระบวนการให้ความร้อนอาจช่วยลดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดได้ แต่ยังมีความเป็นไปได้ที่สารตกค้างบางประเภทอาจคงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมี ความคงตัวต่อความร้อน และกระบวนการผลิตของแต่ละผู้ผลิต[5,6]

การตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถดำเนินการได้หลายวิธี ตั้งแต่วิธีตรวจคัดกรองเบื้องต้นจนถึงการวิเคราะห์เชิงลึกในห้องปฏิบัติการ ชุดทดสอบ GT-Test Kit เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต โดยอาศัยหลักการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase Inhibition) ซึ่งแสดงผลผ่านการเปลี่ยนแปลงของสี ทำให้สามารถประเมินการปนเปื้อนเบื้องต้นได้อย่างรวดเร็ว สะดวก และมีต้นทุนต่ำ อย่างไรก็ตาม วิธีดังกล่าวมีข้อจำกัดในการระบุชนิดและปริมาณของสารตกค้าง จึงควรยืนยันผลด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน เช่น SPME-GC-MS หรือ LC-MS/MS เพื่อยืนยันผลการตรวจสอบ เนื่องจากมีความไวและความจำเพาะสูง สามารถตรวจวัดปริมาณและระบุชนิดของสารเคมีได้อย่างแม่นยำ[12,17]

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในสตรอว์เบอร์รีและผลิตภัณฑ์แปรรูปในหลายประเทศ โดยบางการศึกษาพบการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดใน

ระดับที่เกินค่ามาตรฐาน ขณะที่บางการศึกษาพบว่ากระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนสามารถช่วยลดปริมาณสารตกค้างได้บางส่วน นอกจากนี้ ยังมีรายงานการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชในแยมผลไม้และแยมสตรอว์เบอร์รี แม้ว่าส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานความปลอดภัย แต่อาจแตกต่างกันไปตามแหล่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และมาตรฐานการควบคุมคุณภาพของแต่ละประเทศ[15,16]

แม้ว่าจะมีข้อมูลการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในสตรอว์เบอร์รีสดและผลิตภัณฑ์แปรรูปในต่างประเทศอยู่จำนวนหนึ่งแต่ยังพบข้อจำกัดของข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่จำหน่ายในประเทศไทย ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีเบื้องต้น และเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของผู้บริโภค รวมทั้งสนับสนุนการเฝ้าระวังคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารแปรรูปในอนาคต[15,17]

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) เพื่อศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่วางจำหน่ายในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) และคาร์บาเมต (Carbamates) ซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในภาคเกษตรกรรมและอาจส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคหากเกิดการตกค้างในอาหาร[7,8] การศึกษาครั้งนี้ใช้ชุดทดสอบ GT-Test Kit เป็นเครื่องมือในการตรวจคัดกรองเบื้องต้น โดยอาศัยหลักการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase Inhibition) เพื่อประเมินการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างอาหาร[11,17]

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่วางจำหน่ายในร้านค้าทั่วไปและร้านค้าออนไลน์ในประเทศไทย โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 15 ตัวอย่าง แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศไทย จำนวน 5 ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ จำนวน 5 ตัวอย่าง และผลิตภัณฑ์แยมโฮมเมด จำนวน 5 ตัวอย่าง ทั้งนี้ ตัวอย่างที่เลือกต้องมีสตรอว์เบอร์รีเป็นส่วนประกอบหลักไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 มีข้อมูลผลิตภัณฑ์ชัดเจน และได้รับการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาในกรณีของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม[5]

การเตรียมตัวอย่างเริ่มจากการนำแยมสตรอว์เบอร์รีมาสกัดด้วยสารละลายของชุดทดสอบ GT-Test Kit เพื่อให้ได้สารสกัดตัวอย่างสำหรับใช้ในการตรวจสอบ จากนั้นดำเนินการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชตามขั้นตอนของชุดทดสอบ โดยควบคุมอุณหภูมิระหว่างการทดลองให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองเพื่อนำไปแปลผลการตรวจสอบ[11] การตรวจวิเคราะห์ดำเนินการตามขั้นตอนที่ระบุในคู่มือของชุดทดสอบ GT-Test Kit โดยตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละตัวอย่างจำนวน 1 ครั้ง และเปรียบเทียบผลกับแถบสีมาตรฐานของชุดทดสอบเพื่อแปลผล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยเปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นในหลอดตัวอย่างกับหลอดควบคุมและหลอดตัดสิน หากหลอดตัวอย่างมีสีเข้มกว่าหลอดตัดสิน แสดงว่าพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย แต่หากมีสีอ่อนกว่าหรือเท่ากับหลอดควบคุม จะถือว่าไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

ทั้งนี้ ผลการศึกษาถูกนำมาสรุปและอภิปรายผลเพื่อประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่จำหน่ายในประเทศไทย[11,17] เนื่องจากชุดทดสอบ GT-Test Kit เป็นการตรวจคัดกรองเชิงคุณภาพ จึงไม่สามารถระบุชนิดหรือปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช หรือค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) ได้

ผลการวิจัย

จากการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีจำนวน 15 ตัวอย่าง พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศจำนวน 1 ตัวอย่าง และผลิตภัณฑ์นำเข้าจำนวน 1 ตัวอย่าง ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ปลอดภัย ส่วนผลิตภัณฑ์โฮมเมดทั้ง 5 ตัวอย่างไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ทั้งนี้ไม่พบตัวอย่างใดที่มีสารตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค[11]ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีส่วนใหญ่ที่จำหน่ายในประเทศไทยมีแนวโน้มปลอดภัยภายใต้ขอบเขตของการตรวจสอบในครั้งนี้

ตารางที่ 1 ผลการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รี จำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ (n = 15)

ประเภทผลิตภัณฑ์	จำนวนตัวอย่าง	ไม่พบสารตกค้าง	ผลคัดกรองอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย	ผลคัดกรองอยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัย
ผลิตในประเทศ	5	4	1	0
นำเข้า	5	4	1	0
โฮมเมด	5	5	0	0
รวม	15	13	2	0

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีส่วนใหญ่ที่จำหน่ายในประเทศไทยไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต และมีเพียงบางตัวอย่างที่ตรวจพบในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค ผลดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับคุณภาพวัตถุดิบ กระบวนการผลิต หรือผลของความร้อนระหว่างการผลิตแยม อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่ได้ตรวจสอบปัจจัยดังกล่าวโดยตรง จึงไม่สามารถระบุสาเหตุได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ กระบวนการผลิตแยมซึ่งใช้ความร้อนในการต้มร่วมกับน้ำตาลและเพกติน อาจมีส่วนช่วยลดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดที่ไม่คงตัวต่อความร้อน ทำให้ปริมาณสารตกค้างในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปลดลง[6,15]

ผลการศึกษาครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศที่รายงานว่า แม้จะสามารถตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชในแยมสตรอว์เบอร์รีได้ แต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานความปลอดภัย [15,16] อย่างไรก็ตาม ยังมีบางการศึกษาที่รายงานการตรวจพบสารตกค้างหลายชนิดในผลิตภัณฑ์แยมผลไม้ ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับแหล่งวัตถุดิบ วิธีการเพาะปลูก และมาตรฐานการควบคุมคุณภาพของแต่ละประเทศ

แม้ว่าชุดทดสอบ GT-Test Kit จะเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และมีต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับการคัดกรองเบื้องต้น แต่ยังมีข้อจำกัดในการระบุชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้อย่างชัดเจน ดังนั้น เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการตรวจสอบ ควรมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ เช่น SPME-GC-MS หรือ LC-MS/MS ซึ่งมีความไวและความจำเพาะสูงกว่า[12,17]

การตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับปลอดภัยในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศและผลิตภัณฑ์นำเข้าอย่างละ 1 ตัวอย่าง ขณะที่ผลิตภัณฑ์โฮมเมดไม่พบสารตกค้างในตัวอย่างที่ศึกษา สะท้อนให้เห็นว่าการพบสารตกค้างไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะแหล่งผลิตประเภทใดประเภทหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวอย่างเพียง 15 ตัวอย่าง จึงยังไม่เพียงพอที่จะสรุปความแตกต่างของการปนเปื้อนระหว่างผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่จำหน่ายในประเทศไทย โดยใช้ชุดทดสอบ GT-Test Kit ในการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต[11] ผลการศึกษาพบว่า จากตัวอย่างแยมสตรอว์เบอร์รีทั้งหมด 15 ตัวอย่าง มีจำนวน 13 ตัวอย่างที่ไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง และอีก 2 ตัวอย่างตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ชุดทดสอบประเมินว่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย โดยไม่พบตัวอย่างใดที่ตรวจพบสารตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยภายใต้ขอบเขตการตรวจของชุดทดสอบ GT-Test Kit อย่างไรก็ตามชุดทดสอบดังกล่าวเป็นวิธีตรวจคัดกรองเบื้องต้น จึงไม่สามารถยืนยันการไม่มีสารตกค้างทั้งหมดหรือระบุชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชได้อย่างจำเพาะ ดังนั้น ควรยืนยันผลด้วยวิธีวิเคราะห์มาตรฐาน เช่น GC-MS หรือ LC-MS/MS เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลตรวจ

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ควรศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านยี่ห้อ แหล่งผลิต และช่วงเวลาการผลิต เพื่อให้ผลการศึกษาสามารถสะท้อนสถานการณ์การปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์แยมสตรอว์เบอร์รีที่จำหน่ายในประเทศไทยได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรมีการศึกษาสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มอื่นเพิ่มเติม เช่น ไพรีทรอยด์และออร์กาโนคลอรีน รวมถึงใช้วิธีวิเคราะห์มาตรฐานในห้องปฏิบัติการ เช่น SPME-GC-MS หรือ LC-MS/MS เพื่อยืนยันผลการตรวจสอบและเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์[13,17] นอกจากนี้ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวังสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดแนวทางการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด เพื่อเสริมสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

1. ยาฆ่าแมลงตกค้างในสตรอว์เบอร์รีสด. [อินเทอร์เน็ต]. ไทยรัฐ+สถาบันอาหารโครงการอาหารปลอดภัย. 2566. [เข้าถึงเมื่อ 25 เมษายน 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thairath.co.th/lifestyle/food/2637615
2. Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutrition.2012;28(1):9-19.
3. ศิริมาส ชัยชม, วันวิสา เตชะวงศ์, สุทิน มุขินทร์. การคัดเลือกเชื้อแอคติโนไมซีสเอนโดไฟต์ที่มีประสิทธิภาพในระบบการผลิตต้นแม่พันธุ์ด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อควบคุมเชื้อสาเหตุโรคของสตรอว์เบอร์รี. [สารนิพนธ์][อินเทอร์เน็ต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2567. [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://archive.lib.cmu.ac.th/full/rpf/2557/rpf035_57_full.pdf
4. Basu A, Nguyen A, Betts NM, Lyons TJ. Strawberry as a functional food: An evidence-based review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2014;54(6):790-806.
5. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ.2543 เรื่อง แยม เยลลี และมาร์มาเลด ในภาชนะที่ปิดสนิท. รัฐสภา [อินเทอร์เน็ต]. 2543. [เข้าถึงเมื่อ 15 เมษายน 2567].เข้าถึงได้จาก: https://fic.nfi.or.th/law/upload/file1/87_TH_Notifiction_213_2543.pdf
6. Maria RL, Monica VR, Gema F, Gracia BP, New method based on solid phase microextraction and multidimensional gas chromatography-mass spectrometry to determine pesticides in strawberry jam [Internet]. 2019 Jan [cited 2024 Aug 17]; 99:283–290. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643818307953
7. Thai-PAN. นานาสาระสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. Thai-PAN [อินเทอร์เน็ต]. 2555. [เข้าถึงเมื่อ 13 มิถุนายน 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://thaipan.org/data/457
8. ชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. [อินเทอร์เน็ต]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 13 มิถุนายน 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.yanglor.go.th/fileupload/5846406873.pdf
9. กอบทอง ธูปหอม, บุญไพ สังวรานนท์, กนกพร อธิสุข, ยุวดี เลิศเรืองเดช, ลัดดา แก้วกล้าปัญญาเจริญ, จิตผกา สันทัดรบ, และคณะ. สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและพีซีบีในอาหาร พ.ศ.2534–2536. [อินเทอร์เน็ต]. 2538 [เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2567]; 37(2):145-160.เข้าถึงได้จาก: http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2017/Publish/Research/
10. Babara R, Ionara PR, Joni CH, Ana U, Sonia H, Amadeo FR. Validation and application of micro flow liquid chromatography-tandem mass spectrometry for the determination of

pesticide residues in fruits jams [Internet]. 2015 Mar 1 [cited 2024 Oct 9];134:415–424. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914014009588

11. กอบทอง ธูปหอม. ชุดตรวจหายาฆ่าแมลง “จีที”. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2567]. เข้าถึงได้จาก: http://www.gttestkit.com/
12. Pena-Pereira F, Lavilla I, Bendicho C. Headspace solid-phase microextraction: A powerful sample preparation tool prior to gas chromatography. Chromatographia. 2010;72(1-2):5–17.
13. Di J, Long Y. Microflow LC-MS/MS to improve sensitivity for antisense oligonucleotides bioanalysis: critical role of sample cleanness [Internet]. 2023 Jan [cited 2025 Jun 20];14:1365–1376.Available from: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4155/bio-2022-0201
14. Hasti G, Vahidesh M, Moslem B, Amin KM. Optimized QuEChERS-HPLC-MS/MS method for pesticide residue detection in strawberries and associated health risks [Internet]. 2025 Jun [cited 2025 Aug 31];21:101907. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666154325002789
15. Tadeo JL, Sanchez-Brunete C, Albero B, Garcia-Valcarcel Al. Application of ultrasound-assisted extraction and gas chromatography-mass spectrometry for the determination of pesticide residues in fruit jams. J Chromatogr A. 2010;1217(16):2512-2518.
16. Walorczyk S. Development of a multi-residue method for the determination of pesticides in processed fruit and vegetable products by GC-MS/MS. Food Chem.2014;154:261-273.
17. บริษัท บี สมาร์ท ซายเอ็นซ์ จำกัด. ชุดตรวจสารพิษตกค้างยาฆ่าแมลง จีที 30 ตัวอย่าง. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: องค์การเภสัช; 2564. [เข้าถึงเมื่อ 15 มีนาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.bsmartsci.com/product/967/

การทบทวนวรรณกรรมเรื่องพิเพอรีนจากพริกไทยดำกับกระบวนการชราระดับเซลล์: ศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาว

NARRATIVE REVIEW ON PIPERINE FROM BLACK PEPPER AND CELLULAR AGING PROCESSES: ITS POTENTIAL IN PROMOTING LONGEVITY

รฐา โพธิ์งาม*

RHATHA PHONGAM

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: rhathaent@yahoo.com

เอกราช บำรุงพืชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

พริกไทยดำ (*Piper nigrum* L.) เป็นเครื่องเทศและพืชสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการปรุงอาหารและการแพทย์พื้นบ้านมานาน สารออกฤทธิ์สำคัญที่พบในพริกไทยดำ ได้แก่ พิเพอรีน (Piperine) ซึ่งมีศักยภาพในการต่อต้านอนุมูลอิสระและชะลอความชราของเซลล์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลพิเพอรีนจากพริกไทยดำ ที่มีผลกับกระบวนการชราระดับเซลล์ โดยทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับตัวชี้วัดกระบวนการชราระดับเซลล์ ได้แก่ อนุมูลอิสระ (ROS), SIRT1 (โปรตีนที่บ่งชี้อายุที่ยืนยาว) และ β-Galactosidase (เอนไซม์ที่บ่งชี้ความเสื่อมของเซลล์) จากฐานข้อมูลทางวิชาการ ได้แก่ PubMed, Scopus, ScienceDirect และ Google Scholar ในปี 2550 – 2568 ผลการศึกษาข้อมูลพบว่า พิเพอรีน จากพริกไทยดำ สามารถช่วยลดระดับของ ROS และ β-Galactosidase activity ได้ และทำให้ระดับการแสดงออกของโปรตีน SIRT1 สูงขึ้น ดังนั้นพิเพอรีนจากพริกไทยดำ สามารถชะลอกระบวนการชราระดับเซลล์จึงมีศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุยืนยาว (Longevity) ได้

คำสำคัญ: พิเพอรีน, พริกไทยดำ, กระบวนการชราระดับเซลล์, การมีอายุยืนยาว

Abstract

Black pepper (*Piper nigrum* L.) is a spice and medicinal plant that has long been utilized in culinary applications and traditional medicine. One of its major bioactive compounds, piperine has demonstrated antioxidant and anti-aging properties. This study aimed to review and compile evidence regarding the effects of piperine from black pepper on cellular aging processes. The investigation focused on key biomarkers of cellular senescence including reactive oxygen species (ROS), SIRT1(a longevity-associated protein) and β-galactosidase (a senescence-associated enzyme). A literature search was conducted using the PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar databases for studies published between 2007 and 2025. The findings revealed that piperine could reduce intracellular ROS levels and β-galactosidase activity while enhancing the expression of SIRT1 protein. These effects suggest that piperine may delay cellular senescence by modulating oxidative stress and aging-related molecular pathways. Therefore, piperine derived from black pepper possesses promising potential for promoting longevity and supporting healthy aging.

Keywords: Piperine, Black pepper, Cellular senescence, Longevity

บทนำ

พริกไทยดำ (*Piper nigrum* L.) เป็นเครื่องเทศและพืชสมุนไพรที่มีการใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการปรุงอาหารและการแพทย์พื้นบ้านมานาน สารอัลคาลอยด์สำคัญที่พบเป็นสัดส่วนสูงในผลพริกไทยดำ คือ พิเพอรีน (Piperine) ซึ่งมีการศึกษาทางเภสัชวิทยาอย่างกว้างขวาง พบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และมีผลต่อกระบวนการเผาผลาญ (Metabolic Regulation) ที่เกี่ยวข้องกับโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคเมตาบอลิกและความเสื่อมของเนื้อเยื่อหลายชนิด ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการชราของร่างกาย (Aging) และการลดคุณภาพชีวิตในผู้สูงอายุ[1,2]

การมีอายุที่ยืนยาว (Longevity) เกี่ยวข้องกับความสมดุลของกระบวนการชราระดับเซลล์ โดยตัวชี้วัดสำคัญประกอบด้วยระดับอนุมูลอิสระ (ROS), การทำงานของโปรตีน Sirtuin 1 (SIRT1) และเอนไซม์ Beta-Galactosidase (β-Gal)[3] การเพิ่มขึ้นของ ROS เป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative Stress) และเร่งกระบวนการชราของเซลล์ ขณะที่ SIRT1 ทำหน้าที่ควบคุมการซ่อมแซม DNA เผาผลาญพลังงาน ต้านการอักเสบ และชะลอความเสื่อมของเซลล์ จึงมีบทบาทสำคัญต่อความยืนยาวของเซลล์ ส่วน β-Gal เป็นตัวบ่งชี้ภาวะความเสื่อมชราของเซลล์ ซึ่งเมื่อพบในระดับสูง มักสัมพันธ์กับการเสื่อมของเนื้อเยื่อและการลดลงของอายุขัย มีงานวิจัยหลายฉบับพบว่า ภาวะที่มี ROS ต่ำ การเพิ่มการทำงานของ SIRT1 และการลดการแสดงออกของ β-Gal เป็นลักษณะที่พบร่วมกันในโมเดลที่มีอายุขัยยืนยาวมากขึ้น และถือเป็นกรอบตัวชี้วัดสำคัญที่ใช้ประเมินสภาวะส่งเสริมความยืนยาวในระดับเซลล์[4-5] อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการรวบรวมและสังเคราะห์หลักฐานที่เชื่อมโยงพิเพอรีนกับกลไกการส่งเสริมอายุยืนผ่านตัวชี้วัดสำคัญ เช่น ROS, SIRT1 และ β-Gal อย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาข้อมูลพิเพอรีนจากพริกไทยดำต่อกระบวนการชราระดับเซลล์เพื่อศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาว

วัตถุประสงค์

เพื่อรวบรวมข้อมูลพิเพอรีนจากพริกไทยดำที่มีผลต่อกับกระบวนการชราระดับเซลล์

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

พิเพอรีน (Piperine) เป็นสารอัลคาลอยด์หลักในพริกไทยดำ (*Piper nigrum* L.) ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในงานวิจัยทางเภสัชวิทยา เนื่องจากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity) ซึ่งช่วยลดความเสียหายของเซลล์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระ (Reactive Oxygen Species: ROS) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของกระบวนการเสื่อมของเซลล์และการเกิดโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน และโรคทางระบบประสาท[6] มีงานวิจัยพบว่าพิเพอรีนสามารถปรับปรุง กลไกการทำงานของ SIRT1 AMPK และ Beta-Galactosidase (β-Gal) กระตุ้นกระบวนการ Autophagy และลด Oxidative stress ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการชะลอความเสื่อมของเซลล์และส่งเสริมอายุยืน[7] และยังมีฤทธิ์ลดการหลั่ง cytokines pro-inflammatory เช่น TNF-α, IL-6 และ NF-ΚB pathway ซึ่งช่วยลดการอักเสบ

เรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการชราและโรคเรื้อรังของวัยสูงอายุ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางชีวภาพหลายประการ เช่น ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และการป้องกันความเสื่อมของเซลล์[1]

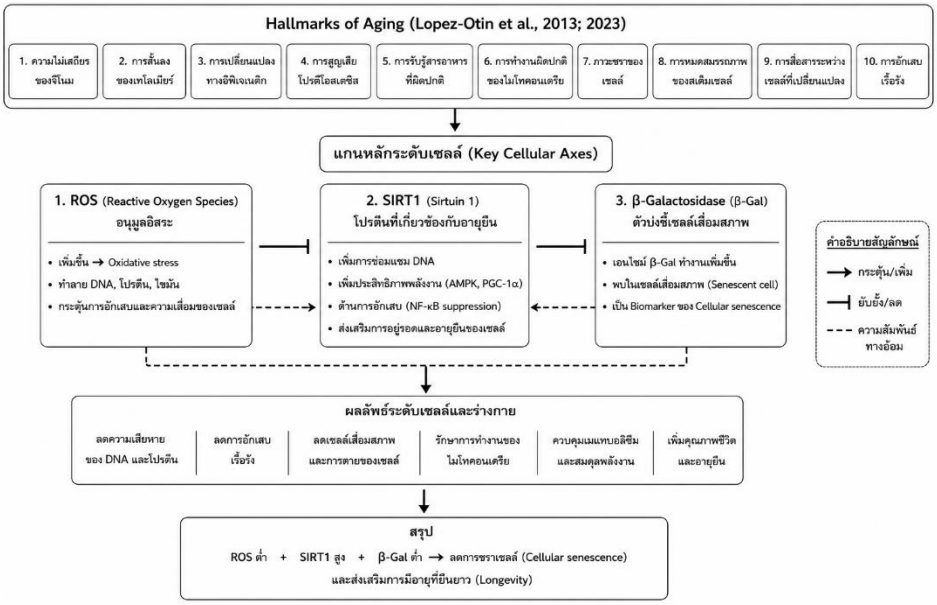
นอกจากนี้ยังพบว่าพิเพอรีนสามารถส่งผลต่อกลไกโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับความยืนยาวของเซลล์และสิ่งมีชีวิต มีงานวิจัยพบว่าพิเพอรีนสามารถกระตุ้น SIRT1 และ AMPK ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญในการควบคุมการชรา[8] นอกจากนี้ยังช่วยลดเอนไซม์ β-Gal ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่บ่งชี้ความชราของเซลล์ ทำให้เซลล์มีความยืดหยุ่นและความสามารถในการซ่อมแซมดีขึ้น[9] มีการศึกษาวิจัยในเซลล์ไฟโบรบลาสต์ (Fibroblasts) ที่เกิดความชราจากความเครียด (Stress-Induced Premature Senescence) พบว่าพิเพอรีนสามารถลดจำนวนเซลล์ที่แสดง β-Gal ได้อย่างมีนัยสำคัญ พร้อมกับลดระดับอนุมูลอิสระภายในเซลล์ ปรับสมดุลการทำงานของไมโตคอนเดรีย และช่วยฟื้นฟูศักยภาพการทำงานของลิไซโซม ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความชรา[10]

มีงานวิจัยหลายฉบับได้รายงานว่าพิเพอรีนสามารถยับยั้งการแสดงออกของโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยงได้ เช่น การยับยั้ง ICAM-1, VCAM-1 และ E-selectin ในเซลล์บุผนังหลอดเลือด (human umbilical vein endothelial cells, HUVECs) ที่ถูกกระตุ้นด้วย TNF-α ซึ่งเป็นไซโตไคน์ที่ก่อให้เกิดการอักเสบ และการยับยั้งปัจจัยการถอดรหัส NF-κB ส่งผลให้ลดการสังเคราะห์ไซโตไคน์อักเสบ เช่น TNF-α และ IL-1β[11] นอกจากนี้ยังลดการเกิด ROS (Reactive Oxygen Species) และ Lipid Peroxidation และลดการตายของเซลล์ (Apoptosis) ที่เกิดจากความเครียดออกซิเดชันหรือสารพิษ[7]

การศึกษาปัจจุบันได้อาศัยฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ชั้นนำ เช่น PubMed, Google Scholar และ Scopus เพื่อรวบรวมหลักฐานทางคลินิกที่เชื่อมโยงการบริโภคพริกไทยดำ (*Piper nigrum* L.) กับการบรรเทาภาวะแทรกซ้อนทางเมตาบอลิซึม สรุปว่าพริกไทยดำ รวมถึงสารออกฤทธิ์สำคัญคือพิเพอรีน มีศักยภาพในการปรับปรุงโปรไฟล์ไขมันในเลือด โดยสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลรวม, คอเลสเตอรอล LDL (low-density lipoprotein) และไตรกลีเซอไรด์ในผู้ที่มีน้ำหนักเกินหรือโรคอ้วน นอกจากนี้ การบริโภคพิเพอรีนยังสัมพันธ์กับคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบที่เพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (SOD) ในซีรัม และการลดลงของมาโลนัลดีไฮด์ (MDA) และโปรตีนซี-รีแอคทีฟ (CRP) ในผู้ที่มีภาวะเมตาบอลิซึมซินโดรม[12]

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาพบว่าพิเพอรีน (Piperine) มีศักยภาพในการชะลอกระบวนการเสื่อมของเซลล์ ผ่านการลดความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative Stress) และการปรับสัญญาณชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับความชรา โดยพบว่าพิเพอรีนสามารถลดระดับอนุมูลอิสระ (ROS) และยับยั้งการอักเสบผ่านการกระตุ้นเส้นทาง SIRT1–Nrf2 ซึ่งช่วย เสริมความสามารถของเซลล์ในการต้านอนุมูลอิสระและรักษาความเสถียรของไมโตคอนเดรีย[13,14] และมีการศึกษาในเซลล์และสัตว์ทดลอง พบว่าพิเพอรีนช่วยลดสัดส่วนของเซลล์ที่มีการแสดงออกของ Beta-Galactosidase (β-Gal) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของภาวะเซลล์ชรา ช่วยยับยั้งการเกิดเซลล์ชราในเซลล์ปกติ ทำให้พิเพอรีนได้รับความสนใจในฐานะสารออกฤทธิ์ธรรมชาติที่อาจช่วยชะลอกระบวนการชราระดับเซลล์ได้[10,15]

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมแบบพรรณนา (Narrative Review) โดยรวบรวม ศึกษา และสังเคราะห์ข้อมูลจากบทความวิจัย วารสารวิชาการ หนังสือ และเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับพิเพอรีน (Piperine) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญในพริกไทยดำ ที่มีผลต่อกระบวนการชราระดับเซลล์ (Cellular Senescence) และ การมีอายุยืนยาว (Longevity) โดยการสืบค้นข้อมูลดำเนินการจากฐานข้อมูลทางวิชาการ ได้แก่ PubMed, Scopus, ScienceDirect และ Google Scholar โดยใช้คำสำคัญ เช่น Piperine, Black Pepper, Cellular Senescence, Aging, Anti-aging และ Longevity รวมถึงคำค้นที่เกี่ยวข้อง โดยเกณฑ์การคัดเข้า ได้แก่ บทความวิจัยต้นฉบับและบทความปริทัศน์ที่ตีพิมพ์เป็นภาษาอังกฤษหรือภาษาไทย และรายงานผลเกี่ยวกับกลไกหรือผลของ พิเพอรีนต่อกระบวนการชราหรือตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง เช่น ROS, SIRT1 และ β-Gal เกณฑ์การคัดออก ได้แก่ บทคัดย่อการประชุม บทความที่ไม่สามารถเข้าถึงฉบับเต็ม บทความที่ซ้ำกัน และบทความที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นการศึกษา จากการสืบค้นพบบทความจำนวน 32 เรื่อง และคัดเลือกเข้าทบทวนจำนวน 10 เรื่อง ก่อนนำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์เชิงพรรณนา ทั้งนี้ บทความที่ได้รับการคัดเลือกจะถูกนำมาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และเรียบเรียงข้อมูลเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของพิเพอรีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการชราในระดับเซลล์ ตลอดจนศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาว

ผลการวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า พิเพอรีน (Piperine) มีคุณสมบัติทางชีวภาพหลายประการที่เกี่ยวข้องกับการชะลอกระบวนการชราระดับเซลล์และการส่งเสริมการมีอายุยืนยาว (ตารางที่ 1) ซึ่งนำเสนอเฉพาะงานวิจัยที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับกลไกการออกฤทธิ์ของพิเพอรีนที่สัมพันธ์กับการชะลอกระบวนการชราระดับเซลล์ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่รายงานบทบาทของพิเพอรีนในการลดความเครียด

ออกซิเดชัน (Oxidative Stress)[6,7] ซึ่งส่งผลให้เซลล์เสื่อมสภาพและเข้าสู่ภาวะชรา พิเพอรีน สามารถเพิ่มการทำงานของระบบป้องกันอนุมูลอิสระภายในร่างกาย เช่น Superoxide Dismutase (SOD), Catalase (CAT) และ Glutathione Peroxidase (GPx)[12] ส่งผลให้ลดการสะสมของอนุมูลอิสระ (ROS) และลดความเสียหายของเซลล์ได้ นอกจากนี้ พิเพอรีนยังสามารถยับยั้งการอักเสบผ่านการกระตุ้นเส้นทาง SIRT1–Nrf2 ซึ่งช่วยเสริมความสามารถของเซลล์ในการต้านอนุมูลอิสระและรักษาความเสถียรของไมโตคอนเดรีย[13,14] นอกจากนี้ยังช่วยลดสัดส่วนของเซลล์ที่มีการแสดงออกของ Beta-Galactosidase (β-Gal) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญของภาวะเซลล์ชรา[15] ในระดับโมเลกุล พบว่าพิเพอรีนสามารถมีอิทธิพลต่อเส้นทางการส่งสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับความชราและการมีอายุยืนยาว ได้แก่ Sirtuin 1 (SIRT1), AMP-activated Protein Kinase (AMPK) และ Mammalian Target of Rapamycin (mTOR) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเผาผลาญพลังงาน การซ่อมแซมเซลล์ และการอยู่รอดของเซลล์[16] การกระตุ้น SIRT1 และ AMPK ร่วมกับการยับยั้ง mTOR ในบางสภาวะ อาจช่วยส่งเสริมกระบวนการ Autophagy หรือการกำจัดองค์ประกอบที่เสื่อมสภาพภายในเซลล์ ส่งผลให้เซลล์มีความสามารถในการรักษาสมดุลและชะลอความเสื่อมได้ดียิ่งขึ้น[17,18]

ตารางที่ 1 สรุปหลักฐานการศึกษาผลของพิเพอรีนต่อกระบวนการชราระดับเซลล์

ผู้แต่ง	รูปแบบการทดลอง	แบบจำลอง/ชนิดเซลล์หรือสัตว์	ขนาดที่ใช้	ตัวชี้วัดหลัก	ผลลัพธ์สำคัญ
Charoensedtasin et al., 2024	In vitro	เซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวเฉียบพลัน (Acute leukemia cells)	20–80 μM	Autophagy, NF-**K**B, IL-6	กระตุ้น autophagy และ cellular senescence ผ่าน NF-**K**B และ IL-6
Xia et al., 2024	In vitro	เซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (Colon cancer cells)	20–160 μM	ROS, AKT/mTOR, Autophagy	เพิ่ม ROS กระตุ้น autophagy และยับยั้ง AKT/mTOR
Nugraheni & Ahlina, 2021	In vitro	เซลล์ CHO-K1 และ NIH-3T3 fibroblasts	หลายความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยพริกไทยดำ	β-Gal, Cellular senescence	ลดการแสดงออกของ β-Gal และชะลอภาวะเซลล์ชรา
Kumar et al., 2007	In vitro	Endothelial cells และ Neutrophils	10–100 μM	NF-**K**B, TNF-α	ยับยั้ง NF-**K**B ลดการอักเสบของเซลล์
Zhu et al., 2025	Animal	หนูทดลองโรคไตจากเบาหวาน	Curcumin + Piperine (ตามการศึกษาต้นฉบับ)	Nrf2/HO-1, Oxidative stress	กระตุ้น Nrf2/HO-1 ลดความเครียดออกซิเดชันและการอักเสบ

อภิปรายผลการวิจัย

พิเพอรีน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบ และช่วยควบคุมกลไกทางชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการชราระดับเซลล์ ได้แก่ ROS, SIRT1 และ β-Galactosidase[3] ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าความเครียดออกซิเดชันและการอักเสบเรื้อรังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมการเสื่อมของเซลล์ และมีรายงานว่า พิเพอรีนอาจมีบทบาทในการป้องกันความเสียหายของ DNA ลดการสะสมของเซลล์ชรา (Senescent Cells)[4,5] และช่วยรักษาความสมบูรณ์ของเซลล์ในอวัยวะต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อการลดความเสี่ยงของโรคที่สัมพันธ์

กับวัยชรา เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบประสาทเสื่อม โรคเบาหวาน และความผิดปกติของระบบเมแทบอลิซึม[6] อย่างไรก็ตาม ขนาดพิเพอรีนที่ใช้ในการศึกษาระดับเซลล์และสัตว์ทดลองมักสูงกว่าปริมาณที่ได้รับจากการบริโภคพริกไทยดำในชีวิตประจำวัน โดยพริกไทยดำมีพิเพอรีนประมาณ 2–9% ของน้ำหนักแห้ง[1] ดังนั้น การบริโภคพริกไทยดำในปริมาณที่ใช้เป็นเครื่องเทศทั่วไปจึงให้พิเพอรีนในระดับค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับขนาดที่ใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ พิเพอรีนยังมีคุณสมบัติยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงยาและโปรตีนลำเลียงบางชนิด เช่น CYP3A4 และ P-glycoprotein ส่งผลให้เพิ่มการดูดซึมของยาและสารออกฤทธิ์บางชนิด จึงควรใช้ความระมัดระวังในผู้ที่รับประทานยาประจำหรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหลายชนิด แม้ว่าพิเพอรีนจะมีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพและชะลอกระบวนการชรา แต่หลักฐานส่วนใหญ่ยังมาจากการศึกษาในระดับเซลล์และสัตว์ทดลอง จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาทางคลินิกในมนุษย์เพิ่มเติม เพื่อกำหนดขนาดรับประทานที่เหมาะสม ประเมินความปลอดภัยทั้งในระยะสั้นและระยะยาว รวมถึงยืนยันประสิทธิภาพในการชะลอวัยและส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาวก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิกหรือสาธารณสุข

สรุปผลการวิจัย

พิเพอรีนจากพริกไทยดำ มีคุณสมบัติในการชะลอกระบวนการชราระดับเซลล์ จึงมีศักยภาพในการส่งเสริมการมีอายุยืนยาว

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

พิเพอรีนจากพริกไทยดำ มีศักยภาพในการชะลอกระบวนการชราระดับเซลล์และส่งเสริมการมีอายุที่ยืนยาว อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาทางคลินิกในมนุษย์เพื่อยืนยันประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ขนาดและระยะเวลาการใช้ที่เหมาะสม รวมทั้งประเมินผลลัพธ์ระยะยาวก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในทางคลินิก

เอกสารอ้างอิง

1. Wiraswati HL, Ma'ruf IF, Sharifi-Rad J, Calina D. Piperine: an emerging biofactor with anticancer efficacy and therapeutic potential. Biofactors. 2025;51(1):e2134. doi:10.1002/biof.2134.
2. Takooree H, Aumeeruddy MZ, Rengasamy KRR, Venugopala KN, Jeewon R, Zengin G, et al. A systematic review on black pepper (Piper nigrum L.): from folk uses to pharmacological applications. Crit Rev Food Sci Nutr. 2019;59(Suppl 1):S210-S243.
3. López-Otín C, Blasco MA, Partridge L, Serrano M, Kroemer G. The hallmarks of aging. Cell. 2013;153(6):1194-217.
4. Satoh A, Brace CS, Rensing N, Cliften P, Wozniak DF, Herzog ED, et al. Sirt1 extends life span and delays aging in mice through the regulation of Nk2 homeobox 1 in the DMH and LH. Cell Metab. 2013;18(3):416-30.
5. Dimri GP, Lee X, Basile G, Acosta M, Scott G, Roskelley C, et al. A biomarker that identifies senescent human cells in culture and in aging skin in vivo. Proc Natl Acad Sci U S A. 1995;92(20):9363-7.
6. Meghwal M, Goswami TK. Piper nigrum and piperine: an update. Phytother Res. 2013;27(8):1121-30.
7. Charoensedtasin K, Kheansaard W, Roytrakul S, Tanyong D. Piperine, a black pepper compound, induces autophagy and cellular senescence mediated by NF-**K**B and IL-6 in acute leukemia. BMC Complement Med Ther. 2024;24(1):343.
8. Xia J, Guo P, Yang J, Zhang T, Pan K, Wei H. Piperine induces autophagy of colon cancer cells: dual modulation of AKT/mTOR signaling pathway and ROS production. Biochem Biophys Res Commun. 2024;728:150340.
9. Lim JS, Lee DY, Lim JH, Oh WK, Park JT, Park SC, et al. Piperine: an anticancer and senostatic drug. Front Biosci (Landmark Ed). 2022;27(4):137-52.
10. Nugraheni N, Ahlina FN. Anti-senescence activity of Indonesian black pepper essential oil (Piper nigrum L.) on ovarian CHO-K1 and fibroblast NIH-3T3 cells. Thai J Pharm Sci. 2021;45(3):Article 4.
11. Kumar S, Singhal V, Roshan R, Sharma A, Rembhotkar GW, Ghosh B. Piperine inhibits TNF-alpha induced adhesion of neutrophils to endothelial monolayer through suppression of NF-kappaB and IkappaB kinase activation. Eur J Pharmacol. 2007;575(1-3):177-86.

12. Dludla PV, Cirilli I, Marcheggiani F, Silvestri S, Orlando P, Muvhulawa N, et al. Bioactive properties, bioavailability profiles, and clinical evidence of the potential benefits of black pepper (Piper nigrum) and red pepper (Capsicum annuum) against diverse metabolic complications. Molecules. 2023;28(18):6569.
13. Guarente L. Sirtuins, aging, and metabolism. Cold Spring Harb Symp Quant Biol. 2011;76:81-90.
14. Haigis MC, Sinclair DA. Mammalian sirtuins: biological insights and disease relevance. Annu Rev Pathol. 2010;5:253-95.
15. Salminen A, Kaarniranta K. SIRT1: regulation of longevity via autophagy. Cell Signal. 2009;21(9):1356-60.
16. Zhu Y, Sun L, Guo Z, Xin P, Huang F, Song L, et al. Curcumin/piperine modulates the butyrate levels and alleviates diabetic kidney disease via Nrf2/HO-1 signaling pathway. Ren Fail. 2025;47(1):2538117.
17. Tiwari A, Tiwari A. Piperine: a comprehensive review of methods of isolation, pharmacological activities, and applications. Phytochem Rev. 2020;19(4):1-15.
18. Tripathi AK, Tripathi AK. Molecular and pharmacological aspects of piperine as a bioenhancer and therapeutic agent. Biol Futura. 2022;73(3):1-10.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เลเซอร์ไดโอด 1450 nm ร่วมกับ เลเซอร์สีฟ้า 450 nm เทียบกับ เลเซอร์ไดโอด 1450 nm อย่างเดียวในผู้ป่วยคนไทยที่เป็นสิว การทดลองแบบสุ่มครึ่งหน้าปกปิดข้อมูลฝ่ายเดียว

COMPARISON OF THE EFFICACY OF THE 1450 NM DIODE LASER WITH 450 NM BLUE LASER AND 1450 NM DIODE LASER FOR ACNE VULGARIS IN THAI PATIENTS, A PROSPECTIVE RANDOMIZED SINGLE BLIND , SPLIT-FACE STUDY

ภัควิชญ์ สุนทรพงษ์*

PHHAKKHAWIT SOONTORNPHONG

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล์ :pkw.stp@gmail.com

ศุภะรุจ เลื่องอรุณ**

SUPARUJ LUEANGARUN

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงามและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Suparuj Lueangarun, M.D., Advisor

อีเมล: saoraya180@gmail.com

บทคัดย่อ

เลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 1450 นาโนเมตรเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาสิว โดยออกฤทธิ์ผ่านการให้ความร้อนบริเวณต่อมไขมันและลดการทำงานของต่อมไขมัน ขณะที่แสงเลเซอร์สีฟ้าความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรช่วยลดเชื้อ Cutibacterium acnes (C.acnes) ผ่านการกระตุ้น porphyrin อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพเพิ่มเติมของการใช้เลเซอร์ทั้งสองชนิดร่วมกันเมื่อเทียบกับเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในประชากรไทยวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการรักษาสิวด้วยเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรร่วมกับเลเซอร์สีฟ้า 450 นาโนเมตร เทียบกับเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรเพียงอย่างเดียว การศึกษานี้เป็นการทดลองทางคลินิกแบบไปข้างหน้า สุ่มครึ่งใบหน้า และปกปิดข้อมูลฝ่ายเดียว ในอาสาสมัครชาวไทยที่เป็นสิวจำนวน 25 ราย ใบหน้าแต่ละด้านได้รับการสุ่มให้รักษาด้วยเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรร่วมกับเลเซอร์สีฟ้า 450 นาโนเมตร หรือเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรเพียงอย่างเดียว ทำการรักษาทั้งหมด 3 ครั้ง ที่สัปดาห์ที่ 0, 4 และ 8 และประเมินผลที่สัปดาห์ที่ 0, 4, 8 และ 12 ผลการศึกษาอาสาสมัครทั้งหมด 25 รายเข้าร่วมการศึกษาจนครบกำหนด ที่สัปดาห์ที่ 12 จำนวนเม็ดสิวทั้งหมดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม การวิเคราะห์กลุ่มย่อยเชิงสำรวจพบว่า ในอาสาสมัครที่มีระดับความรุนแรงของสิวเริ่มต้น Investigator Global Assessment (IGA) grade 3 ด้านที่ได้รับการรักษาแบบผสมผสานมีจำนวนเม็ดสิวทั้งหมดลดลงมากกว่าด้านควบคุมที่สัปดาห์ที่ 12 (mean difference = −3.50 lesions; 95% CI: −6.98 ถึง −0.03; p = 0.048) นอกจากนี้ ในกลุ่ม IGA grade 2 ด้านที่ได้รับการรักษาแบบผสมผสานมีจำนวนสิวอักเสบลดลงมากกว่าด้านควบคุมที่สัปดาห์ที่ 8 และ 12 (p = 0.029 และ p = 0.031 ตามลำดับ) ไม่พบภาวะผิวแห้ง ผิวแดง สีผิวเปลี่ยนแปลง หรือผิวไหม้จากการรักษา สรุปผลการรักษาด้วยเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรทั้งแบบใช้เพียงอย่างเดียวและแบบใช้ร่วมกับเลเซอร์สีฟ้า 450 นาโนเมตรสามารถลดจำนวนเม็ดสิวได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมีความปลอดภัยในผู้ป่วยชาวไทย โดยการเพิ่มเลเซอร์สีฟ้า 450 นาโนเมตรยังไม่แสดงความเหนือกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในประชากรโดยรวม

คำสำคัญ: สิว, เลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตร, เลเซอร์สีฟ้า 450 นาโนเมตร, Cutibacterium acnes

Abstract

The 1450-nm diode laser is an alternative treatment for acne vulgaris. Its proposed mechanism involves thermal effects on the sebaceous glands and reduction of sebaceous gland activity. The 450-nm blue laser may provide an additional antibacterial effect against Cutibacterium acnes (C. acnes) through porphyrin photoactivation. However, evidence regarding the added benefit of combining these two modalities compared with the 1450-nm diode laser alone remains limited, particularly in Thai patients. The objective is to compare the efficacy and safety of the 1450-nm diode laser combined with the 450-nm blue laser versus the 1450-nm diode laser alone for the treatment of acne vulgaris in Thai patients. This prospective, randomized, single-blind, split-face clinical trial included 25 Thai participants with acne vulgaris. Each hemiface was randomly assigned to receive either the 1450-nm diode laser combined with the 450-nm blue laser or the 1450-nm diode laser alone. Participants received three treatment sessions at weeks 0, 4, and 8, with assessments performed at baseline and at weeks 4, 8, and 12. All 25 participants completed the study. At week 12, total acne lesion counts, there was no statistically significant difference in total acne lesion count between the treatment groups in the overall study population. Exploratory subgroup analysis showed that among participants with baseline Investigator Global Assessment (IGA) grade 3 acne, the combination-treatment side demonstrated a greater reduction in total acne lesion count than the control side at week 12 (mean difference = −3.50 lesions; 95% CI: −6.98 to −0.03; p = 0.048). Among participants with baseline IGA grade 2 acne, the combination-treatment side also showed a greater reduction in inflammatory lesion count at weeks 8 and 12 (p = 0.029 and p = 0.031, respectively). No treatment-related dryness, erythema, pigmentation changes, or burns were observed. Both the 1450-nm diode laser alone and the combination of the 1450-nm diode laser with the 450-nm blue laser significantly reduced acne lesion counts and were well tolerated in Thai patients. Although the addition of the 450-nm blue laser did not demonstrate statistically significant superiority in the overall study population.

Keywords: acne vulgaris, 1450-nm diode laser, 450-nm blue laser, Cutibacterium acnes

บทนำ

สิว เป็นภาวะการอักเสบเรื้อรังของระบบต่อมไขมันในรูขุมขน ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้คนทั่วโลก คาดว่าสิวจะส่งผลกระทบต่อประชากรโลก 9.4% โดยจัดอยู่ในอันดับที่แปดในบรรดาโรคผิวหนัง สิวส่งผลกระทบต่อวัยรุ่นมากกว่า 85% และโรคนี้สามารถคงอยู่จนถึงวัยผู้ใหญ่[1] ซึ่งมักเกิดในผู้หญิงและคิดเป็นสองในสามของการปรึกษาแพทย์ผิวหนังเกี่ยวกับสิว

ลักษณะเฉพาะของสิวสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ สิวที่ไม่อักเสบ (สิวหัวเปิด/หัวดำ และสิวหัวปิด/หัวขาว) และสิวที่อักเสบ (ตุ่มนูน ตุ่มหนอง ตุ่มนูนใหญ่ และซีสต์) ซึ่งนำไปสู่การเกิดแผลเป็นและการเปลี่ยนสีของผิวหนัง ทำให้ต้องได้รับการรักษาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน โดยทั่วไปแล้ว สิวมักพบที่ใบหน้า คอ หลังส่วนบน และหน้าอก

โดยสาเหตุการเกิดสิวโดยทั่วไป ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของการหลั่งไขมัน, ปัจจัยฮอร์โมนทางต่อมไร้ท่อ เช่น Androgen, Insulin Growth hormone (IGF-1) เป็นต้น, การเกิดผลัดเซลล์ผิวผิดปกติของรูขุมขน, การแพร่กระจายของการติดเชื้อแบคทีเรีย และ การอักเสบบนผิว

การรักษาหลักเป็นการใช้ยาทาภายนอก เช่น retinoid, benzoyl peroxide, azelaic acid, antibiotics, และ isotretinoin[2] ซึ่งหลายชนิดส่งผลให้ผู้ป่วยไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด จากการเกิดผลข้างเคียงไม่ว่าจะเป็นแดง ระคายเคือง ผิวลอก คัน เป็นต้น[3] รวมไปถึงการกินยา isotretinoin ในกลุ่มคนที่เป็นสิวระดับปานกลางถึงรุนแรงที่ต้องเสี่ยงกับ ปัญหาเรื่องของ ปากแห้ง ผิวแห้ง การเพิ่มขึ้นของ Transaminase, LDL, Cholesterol และ triglycerides เป็นต้น[4]

ปัจจุบันการใช้แสงและเลเซอร์ในการรักษาสิวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเนื่องจากมีภาวะแทรกซ้อนน้อย จำนวนการรักษาที่ต้องทำในคลินิกน้อย มีประโยชน์ในการรักษาเรื่องรอยแผลเป็นจากสิว รอยแดงและความมันบนใบหน้าได้พร้อมกัน เห็นผลลัพธ์อย่างรวดเร็ว โดยเลเซอร์ที่มีการใช้ในการรักษาสิว ได้แก่ 1450 nm diode laser, 585 and 595-nm pulsed dye lasers (PDLs), 450 nm blue light, near-infrared diode lasers, 1320 nm Nd:YAG laser, 532 nm potassium titanyl phosphate laser, 1064 nm long-pulsed Nd:YAG laser, 1540 nm Erbium (Er):Glass Laser, 1550 nm Er:Glass, และ 1726 nm laser เป็นต้น[5]

ซึ่งเลเซอร์ที่มีงานวิจัยเรื่องประสิทธิภาพการรักษาสิวได้ดีและยังสามารถลดสิวได้ต่อเนื่องถึง 12 เดือนหลังทำครั้งสุดท้าย คือ 1450 nm diode laser6 แต่ยังไม่เคยมีการทำวิจัยในกลุ่มประชากรคนไทยมาก่อน และปัจจุบันเครื่องเลเซอร์รุ่นใหม่มีการใช้แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์ 450 nm ในการรักษาสิวอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

อุปกรณ์

1) เครื่องเลเซอร์ 1450 nm diode และ 450 nm blue laser (Capri laser®)
2) เครื่องสแกนผิวหน้า (VISIA®)
3) Sebumeter

4) เอกสารแบบประเมินต่างๆ เช่น IGA scale, ผลข้างเคียง, ความเจ็บ เป็นต้น

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดขนาดตัวอย่างในการศึกษานี้ใช้การประมาณค่าขนาดตัวอย่างด้วยโปรแกรม G power version 3.1.9.7 สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (Repeated measure ANOVA; F tests - ANOVA: Repeated measures, within-subjects) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ α = 0.05 อำนาจการทดสอบ 0.90 (Power of test 90%) และกำหนดค่า Effect size เท่ากับ 0.4 เนื่องจากการศึกษาก่อนหน้ามีการรายงานค่าสถิติที่ไม่สามารถนำใช้อ้างอิงในการคำนวณค่า Effect size ได้ ด้วยข้อจำกัดของการรายงานผลที่ในหลายบทความไม่มีการรายงานค่าความแปรปวนรวมทั้งสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความแตกต่างกัน การศึกษาประกอบด้วยปัจจัยภายในบุคคล 2 ปัจจัย ได้แก่

1. ปัจจัยด้านการรักษา จำนวน 2 รูปแบบ คือ การรักษาด้วยเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรร่วมกับเลเซอร์สีฟ้า 450 นาโนเมตร และการรักษาด้วยเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรเพียงอย่างเดียว
2. ปัจจัยด้านเวลา จำนวน 4 ช่วง ได้แก่ สัปดาห์ที่ 0, 4, 8 และ 12

ผลการคำนวณพบว่าต้องมีผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างน้อย 22 คน และได้ปรับเพิ่มขนาดตัวอย่างเพื่อป้องกันการขาดหายไปจากโครงการวิจัย (follow-up rate) และการถอนตัวออกจากโครงการ (drop-out rate) ร้อยละ 10 จากการคำนวณโดยใช้สูตรปรับขนาดตัวอย่าง (nadj = 22 / (1 – 0.1)) ได้จำนวนตัวอย่างไม่น้อยกว่า 25 คนดังนั้นจึงกำหนดขนาดตัวอย่าง จำนวน 25 คน ด้วยวิธี Consecutive case ตามเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกต่อไป

เกณฑ์การคัดเลือก

เกณฑ์การคัดเข้า

1. ชายหญิง สัญชาติไทย อายุมากกว่า 18ปี
2. Fitpatrickz skin type I-V
3. เป็นสิว ระดับความรุนแรงตั้งแต่ I-IV โดย Investigator global assessment (IGA) 4) ยินดีเข้าร่วมโครงการ

เกณฑ์การคัดออก

1. มีการทายารักษาสิว หรือเวชสำอาง ที่มีส่วนผสมของ AHA, BHA, Benzoyl peroxide, Retinoid, Azelaic acid ในช่วง 6 สัปดาห์
2. มีการกินยารักษาสิวที่ไม่ใช่ isotretinoin ในช่วง 6 สัปดาห์
3. มีการกินยา Isotretinoin ในช่วง 3 เดือน
4. มีการรักษาสิวด้วยเลเซอร์และแสงมาก่อนในช่วง 6 สัปดาห์
5. มีการรักษาสิวด้วยการผลัดเซลล์ผิวด้วยกรดมาก่อนในช่วง 6 สัปดาห์
6. ตั้งครรภ์หรือให้นมบุตร

7. สติฟั่นเฟือง

เกณฑ์การถอนตัว

1. มีประวัติผลข้างเคียงรุนแรงหลังจากทำหัตถการ
2. ไม่สามารถปฏิบัติตามมาตรการของงานวิจัยได้

วิธีการทดลอง

1. ทำความสะอาดผิวหน้าอาสาสมัครด้วยสบู่อ่อนและ alcohol 70% หลังจากนั้น เก็บข้อมูลภาพถ่ายจากเครื่อง VISIA skin analysis และเก็บข้อมูลเรื่อง porphyrins, redness, pore size เก็บค่า Sebum level จากเครื่อง Sebumeter โดยวัดที่บริเวณสูงสุดของ zygoma
2. อาสาสมัครจะถูกสุ่มใบหน้าแต่ละฝั่งด้วย Block randomization จาก computer โดยสุ่มหน้าด้านนึงจะได้รับการยิงด้วยเลเซอร์ diode 1450 nm ร่วมกับ เลเซอร์ 450 nm ด้วยเทคนิค dual regimen (Stamp mode: fluence 5-6 J/cm2 ที่สิวอักเสบหลังจากนั้น Toning mode 4 pass ทั่วครึ่งหน้า และตามด้วยการยิง Blue laser 4pass ทั่วครึ่งหน้า ส่วนหน้าอีกด้านยิงด้วยเลเซอร์ diode 1450 nm ด้วยเทคนิค dual regimen เพียงอย่างเดียว
   2.1. มีการประเมินผลเรื่อง pain score และผลข้างเคียงหลังทำ
   2.2. นัดประเมินพร้อมทำซ้ำอีกครั้งที่ 4, 8 สัปดาห์ โดยมีประเมินอีกทีครั้งสุดท้ายที่ 12 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในงานวิจัย

การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร (Baseline characteristics) ค่าParameter พื้นฐาน และผลข้างเคียงจากการรักษา ได้แก่ ผิวแดง ผิวแห้งลอก สีผิวเปลี่ยน (สีผิวขาวขึ้นหรือดำขึ้น) และอาการอื่นๆ วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ตามประเภทของข้อมูล ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณรายงานด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การวิเคราะห์สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics)

เนื่องจากเป็นการศึกษาแบบ split-face ซึ่งเป็นการวัดซ้ำภายในบุคคล ผู้วิจัย วิเคราะห์ด้วย linear mixed-effects model โดยกำหนดให้ผู้เข้าร่วมเป็น random effect เพื่อคำนึงถึงความสัมพันธ์ภายในบุคคล และประเมินผลของการเพิ่ม 450 nm blue laser จากพจน์ปฏิสัมพันธ์ treatment x time

วัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์หลัก

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm ในการลดจำนวนเม็ดสิว (Total acne count) เทียบกับ แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวในคนไทย ที่ ระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์

วัตถุประสงค์รอง

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความมันจากการรักษาทั้งจาก แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm และ จากแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวในคนไทย ที่ ระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลด porphyrin จากการรักษาทั้งจาก แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm และ จากแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวในคนไทย ที่ ระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดรอยแดง จากการรักษาทั้งจาก แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm และ จากแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวในคนไทย ที่ ระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์
4. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดpore size จากการรักษาทั้งจาก แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm และ จากแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวในคนไทย ที่ ระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์
5. เพื่อศึกษาผลข้างเคียงจากการรักษาทั้งจาก แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm และ จากแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวในคนไทย ที่ ระยะเวลา 0, 4, 8 และ 12 สัปดาห์อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

ผลการวิจัย

ลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

ข้อมูลทั่วไป	N= 25
อายุ (Mean±SD)	29.88 ± 6.9
เพศ	
ชาย	4
หญิง	21
Fitzpatrick skin type	
II	1
III	11
IV	11
V	2

ตารางที่ 2 แสดง parameter พื้นฐานของอาสาสมัคร

Parameter	Test (n = 25) Mean ± SD	Control (n = 25) Mean ± SD	Difference between groups (95%CI)	p-value
Total acne lesion count	17.48 ± 14.11	13.80 ± 11.12	0.97 (-1.21 - 3.15)	0.381
Inflammatory acne	6.40 ± 7.58	4.56 ± 4.94	0.75 (-0.43 - 1.93)	0.214
Non inflammatory acne	11.08 ± 11.93	9.24 ± 10.19	0.22 (-1.41 - 1.85)	0.789
Severity grading (IGA)	2.76 ± 0.93	2.64 ± 1.04	0.12 (-0.16 - 0.40)	0.401
Redness	17.09 ± 7.79	15.62 ± 6.47	1.47 (-0.22 - 3.15)	0.088
Pore size	14.15 ± 7.93	14.55 ± 8.54	-0.41 (-1.67 - 0.86)	0.528
Porphyrin	9.69 ± 6.70	10.00 ± 7.55	-0.31 (-2.11 - 1.49)	0.738

ผลลัพธ์

ตารางที่ 3 สรุปประสิทธิผลหลักที่สัปดาห์ที่ 12 เมื่อเทียบกับ baseline

Parameter	Test side : 1450 nm dual regimen +450 nm)	Control side : 1450 nm dual regimen	Difference between groups (95%CI)	p-value
Total acne lesion count	-7.68 (-11.81 - -3.55)	-5.36 (-9.49 - -1.23)	-1.56 (-5.38 - 0.74)	0.137
Inflammatory acne lesion count	-3.44 (-6.04 - -0.84)	-2.12 (-4.72 - 0.48)	-1.32 (-2.98 - 0.34)	0.198
Non-inflammatory acne lesion count	-4.24 (-7.27 - -1.21)	-3.24 (-6.27 - -0.21)	-1.00 (-3.30 - 1.30)	0.394
Sebum	-8.92 (-18.95 - 1.11)	-6.32 (-16.35 - 3.71)	-2.60 (-10.82 - 5.62)	0.535
Porphyrin	-0.52 (-2.62 - 1.58)	-0.95 (-3.05 - 1.15)	0.43 (-2.12 - 2.97)	0.742
Redness	-0.02 (-2.19 - 2.15)	0.89 (-1.28 - 3.06)	-0.91 (-3.29 - 1.47)	0.454
Pore size	1.27 (-0.39 - 2.92)	1.73 (0.08 - 3.39)	-0.47 (-2.26 - 1.32)	0.608

โดยรวมด้านที่รักษาด้วย 1450 nm ร่วมกับ 450 nm มีแนวโน้มให้ผลดีกว่าด้านควบคุมที่ใช้ 1450 nm เพียงอย่างเดียว ในการลดจำนวนสิวทั้งหมด สิวอักเสบ สิวไม่อักเสบ และระดับความมัน แต่ยังไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 ค่าสถิติของ Exploratory subgroup (ไม่ได้ปรับ multiplicity) total acne ที่เปลี่ยนแปลงไปในกลุ่ม IGA grade 3 เมื่อเทียบกับ baseline สัปดาห์ที่ 12

Parameter	Test side : 1450 nm dual regimen +450 nm)	Control side : 1450 nm dual regimen	Difference between groups (95%CI)	p-value
Total acne	-6.11 (-9.23 - -3.00)	-2.61 (-6.17 - 0.95)	-3.50 (-6.98 - -0.03)	0.048

ตารางที่ 5 ค่าสถิติของ Exploratory subgroup (ไม่ได้ปรับ multiplicity) ใน Inflammatory acne IGA grade 2 ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับ baseline สัปดาห์ที่ 12

Parameter	Test side : 1450 nm dual regimen +450 nm)	Control side : 1450 nm dual regimen	Difference between groups (95%CI)	p-value
Inflammatory acne	-1.93 (-3.62 - -0.25)	0.21 (-1.27 - 1.69)	-2.14 (-4.09 - -0.19)	0.031

ผลข้างเคียงของการทดลอง

ตารางที่ 6 ผลข้างเคียงการทดลอง

ผลข้างเคียง / อาการไม่พึงประสงค์	กลุ่มที่ได้รับการรักษา	ครั้งแรก	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 8	สัปดาห์ที่ 12
ระดับความเจ็บขณะทำหัตถการวัดด้วย 10-point VAS	1450 nm diode laser ร่วมกับ 450 nm blue laser	2.80 ± 1.22	2.68 ± 1.25	2.28 ± 1.62	-
ระดับความเจ็บขณะทำหัตถการวัดด้วย 10-point VAS	1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียว	2.96 ± 1.21	2.60 ± 1.22	2.32 ± 1.63	-
ผิวแห้ง	ทั้งสองกลุ่มการรักษา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ผิวแดง	ทั้งสองกลุ่มการรักษา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
สีผิวเปลี่ยน	ทั้งสองกลุ่มการรักษา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ผิวไหม้	ทั้งสองกลุ่มการรักษา	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ระดับความเจ็บของด้านที่รักษาด้วย 1450 nm diode laser ร่วมกับ 450 nm blue laser แทบไม่ต่างกับการทำด้วย 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียว

ไม่พบผลข้างเคียงใด ๆ เลยหลังทำการรักษาด้วยเลเซอร์ 1450 ร่วมกับ 450 nm blue laser หรือรักษาด้วยเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียว

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัย

พบว่าทั้งการรักษาด้วยแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm และรักษาด้วย แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียว ช่วยลดจำนวนเม็ดสิวได้ที่ 4, 8 และ 12 สัปดาห์อย่างมีนัยยสำคัญทางสถิติทั้งคู่ โดยการรักษาด้วยแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm มีแนวโน้มลดจำนวนเม็ดสิวได้ดีกว่าทั้งชนิดอักเสบและไม่อักเสบ ที่ 4, 8 และ12 สัปดาห์ โดยกลไกที่อธิบายผลการลดสิวอักเสบคือการออกฤทธิ์ร่วมกันของสองความยาวคลื่น โดยเลเซอร์ไดโอด 1450 นาโนเมตรออกฤทธิ์ผ่านการให้ความร้อนในชั้นหนังแท้และบริเวณต่อมไขมัน ส่งผลให้การทำงานของต่อมไขมันลดลงและลดการอักเสบรอบรูขุมขน ขณะที่แสงสีฟ้า 450 นาโนเมตรสามารถกระตุ้น porphyrin ที่สร้างโดย Cutibacterium acnes ทำให้เกิด reactive oxygen species และนำไปสู่การลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียรวมถึงการลดกระบวนการอักเสบ

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลแนวโน้มจำนวนสิวลดลงในด้านที่รักษาด้วยแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm มากกว่าแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียว แต่ไม่มี

นัยสำคัญทางสถิติ ทางผู้วิจัยคิดว่าอาจเกี่ยวข้องกับการเลือกระยะเวลาการฉายแสงสีฟ้าที่ค่อนข้างต่ำในงานวิจัยนี้ เพื่อคงความปลอดภัยและลดโอกาสเกิดผลข้างเคียงจากการรักษาเช่น ผิวแห้ง แดง ลอก สีผิวเข้มขึ้น เป็นต้น[8]

การยิง Blue laser ในงานวิจัยนี้ ยิงทั้งหมด 4 pass ทั่วครึ่งหน้าด้วย fluence 0.72J/cm^2 คิดเป็นระยะเวลาประมาณ 1 นาทีครึ่ง ในขณะที่การศึกษาของ (Kwon HH,2019)[6] ใช้ 450 nm blue light ที่ fluence 0.6–1.2 J/cm^2 และฉายแสงนาน 3 นาทีทั่วใบหน้า การที่งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาการฉายแสงสีฟ้าที่สั้นกว่าอาจทำให้ปริมาณพลังงานรวมของแสงสีฟ้าไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิด antibacterial effect ต่อ Cutibacterium acnes หรือ porphyrin photoactivation ได้มากพอที่จะสร้างความแตกต่างเหนือผลของ 1450 นาโนเมตรเพียงอย่างเดียวอย่างชัดเจน

อ้างอิงจากงานวิจัยของ (Eric J cotter,2023)[7] ที่เคยหา effective dose ของการใช้ blue light เพื่อกำจัดเชื้อ C.acne ในหลอดทดลองผลสรุปคือพลังงานสัมพันธ์กับความสามารถในการกำจัดเชื้อ C.acne โดยยิ่งให้พลังงานสูงยิ่งฆ่าเชื้อได้เยอะ จนไปถึงพลังงานที่ 75 J/cm2 ถ้ามากไปกว่านี้จะไม่แตกต่างแล้ว ซึ่งพอกลับมาดู protocol การยิงเลเซอร์แสงสีฟ้าของงานวิจัยนี้พบว่าที่พลังงานอยู่ที่ 0.72J/cm2 (level 12) อาจเป็นไปได้ว่ายังยิงไม่นานมากพอที่ความเข้มจะฆ่าเชื้อต่อ Cutibacterium acnes ได้เยอะพอจนสร้างความแตกต่างเหนือผลของ 1450 นาโนเมตรเพียงอย่างเดียวได้อย่างชัดเจนในงานวิจัยนี้

ส่วนผลข้างเคียงไม่พบเรื่องของผิวแห้งแดงลอก หรือ ผิวไหม้ ซึ่งไม่เกิดเลยในงานวิจัยนี้มีความเป็นไปได้จากการที่ใช้พลังงานของเลเซอร์ 450 nm ที่น้อยลง สอดคล้องไปในทางเดียวกับงานวิจัยของ (Kwon,HH,2018)[8] และ (Kwon,HH,2019)[6] ที่มีโอกาสเกิดน้อยมากอยู่เดิมพอลดพลังงานลงไปอีกจึงไม่เกิด

ผลการวิเคราะห์กลุ่มย่อยเชิงสำรวจพบแนวโน้มที่สนับสนุนประโยชน์เพิ่มเติมของการรักษาแบบผสมผสาน ในกลุ่มย่อยของอาสาสมัครที่มี Severity IGA grade III และ IGA grade II พบว่าฝั่งที่ได้รับการรักษาด้วย 1450 nm diode laser ร่วมกับ 450 nm blue laser มีการลดลงของจำนวนเม็ดสิวมากกว่าฝั่งควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่สัปดาห์ที่ 12 ผลลัพธ์ดังกล่าวอาจสะท้อนว่า การเพิ่ม 450 nm blue laser เข้าไปในการรักษาด้วย 1450 nm diode laser อาจให้ประโยชน์เพิ่มเติมต่อการลดสิวอักเสบ

อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เชิงสำรวจที่มิได้กำหนดไว้ล่วงหน้าและมิได้ปรับค่าสำหรับการทดสอบพหุคูณ(multiplicity) ผลที่พบจึงควรตีความอย่างระมัดระวังและใช้เพื่อสมมติฐานสำหรับการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นเท่านั้น

ด้านความเจ็บ คะแนนความเจ็บเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มอยู่ในระดับต่ำตลอดการศึกษาในทุกช่วงเวลา โดยค่า p-value ทั้งหมดมากกว่า 0.05 และช่วงความเชื่อมั่น 95% CI ของค่า mean difference คร่อมค่า 0 แสดงให้เห็นว่าการเพิ่ม 450 nm blue laser ไม่ได้เพิ่มความเจ็บจากการรักษา

สรุป

จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าการรักษาด้วยแสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser ร่วมกับแสงเลเซอร์สีฟ้า 450 nm เทียบกับรักษาด้วย แสงเลเซอร์ 1450 nm diode laser เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มลดจำนวนสิวทั้งหมดได้มากกว่าแต่ยังไม่มีนัยยะสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม

ข้อจำกัด

1. การศึกษากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก
2. ระยะเวลาการศึกษาติดตามที่สั้นในช่วง 12 สัปดาห์
3. ความเข้มข้นของแสงสีฟ้าที่ต่ำไปกว่างานวิจัยที่อ้างอิง

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อาจทำให้เห็นความแตกต่างของข้อมูลก่อนและหลังการทดลองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
2. ศึกษาการความเข้มข้นในการใช้ blue ในแต่ล่ะช่วงว่าส่งผลต่อการรักษาสิวอักเสบบนใบหน้าหรือไม่
3. ศึกษาต่อยอดหากระยะเวลาผ่านไปที่ 6 เดือน ถึง 12 เดือน หลังการรักษาไปสิวมีแนวโน้มยังคงเพิ่มหรือลดลงมากน้อยแค่ไหน

เอกสารอ้างอิง

1. Mallikarjun Vasam, Satyanarayana Korutla, Raghvendra Ashok Bohara, Acne vulgaris: A review of the pathophysiology, treatment, and recent nanotechnology based advances,Biochemistry and Biophysics Reports,Volume 36,2023,101578,ISSN 2405-5808,https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2023.101578
2. Guidelines of care for the management of acne vulgarisReynolds, Rachel V. et al.Journal of the American Academy of Dermatology, Volume 90, Issue 5, 1006.e1 - 1006.e30
3. Sevimli Dikicier B. Topical treatment of acne vulgaris: efficiency, side effects, and adherence rate. J Int Med Res. 2019 Jul;47(7):2987-2992. doi: 10.1177/0300060519847367. Epub 2019 May 24. PMID: 31122106; PMCID: PMC6683887
4. Rajput I, Anjankar VP. Side Effects of Treating Acne Vulgaris With Isotretinoin: A Systematic Review. Cureus. 2024 Mar 11;16(3):e55946. doi: 10.7759/cureus.55946. PMID: 38601403; PMCID: PMC11004850.
5. Lisa Ishii, Shreya Deoghare, Monica Boen,Light and laser-based therapy in treatment of acne vulgaris: A clinical review,Journal of the American Academy of Dermatology,Volume, 93,Issue4,2025,Pages 1058-1064,ISSN 0190-9622, https://doi.org/10.1016/j.jaad.2025.06.046
6. Kwon HH, Choi SC, Jung JY, Bae Y, Park GH. A Novel Combined Light-Based Treatment of Acne Vulgaris With 1,450-nm Diode Laser and 450-nm Blue Light. Dermatol Surg. 2019 Sep;45(9):1147-1154. doi: 10.1097/DSS.0000000000001815. PMID: 30789515
7. Cotter EJ, Cotter LM, Riley CN, Dixon J, VanDerwerker N, Ufot AI, Godfrey J, Gold D, Hetzel SJ, Safdar N, Grogan BF. Antimicrobial effects of blue light therapy against cutibacterium acnes: optimal dosing and impact of serial treatments. JSES Int. 2023 Dec 18;8(2):328-334. doi: 10.1016/j.jseint.2023.11.020. PMID: 38464448; PMCID: PMC10920142
8. Kwon HH, Choi SC, Jung JY, Bae YI, Park GH. Comparison of novel dual mode vs conventional single pass of a 1450-nm diode laser in the treatment of acne vulgaris for Korean patients: A 20-week prospective, randomized, split-face study. J Cosmet Dermatol. 2018 Dec;17(6):1063-1068. doi: 10.1111/jocd.12788. Epub 2018 Sep 17. PMID: 30225903.

ประสิทธิผลของโฟกัสอัลตราซาวด์ความถี่สูงรูปแบบพลังงานเส้นตรง ในการลดไขมันบริเวณร่องแก้ม

EFFICACY OF LINEAR HIGH-INTENSITY FOCUSED ULTRASOUND (HIFU) ON REDUCTION OF UNWANTED NASOLABIAL FAT

ศุภิสรา สิริสัณฐิติกุล*

SUPISARA SIRISANTHITIKUL

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

มาศ ไม้ประเสริฐ และ อาริสา แก้วเกษ****

MART MAIPRASERT AND ARISA KAEWKES

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor, Arisa Kaewkes, M.D., Co-Advisor

อีเมล: martdr2007@yahoo.co.th and arisa@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

ร่องแก้ม (nasolabial fold) เป็นปัญหาที่พบได้บ่อยและมีความสัมพันธ์กับการลดลงของปริมาตรเนื้อเยื่อและการหย่อนคล้อยของไขมันบริเวณใบหน้า การใช้คลื่นอัลตราซาวด์ความเข้มข้นสูงแบบเส้นตรง (Linear High-Intensity Focused Ultrasound; Linear HIFU) เป็นเทคโนโลยีที่อาจช่วยลดปริมาตรไขมันเฉพาะที่ได้อีกทั้งในเรื่องความหย่อนคล้อย อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลลัพธ์ในบริเวณร่องแก้มยังมีจำกัด วัตถุประสงค์ในการศึกษาคือเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาตรไขมันบริเวณร่องแก้มหลังการรักษาด้วย Linear HIFU ผ่านการประเมินความลึกบริเวณร่องแก้มโดยใช้เครื่อง Antera 3D รวมถึงประเมินการเปลี่ยนแปลงของระดับความรุนแรงของร่องแก้ม ความปลอดภัย และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการรักษา โดยใช้วิธีการศึกษาแบบนำร่องเชิงรักษาไปข้างหน้า (single-arm before–after study) ในอาสาสมัคร 24 ราย โดยมีผู้ติดตามผลครบ 20 ราย อาสาสมัครได้รับการรักษาด้วย Linear HIFU ระดับความลึก 3.0 มม. พลังงาน 0.6 จูล จำนวน 50 เส้นต่อข้าง และติดตามผลก่อนการรักษา หลังทำทันที และที่สัปดาห์ที่ 2, 4, 8 และ 12 โดยประเมินปริมาตรและความลึกร่องแก้มด้วย Antera 3D ร่วมกับคะแนน WSRS ความพึงพอใจ (GAIS) และความปลอดภัยของการรักษา ปริมาตรร่องแก้มเฉลี่ยลดลงจาก 29.76 ± 11.80 mm^3 เป็น 28.22 ± 11.72 mm^3 ที่สัปดาห์ที่ 12 โดยมีแนวโน้มลดลงภายหลังการรักษา อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์ด้วย Repeated Measures ANOVA ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรร่องแก้มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการติดตาม ($p = 0.090$) ขณะที่ความลึกร่องแก้มเฉลี่ยลดลงจาก 0.26 ± 0.07 มิลลิเมตร เป็น 0.24 ± 0.07 มิลลิเมตร และมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.001$) คะแนน WSRS ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยอาสาสมัครร้อยละ 40.0 มีคะแนนดีขึ้นอย่างน้อย 1 ระดับ และร้อยละ 85.0 รายงานว่าผลการรักษาดีขึ้นจากการประเมินด้วย GAIS ไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรงตลอดการศึกษา Linear HIFU อาจมีศักยภาพในการปรับปรุงลักษณะทางคลินิกของร่องแก้ม โดยพบการลดลงของความลึกร่องแก้มและการดีขึ้นของคะแนน WSRS ร่วมกับความพึงพอใจของอาสาสมัครในระดับสูง การรักษามีความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาแบบมีกลุ่มควบคุมและจำนวนตัวอย่างที่มากขึ้นเพื่อยืนยันประสิทธิผลของการรักษาในอนาคต

คำสำคัญ: Linear HIFU, Nasolabial Fat Sagging, Nasolabial Fold, Antera 3D, Fat Reduction

Abstract

Background: The nasolabial fold is a common aesthetic concern associated with soft tissue volume loss and facial fat descent. Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) is a non-invasive technology that may help reduce localized fat volume as well as improve tissue laxity. However, quantitative data regarding its clinical outcomes on the nasolabial fold region remain limited. The objective is to evaluate changes in nasolabial fold volume following Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) treatment through the assessment of nasolabial fold depth using Antera 3D analysis, as well as to assess changes in nasolabial fold severity, treatment safety, and patient satisfaction. This prospective, single-arm before–after pilot study enrolled 24 participants, with 20 completing the follow-up. Participants received a single session of Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) treatment at a depth of 3.0 mm, energy level of 0.6 J, and 50 lines per side. Clinical follow-ups were conducted before treatment, immediately after, and at weeks 2, 4, 8, and 12. Outcomes were evaluated using Antera 3D measurements of nasolabial fold volume and depth, alongside the Wrinkle Severity Rating Scale (WSRS), Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS), and treatment safety assessments. Mean nasolabial fat volume decreased from 29.76 ± 11.80 mm^3 to 28.22 ± 11.72 mm^3 at Week 12; however, repeated-measures ANOVA showed no significant change in volume over time ($p = 0.090$). In contrast, mean nasolabial fold depth decreased from 0.26 ± 0.07 mm to 0.24 ± 0.07 mm, with a significant change over time ($p = 0.001$). WSRS scores improved significantly, with 40.0% of participants showing at least a one-grade improvement, and 85.0% reporting improvement on the GAIS. No serious adverse events were observed throughout the study. Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) may have the potential to improve the clinical appearance of the nasolabial fold. Although nasolabial fold volume did not change significantly over time, nasolabial fold depth and WSRS scores improved significantly, alongside high participant satisfaction and an acceptable safety profile. However, future controlled studies with larger sample sizes are warranted to confirm its long-term efficacy.

Keywords: Linear HIFU; Nasolabial Fat Sagging; Nasolabial Fold; Antera 3D; Fat Reduction

บทนำ

ปัจจุบันผู้คนให้ความสำคัญกับการชะลอสัญญาณแห่งวัย โดยเฉพาะบริเวณใบหน้าซึ่งเป็นตำแหน่งที่แสดงความเปลี่ยนแปลงของอายุได้อย่างชัดเจน ร่องแก้ม (nasolabial folds) เป็นหนึ่งในสัญญาณแห่งวัยที่สำคัญ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างใบหน้าตามวัย ได้แก่ การสูญเสียความยืดหยุ่นของผิวหนัง การเคลื่อนตัวของไขมันบนใบหน้า และความหย่อนคล้อยของเนื้อเยื่ออ่อน ส่งผลให้ใบหน้าดูมีอายุมากขึ้น[1–3] การพัฒนาแนวทางการรักษาที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยจึงมีความสำคัญเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในประชากรเอเชียซึ่งมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่ออ่อนและชั้นไขมันบนใบหน้าที่แตกต่างจากประชากรตะวันตก

แนวทางการรักษาร่องแก้มในปัจจุบันมีทั้งการฉีดสารเติมเต็ม การร้อยไหม การผ่าตัดดึงหน้า และการใช้เครื่องมือพลังงาน (Energy-Based Devices; EBDs)[3] โดยคลื่นเสียงอัลตราซาวนด์แบบโฟกัสความเข้มข้นสูง (High-Intensity Focused Ultrasound; HIFU) ได้รับความนิยมเนื่องจากเป็นหัตถการที่ไม่ต้องพักฟื้น สามารถกระตุ้นการหดตัวของคอลลาเจนและลดไขมันเฉพาะที่ได้ เทคโนโลยี Linear HIFU ซึ่งส่งพลังงานในลักษณะเชิงเส้น ช่วยให้พลังงานกระจายสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพในการลดไขมันเฉพาะจุด โดยมีรายงานว่าสามารถลดไขมันใต้คางได้อย่างมีนัยสำคัญพร้อมผลข้างเคียงเพียงเล็กน้อย[6] อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับประสิทธิผลของ Linear HIFU ในการรักษาไขมันบริเวณร่องแก้มค่อนข้างจำกัด

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลและความปลอดภัยของ Linear HIFU ในการลดปริมาตรไขมันบริเวณร่องแก้ม โดยประเมินการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรและความลึกของร่องแก้มด้วยเครื่อง Antera 3D ร่วมกับการประเมินผลทางคลินิก เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาแนวทางการรักษาร่องแก้มแบบไม่ผ่าตัดในอนาคต

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อประเมินประสิทธิผลของการใช้คลื่นอัลตราซาวด์ความเข้มข้นสูงแบบเส้นตรง (Linear High Intensity Focused Ultrasound; Linear HIFU) ในการลดปริมาตรบริเวณร่องแก้ม
2. เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับความรุนแรงของร่องแก้มหลังการรักษา โดยใช้คะแนนประเมินร่องแก้ม (wrinkle severity rating scale; WSRS)
3. เพื่อประเมินความปลอดภัยของการใช้ Linear HIFU ในการลดไขมันเฉพาะที่ โดยพิจารณาจากอุบัติการณ์ของผลข้างเคียงหรืออาการไม่พึงประสงค์
4. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการรักษาต่อการใช้ Linear HIFU ในการลดไขมันเฉพาะที่บริเวณร่องแก้ม

ทบทวนวรรณกรรมและพัฒนาสมมติฐาน

ร่องแก้ม (Nasolabial Fold) เป็นหนึ่งในสัญญาณแห่งวัยที่สำคัญ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างเนื้อเยื่ออ่อน การสูญเสียความยืดหยุ่นของผิวหนัง และการเคลื่อนตัวของไขมันบนใบหน้าตามอายุ

โดยเฉพาะร่องแก้มประเภทที่ 2 (Nasolabial Fat Sagging) ซึ่งมีลักษณะเด่นจากการหย่อนคล้อยของไขมันเหนือร่องแก้ม ทำให้ร่องแก้มเด่นชัดขึ้น

High-Intensity Focused Ultrasound (HIFU) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถส่งพลังงานความร้อนไปยังชั้นเนื้อเยื่อเป้าหมาย ทำให้เกิดการหดตัวของคอลลาเจน การปรับโครงสร้างเนื้อเยื่อ และการลดปริมาตรไขมันเฉพาะที่ เทคโนโลยี Linear HIFU ซึ่งส่งพลังงานในลักษณะเชิงเส้น ได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มความสม่ำเสมอของการกระจายพลังงานและประสิทธิภาพในการลดไขมันเฉพาะจุด การศึกษาก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่รายงานผลของ Linear HIFU ในการลดไขมันบริเวณใต้คางและการยกกระชับใบหน้า แต่ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ใน nasolabial fat sagging อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิผลของ Linear HIFU ในการรักษาร่องแก้มที่เกิดจากการหย่อนคล้อยของไขมัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งประเมินว่าการลดไขมันเฉพาะตำแหน่งสามารถส่งผลต่อความลึกของร่องแก้มได้หรือไม่

จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า Linear HIFU สามารถลดปริมาตรไขมันบริเวณร่องแก้ม ส่งผลให้ความลึกและความรุนแรงของร่องแก้มลดลง พร้อมทั้งให้ผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีและมีความปลอดภัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบนำร่องชนิดกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการรักษา (Prospective Single-Arm Before–After Pilot Study) และได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (IRB No. 020/68) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิผลและความปลอดภัยของคลื่นอัลตราซาวด์ความเข้มข้นสูงแบบเส้นตรง (Linear High-Intensity Focused Ultrasound; Linear HIFU) ในการลดไขมันบริเวณร่องแก้ม (Nasolabial Fat Sagging) ในอาสาสมัครที่มีร่องแก้มประเภทที่ 2 ตามเกณฑ์การจำแนกของ Cho และคณะ กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครอายุ 20–50 ปี จำนวน 24 ราย ที่ยินยอมเข้ารับการวิจัย ขนาดตัวอย่างอ้างอิงตามหลักการสำหรับ pilot study ของ Julious ซึ่งเสนอให้ใช้ประมาณ 12 รายต่อกลุ่มเพื่อประเมินความเป็นไปได้ของการศึกษา โดยใน 24 ราย มีรายที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและยินยอมเข้าร่วมการศึกษา โดยมีผู้ติดตามผลครบตลอดการศึกษา 20 ราย โดยมี 4 รายออกจากการศึกษาเนื่องจากความไม่สะดวกในการเดินทางมาติดตามอาการ การศึกษาดำเนินการ ณ คลินิกเวชกรรมเอกชน ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2569

อาสาสมัครได้รับการทายาชาก่อนหัตถการ 30 นาทีและทำการรักษาด้วย Linear HIFU จำนวน 1 ครั้ง โดยใช้หัวรักษาความลึก 3.0 มิลลิเมตร พลังงาน 0.6 จูล จำนวน 50 เส้นต่อข้าง รวม 100 เส้น บริเวณร่องแก้มทั้งสองข้าง ทำการประเมินผลก่อนการรักษา ภายหลังการรักษาทันที และติดตามผลที่สัปดาห์ที่ 2, 4, 8 และ 12 หลังการรักษา ตัวชี้วัดหลักของการศึกษา ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรและความลึกร่องแก้มที่ประเมินด้วยเครื่อง Antera 3D แบบได้รับการปกปิด (blinded) ส่วนตัวชี้วัดรอง ได้แก่ ระดับความรุนแรงของร่องแก้มจาก Wrinkle Severity Rating Scale (WSRS) ซึ่งประเมินโดย blinded evaluator ระดับความพึงพอใจของอาสาสมัครจาก Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) และอุบัติการณ์ของผลข้างเคียงหรืออาการไม่พึงประสงค์หลังการรักษา

ข้อมูลถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาในรูปแบบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความถี่ และร้อยละ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ในแต่ละช่วงเวลาทำด้วย Paired t-test และ Wilcoxon Signed-Rank Test ตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ขณะที่การเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ตลอดระยะเวลาการติดตามผลวิเคราะห์ด้วย Repeated Measures Analysis โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

อาสาสมัครเข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 24 ราย โดยมีผู้ติดตามผลครบ 20 ราย (ร้อยละ 83.3) ประกอบด้วยเพศหญิง 18 ราย (ร้อยละ 90.0) อายุเฉลี่ย 37.75 ± 10.48 ปี และมีค่าดัชนีมวลกายเฉลี่ย 26.45 ± 5.82 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลทั่วไปของอาสาสมัคร

ข้อมูลทั่วไป	N=20
เพศหญิง (N)	18 (90%)
อายุ (ปี) (mean±SD)	37.75±10.48
น้ำหนัก (kg) (mean±SD)	69.40± 15.69
ส่วนสูง (m) (mean±SD)	162.05± 8.07
ดัชนีมวลกาย (kg/m^2) (mean±SD)	26.45±5.82
มีโรคประจำตัว (N)	5 (20%)

ผลการประเมินปริมาตรร่องแก้มด้วย Antera 3D พบว่าปริมาตรร่องแก้มมีแนวโน้มลดลงภายหลังการรักษาด้วย Linear HIFU โดยลดลงจาก 29.76 ± 11.80 mm^3 ก่อนการรักษา เป็น 28.22 ± 11.72 mm^3 ที่สัปดาห์ที่ 12 คิดเป็นการลดลงประมาณร้อยละ 5.2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการรักษา พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการรักษาทันที สัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 12 อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ด้วย Repeated Measures ANOVA ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาตรร่องแก้มตลอดช่วงเวลาการติดตามผล ($p = 0.090$) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดปริมาตรร่องแก้มเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการติดตามผล

เวลา	Mean ± SD (mm^3)	Mean Difference	95% CI	t	p-value	Cohen's d
Baseline	29.76 ± 11.80	-	-	-	-	-
Immediate post	28.43 ± 11.31	-1.33	0.07 ถึง 2.58	2.21	0.039*	0.49
Week 2	28.76 ± 12.29	-1.00	-0.35 ถึง 2.35	1.54	0.139	0.34
Week 4	28.84 ± 12.08	-0.92	-0.54 ถึง 2.37	1.32	0.202	0.30
Week 8	28.33 ± 11.62	-1.43	0.03 ถึง 2.82	2.14	0.045*	0.48
Week 12	28.22 ± 11.72	-1.54	0.13 ถึง 2.95	2.28	0.034*	0.51

*หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับความลึกร่องแก้ม พบว่าลดลงจาก 0.26 ± 0.07 มิลลิเมตร ก่อนการรักษา เป็น 0.24 ± 0.07 มิลลิเมตร ที่สัปดาห์ที่ 12 โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการรักษาทันที และที่สัปดาห์

ที่ 4, 8 และ 12 นอกจากนี้ Repeated Measures ANOVA แสดงให้เห็นว่าความลึกร่องแก้มมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.001)

ตารางที่ 3 แสดงรายละเอียดความลึกของร่องแก้มเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาการติดตามผล

เวลา	Mean ± SD (mm)	Mean Difference จาก Baseline (mm)	95% CI	t	p-value
Baseline	0.26 ± 0.07	-	-	-	-
Immediate Post	0.25 ± 0.07	-0.01	-0.02 ถึง -0.00	-2.69	0.015*
Week 2	0.25 ± 0.07	-0.01	-0.02 ถึง 0.00	-1.93	0.068
Week 4	0.24 ± 0.07	-0.01	-0.02 ถึง -0.01	-3.72	0.001*
Week 8	0.24 ± 0.06	-0.02	-0.03 ถึง -0.01	-3.68	0.002*
Week 12	0.24 ± 0.07	-0.02	-0.03 ถึง -0.01	-2.98	0.008*

*หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการประเมินความรุนแรงของร่องแก้มด้วย Wrinkle Severity Rating Scale (WSRS) พบว่าค่ามัธยฐานลดลงจาก 4 (IQR 3–5) ก่อนการรักษา เป็น 3 (IQR 3–4) ที่สัปดาห์ที่ 12 โดยมีอาสาสมัครร้อยละ 40 ที่มีคะแนนดีขึ้นอย่างน้อย 1 ระดับ และไม่พบผู้ที่มีคะแนนแย่ลง การวิเคราะห์ด้วย Wilcoxon signed-rank test และ Friedman test แสดงให้เห็นว่าคะแนน WSRS เปลี่ยนแปลงดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.005 และ p < 0.001 ตามลำดับ)

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินความรุนแรงร่องแก้มด้วย WSRS

ระดับ WSRS	ก่อนทำ n (%)	หลังทำทันที n (%)	สัปดาห์ที่ 2 n (%)	สัปดาห์ที่ 4 n (%)	สัปดาห์ที่ 8 n (%)	สัปดาห์ที่ 12 n (%)
Mild	4 (20.0)	4 (20.0)	4 (20.0)	4 (20.0)	4 (20.0)	4 (20.0)
Moderate	5 (25.0)	7 (35.0)	7 (35.0)	8 (40.0)	9 (45.0)	10 (50.0)
Severe	6 (30.0)	6 (30.0)	6 (30.0)	6 (30.0)	5 (25.0)	4 (20.0)
Extreme	5 (25.0)	3 (15.0)	3 (15.0)	2 (10.0)	2 (10.0)	2 (10.0)
รวม	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)

*หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 แสดงค่ามัธยฐานคะแนนWSRS ที่สัปดาห์ที่ 12

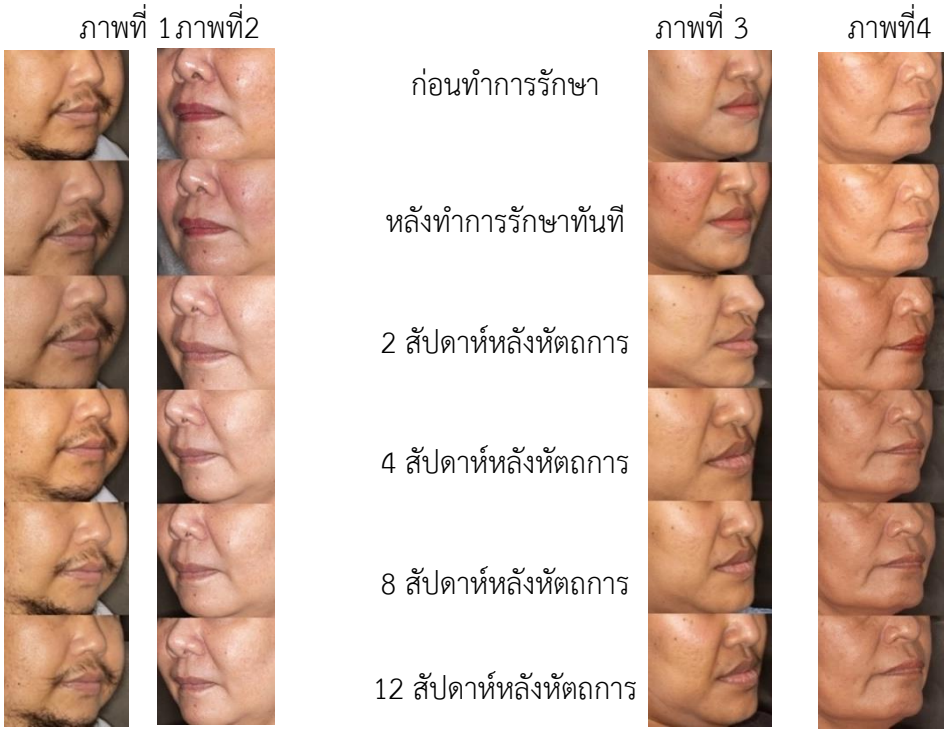
เวลา	Median (IQR)
Baseline	4 (3–5)
Week 12	3 (3–4)

ด้านความปลอดภัย พบเพียงผลข้างเคียงชั่วคราว ได้แก่ รอยแดง อาการปวดเล็กน้อย และอาการบวม ซึ่งหายได้เองโดยไม่ต้องรักษาเพิ่มเติม ไม่พบการบาดเจ็บของเส้นประสาท แผลไหม้ แผลเป็น หรือภาวะแทรกซ้อนรุนแรงตลอดระยะเวลาการติดตามผล

ผลการประเมินความพึงพอใจด้วย Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) ที่สัปดาห์ที่ 12 พบว่าอาสาสมัครร้อยละ 85 รายงานว่าผลการรักษาดีขึ้น โดยร้อยละ 50 ประเมินว่าดีขึ้นมากถึงยอดเยี่ยม ขณะที่ร้อยละ 15 รายงานว่าไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 5 แสดงความพึงพอใจโดยอาสาสมัครตาม GAIS ที่สัปดาห์ที่ 12

ระดับความพึงพอใจ	จำนวน (ราย)	ร้อยละ (%)
ไม่เปลี่ยนแปลง	3	15.0
ดีขึ้น	7	35.0
ดีขึ้นมาก	6	30.0
ยอดเยี่ยม	4	20.0
รวม	20	100.0



ภาพที่ 1 และ 2 แสดงภาพถ่ายทางคลินิกแสดงให้เห็นแนวโน้มการลดลงของความนูนบริเวณไขมันเหนือร่องแก้มและการเปลี่ยนแปลงของ contour บริเวณร่องแก้มในอาสาสมัครที่ประเมินว่าเห็นผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 3 และ 4 แสดงภาพถ่ายทางคลินิกแสดงให้เห็นแนวโน้มการลดลงของความนูนบริเวณไขมันเหนือร่องแก้มและการเปลี่ยนแปลงของ contour บริเวณร่องแก้มในอาสาสมัครที่ประเมินว่าไม่เห็นผลลัพธ์การเปลี่ยนแปลง

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานำร่องนี้ประเมินประสิทธิผลและความปลอดภัยของ Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) ในการรักษา nasolabial fat sagging เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าปริมาตรร่องแก้มมีแนวโน้มลดลงเฉลี่ยร้อยละ 5.2 แม้ว่าการเปรียบเทียบรายคู่จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบางช่วงเวลา แต่ผลดังกล่าวควรตีความร่วมกับผลการวิเคราะห์ Repeated Measures ANOVA ซึ่งไม่พบการเปลี่ยนแปลงโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการติดตามผล ทั้งนี้

การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาใช้วิธีการวิเคราะห์ที่มีการปรับสำหรับการเปรียบเทียบหลายครั้งเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา

ขณะที่ความลึกร่องแก้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญในหลายช่วงเวลา นอกจากนี้ คะแนน WSRS และ GAIS มีแนวโน้มดีขึ้น และไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรง โดยความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างปริมาตรและความลึกร่องแก้มอาจเกิดจากลักษณะของตัวชี้วัดที่แตกต่างกัน โดยการวัดปริมาตรได้รับอิทธิพลจากรูปร่างของร่องแก้มและมีความแปรปรวนระหว่างบุคคลสูงกว่า ขณะที่การวัดความลึกมีความไวต่อการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงมากกว่า โดยเฉพาะในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับกลไกของ Linear HIFU ที่ก่อให้เกิดการสลายเซลล์ไขมันร่วมกับการสร้างคอลลาเจนใหม่และการปรับโครงสร้างเนื้อเยื่อ ส่งผลให้ร่องแก้มตื้นขึ้น แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรจะมีขนาดไม่มาก ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงยังดำเนินต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 12 โดยยังไม่พบ plateau effect

แม้ว่าการลดลงของปริมาตรร่องแก้มจะน้อยกว่าที่รายงานในการรักษาไขมันใต้คาง แต่บริเวณร่องแก้มเป็น superficial fat compartment ที่มีขนาดเล็กและมีโครงสร้างยึดเหนี่ยวซับซ้อน ทำให้การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรมีข้อจำกัดมากกว่า อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์จาก Antera 3D, ความลึกร่องแก้ม, WSRS และ GAIS ล้วนเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งอาจสะท้อนว่าการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณเพียงเล็กน้อยสามารถสังเกตได้ในระดับทางคลินิก

จุดแข็งของการศึกษานี้คือการใช้ Antera 3D ร่วมกับตัวชี้วัดทางคลินิกหลายด้านและการติดตามผลอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบนำร่อง มีขนาดตัวอย่างน้อย ไม่มีกลุ่มควบคุม ระยะติดตามเพียง 12 สัปดาห์ และไม่ได้ยืนยันการเปลี่ยนแปลงของชั้นไขมันด้วยเครื่องมือทางภาพวินิจฉัย ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาแบบ randomized controlled trial ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ ระยะติดตามยาวขึ้น และใช้การประเมินโครงสร้างชั้นไขมันเพิ่มเติม เพื่อยืนยันประสิทธิผลและกำหนดโปรโตคอลการรักษาที่เหมาะสมต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานำร่องนี้แสดงให้เห็นว่า Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) มีแนวโน้มช่วยลดปริมาตรและความลึกร่องแก้มภายในระยะเวลา 12 สัปดาห์ โดยแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรโดยรวมจะไม่ถึงนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความลึกร่องแก้ม คะแนน WSRS และ GAIS มีแนวโน้มดีขึ้น และไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรง ผลการศึกษาจึงสนับสนุนว่า Linear HIFU อาจเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยสำหรับการรักษา nasolabial fat sagging แต่เนื่องจากการศึกษานี้ไม่มีกลุ่มควบคุม จึงไม่สามารถตัดผลของ regression to the mean หรือ placebo effect ต่อผลลัพธ์เชิงอัตวิสัย เช่น WSRS และ GAIS ได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของค่าที่วัดด้วย Antera 3D ซึ่งเป็นเครื่องมือเชิงปริมาณ สนับสนุนว่าผลการรักษามีแนวโน้มเกิดขึ้นจริง แม้ว่าการลดลงของปริมาตรเฉลี่ยเพียงร้อยละ 5.2 และควรได้รับการยืนยันในงานวิจัยที่มีขนาดใหญ่กว่าในอนาคต

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ผลการศึกษานี้บ่งชี้ว่า Linear High-Intensity Focused Ultrasound (Linear HIFU) อาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการรักษา nasolabial fat sagging ในผู้ป่วยที่ต้องการหัตถการแบบไม่ผ่าตัด โดยเฉพาะในรายที่มีความหย่อนคล้อยของไขมันบริเวณร่องแก้มระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง อย่างไรก็ตาม การตอบสนองต่อการรักษาอาจแตกต่างกันตามลักษณะทางกายวิภาค ความหนาของชั้นไขมัน และระดับความหย่อนคล้อยของเนื้อเยื่อ จึงควรพิจารณาปรับพารามิเตอร์การรักษาให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย และอาจพิจารณาการรักษาร่วมกับหัตถการอื่นในผู้ป่วยที่มีร่องแก้มรุนแรง

ในอนาคต ควรมีการศึกษาแบบ randomized controlled trial ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่และระยะติดตามยาวขึ้น เพื่อยืนยันประสิทธิผลและความปลอดภัยของ Linear HIFU รวมทั้งประเมินความคงทนของผลการรักษา ศึกษาพารามิเตอร์การรักษาที่เหมาะสม และใช้เครื่องมือประเมินโครงสร้างชั้นไขมัน เช่น ultrasonography หรือ MRI ร่วมกับการกำหนดค่า minimal clinically important difference (MCID) ของ Antera 3D เพื่อยืนยันประสิทธิผลก่อนนำไปใช้เป็นแนวทางมาตรฐานในการรักษา

เอกสารอ้างอิง

1. Chaudhary M, Khan A, Gupta M. Skin ageing: pathophysiology and current market treatment approaches. Curr Aging Sci. 2020;13(1):22–30.
2. Tanaka OM, Cavassin LD, Gasparello GG, Meira TM, Miyoshi CS, Hartmann GC. The esthetics of the nasolabial fold and age in the elderly via eye-tracking. Contemp Clin Dent. 2022;14(1):18–24.
3. Hong GW, Song S, Park SY, Lee SB, Wan J, Hu KS, et al. Why do nasolabial folds appear? Exploring the anatomical perspectives and the role of thread-based interventions. Diagnostics (Basel). 2024;14(7):716. doi:10.3390/diagnostics14070716.
4. Haykal D, Sattler S, Verner I, Madhumita M, Cartier H. A systematic review of high-intensity focused ultrasound in skin tightening and body contouring. Aesthetic Surg J. 2025;45(7):sjaf053. doi:10.1093/asj/sjaf053.
5. Mortazavi SM, Mokhtari-Dizaji M. Numerical study of high-intensity focused ultrasound (HIFU) in fat reduction. Skin Res Technol. 2023;29(1):e13231. doi:10.1111/srt.13231.
6. Goo B, Kim E, Yoon SE, Wong IKJ, Bautzer C, Basmage L, et al. Efficacy and safety of high-intensity focused ultrasound (HIFU) on reduction of unwanted submental fat in Asian patients. Aesthetic Plast Surg. 2025;49(13):3750–3755.
7. Salvia G, Zerbinati N, Margiotta FM, Michelucci A, Granieri G, Fidanzi C, et al. Ultra-high-frequency ultrasound as an innovative imaging evaluation of hyaluronic acid filler in nasolabial folds. Diagnostics (Basel). 2023;13(17):2761. doi:10.3390/diagnostics 13172761.
8. Kopera D, Ivezic-Schoenfeld Z, Chang-Rodriguez S, Hoeller S, Grablowitz D, Bartsch K, et al. A prospective, open-label, multicenter, post-market study evaluating Princess VOLUME Lidocaine for the correction of nasolabial folds. Dermatol Ther. 2020;33(6):e14310. doi:10.1111/dth.14310.
9. Koh YG, Kim KR, Lee YH, Han HS, Yoo KH. Review of high-intensity focused ultrasound for lipolysis: clinical and preclinical studies. Med Lasers. 2023;12(3):147–152. doi:10.25289/ML.23.034.
10. Julious SA. Sample size of 12 per group rule of thumb for a pilot study. Pharm Stat. 2005;4(4):287–291. doi:10.1002/pst.185
11. Elhelf IAS, Albahar H, Shah U, Oto A, Cressman E, Almekkawy M. High intensity focused ultrasound: the fundamentals, clinical applications and research trends. Diagn Interv Imaging. 2018;99(6):349–359. doi: 10.1016/j.diii.2018.03.001.

12. Kim J, Kim J, Lee DK, Shin EJ, Chang JH. High-intensity focused ultrasound linear array and system for dermatology treatment. Ultrasonics. 2025; 145:107477. doi: 10.1016/j.ultras.2024.107477.
13. Mendelson B, Wong CH. Anatomy of the aging face. In: Neligan PC, editor. Plastic Surgery. 3rd ed. Vol. 2, Aesthetic Surgery. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2013. p. 80–113.
14. Kim JS. Three-dimensional analysis of lifting effects after high-intensity focused ultrasound (Ultraformer-MPT) across seven facial aesthetic units considering sonoanatomy. Plast Reconstr Surg Glob Open. 2024;12(10):e6203. doi:10.1097/GOX.0000000000006203.
15. Oh S, Rhee DY, Batsukh S, Son KH, Byun KA, et al. High-intensity focused ultrasound increases collagen and elastin fiber synthesis by modulating caveolin-1 in aging skin. Cells. 2023;12(18):2275. doi:10.3390/cells12182275.
16. Byun KA, Park HJ, Batsukh S, Sun HJ, Kim T, et al. High-intensity focused ultrasound decreases subcutaneous fat tissue thickness by increasing apoptosis and autophagy. Biomolecules. 2023;13(2):392. doi:10.3390/biom13020392.
17. White WM, Makin IR, Barthe PG, Slayton MH, Gliklich RE. Selective creation of thermal injury zones in the superficial musculoaponeurotic system using intense ultrasound therapy: a new target for noninvasive facial rejuvenation. Arch Facial Plast Surg. 2007;9(1):22–29. doi:10.1001/archfaci.9.1.22.
18. White WM, Makin IR, Barthe PG, Slayton MH, Gliklich RE. Selective transcutaneous delivery of energy to porcine soft tissues using intense ultrasound. Lasers Surg Med. 2008;40(2):67–75. doi:10.1002/lsm.20613.
19. Alam M, White LE, Martin N, Witherspoon J, Yoo S, West DP. Ultrasound tightening of facial and neck skin: a rater-blinded prospective cohort study. J Am Acad Dermatol. 2010;62(2):262–269. doi:10.1016/j.jaad.2009.06.039.
20. Suh DH, Shin MK, Lee SJ, Rho JH, Lee MH, Kim NI, et al. Intense focused ultrasound tightening in Asian skin: clinical and pathologic results. Dermatol Surg. 2011;37(11):1595–1602. doi:10.1111/j.1524-4725.2011.02094.x.
21. Park H, Kim E, Kim J, Ro Y, Ko J. High-intensity focused ultrasound for the treatment of wrinkles and skin laxity in seven different facial areas. Ann Dermatol. 2015;27(6):688–693. doi:10.5021/ad.2015.27.6.688.

22. Serdar ZA, Karabay EA, Tatlıparmak A, Aksoy B. Efficacy of high-intensity focused ultrasound in facial and neck rejuvenation. J Cosmet Dermatol. 2020;19(2):353–358. doi:10.1111/jocd.13008.
23. Pavicic T, Ballard JR, Bykovskaya T, Corduff N, Hirano C, Park JY, et al. Microfocused ultrasound with visualization: consensus on safety and review of energy-based devices. J Cosmet Dermatol. 2022;21(2):636–647. doi:10.1111/jocd.14666.
24. Fang RY, Zhang HC, Liu YG, Sun QN. Quantitative evaluation of rejuvenation treatment of nasolabial fold wrinkles by regression model and 3D photography. J Cosmet Dermatol. 2021;20(1):338–345. doi:10.1111/jocd.13486.

การศึกษาระยะเวลาการคงอยู่ของผลลัพธ์จากการรักษาภาวะคิ้วตกด้วยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยงในประชากรไทย

EVALUATION OF THE LONGEVITY OF THERAPEUTIC OUTCOMES IN BROW PTOSIS CORRECTION USING BARBED PDO-MESH THREADS AMONG THAI INDIVIDUALS

จุลดนัย จุลละครินทร์*

JUNDANAI JUNLAKARIN

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130925@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาแบบ Ambispective study นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความพึงพอใจ และความปลอดภัยของการรักษาภาวะคิ้วตกด้วยไหม PDO-mesh เทคนิค Dual-layer ในอาสาสมัครหญิงไทย 15 ราย โดยติดตามความสูงคิ้วจากภาพ 2 มิติ และความพึงพอใจ (GAIS) ระยะเวลา 1 ปี รวมถึงประเมินภาวะแทรกซ้อน 3 เดือน ผลวิเคราะห์ด้วย Linear mixed-effects model พบความสูงคิ้วเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญช่วง 2 สัปดาห์แรก (โดยเฉพาะกึ่งกลางคิ้ว) แต่จะลดลงและไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้นเมื่อครบ 12 เดือน ($p \geq 0.99$) ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในทางตรงกันข้าม ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมยังคงอยู่ในระดับสูงถึงร้อยละ 66.67 (GAIS≥3) ที่ระยะ 12 เดือน ด้านความปลอดภัยไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรง อาการพบบ่อยระยะแรกเช่นรอยบุ๋มและการคลำได้เส้นไหมมีแนวโน้มลดลงตามเวลา สรุปได้ว่าเทคนิคนี้ช่วยยกคิ้วเชิงกลได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะสั้น แม้ระดับความสูงจะคืนสู่ค่าเริ่มต้นใน 1 ปี แต่ความพึงพอใจที่ยังคงสูงอาจเป็นผลจากการสร้างคอลลาเจนใหม่รอบโครงตาข่าย (Neocollagenesis) ที่ช่วยฟื้นฟูความตึงกระชับของผิวหนัง

คำสำคัญ: ภาวะคิ้วตก, การร้อยไหมยกคิ้ว, ไหม PDO-mesh, เทคนิค Dual-layer, ความยั่งยืนของผลลัพธ์

Abstract

This ambispective study evaluated the efficacy, satisfaction, and safety of brow ptosis correction using barbed PDO-mesh threads with a dual-layer technique in 15 Thai females. Objective brow height and subjective satisfaction (GAIS) were monitored over 1 year, and adverse events up to 3 months. Linear mixed-effects model analysis showed a significant increase in brow height during the first 2 weeks, predominantly at the mid-brow. However, height returned to baseline at 12 months ($p \geq 0.99$), rejecting the 1-year mechanical lift hypothesis. Conversely, satisfaction remained high, with 66.67% reporting GAIS ≥3 at 12 months. No severe complications occurred; early transient events like dimpling decreased over time. In conclusion, this technique provides effective short-term mechanical lift. Although brow height returns to baseline at 1 year, high patient satisfaction may result from neocollagenesis around the mesh scaffold restoring skin firmness.

Keywords: brow ptosis, thread lift, PDO-mesh thread, dual-layer technique, longevity

บทนำ

หากกล่าวถึงปัญหาผิวที่ทำให้ผู้คนรู้สึกแก่กว่าวัย ภาวะคิ้วตก (Eyebrow ptosis) ถือเป็นหนึ่งในปัญหาอันดับต้น ๆ ที่พบได้บ่อยในผู้ป่วย แม้จะไม่ใช่ภาวะที่คุกคามต่อชีวิต แต่การเคลื่อนตัวลงต่ำของแนวคิ้วนี้ส่งผลกระทบเชิงลบต่อทั้งความสวยงาม องค์ประกอบความสมดุลของใบหน้า และสุขภาวะทางจิตสังคม (Psychosocial well-being) ของผู้ป่วยอย่างมีนัยสำคัญ ในปัจจุบัน พบว่ามีหลายปัจจัยที่ก่อให้เกิดภาวะคิ้วตก ได้แก่ ความผิดปกติของกายวิภาคและการทำงานของกล้ามเนื้อ (Anatomical and muscular factors)[1] ความผิดของระบบประสาท (Neurological impairment) และความผิดปกติที่เกิดจากการได้รับบาดเจ็บ (Traumatic factor)[2]

การร้อยไหมยกคิ้ว (Thread lifting for eyebrow) เป็นอีกหนึ่งหัตถการที่กำลังได้รับความนิยมในการรักษาภาวะคิ้วตก เนื่องจากเป็นการรักษาที่ไม่ต้องผ่าตัด (Non-invasive) จึงเหมาะกับผู้ที่ไม่สะดวกในการพักฟื้น แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องความชั่วคราวของผลลัพธ์ ที่มักจะปรากฏผลลัพธ์ในช่วง 6 เดือนเท่านั้น โดยความยั่งยืนของผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของไหมที่ใช้ เทคนิคการร้อย และการใช้การรักษาอื่น ๆ เข้ามาร่วมด้วย จากการค้นหางานวิจัยก่อนหน้า พบว่ายังคงมีข้อถกเถียงและช่องว่างองค์ความรู้ที่สำคัญ โดยการศึกษาส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นประเมินผลลัพธ์เพียงระยะสั้น (3-6 เดือน) และมักศึกษาในเส้นไหม PDO แบบดั้งเดิม มากกว่าเส้นไหมโครงตาข่าย (Mesh-structured PDO threads) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสและการยึดเกาะเนื้อเยื่อให้มีเสถียรภาพมากขึ้น นอกจากนี้ ข้อมูลทางคลินิกเกี่ยวกับการใช้เทคนิคการร้อยไหมแบบสองชั้น (Dual-layer technique) เพื่อกระจายแรงดึงนั้นยังมีจำกัดอย่างมาก และข้อมูลส่วนใหญ่มาจากประชากรกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ซึ่งอาจมีความแตกต่างทางกายวิภาคของใบหน้าเมื่อเทียบกับประชากรไทย

ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระยะเวลาการคงอยู่ของการยกคิ้วที่ระยะเวลา 12 เดือน จากการใช้ไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยงด้วยเทคนิคสองชั้นในประชากรไทย เพื่อเติมเต็มช่องว่างทางวิชาการดังกล่าว

คำถามและวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความยั่งยืนของผลลัพธ์จากการร้อยไหมยกคิ้วด้วยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยง (PDO-mesh with barbed) ในระยะเวลา 12 เดือน ว่าสามารถคงผลลัพธ์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่
2. เพื่อศึกษาและประเมินระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการรักษาภาวะคิ้วตกด้วยการร้อยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยง
3. เพื่อประเมินผลข้างเคียงและอาการไม่พึงประสงค์ที่อาจเกิดขึ้นภายหลังจากการทำหัตถการร้อยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยง

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

การรักษาภาวะคิ้วตกมีหลากหลายวิธี ทั้งการผ่าตัด (เช่น Coronal brow lift, Endoscopic brow lift) ที่ให้ผลลัพธ์ถาวรแต่มีระยะเวลาพักฟื้นนาน และการรักษาแบบไม่ผ่าตัด เช่น การฉีดโบทูลินัมท็อกซิน (Botulinum toxin A) ซึ่งมีระยะเวลาพักฟื้นสั้นแต่ให้ผลลัพธ์เพียงชั่วคราวประมาณ 3-6 เดือน[3] การร้อยไหม (Thread lift) จึงเป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยม เนื่องจากเป็นหัตถการที่บอบช้ำน้อย (Minimally invasive) และให้ผลลัพธ์ที่เป็นธรรมชาติ[4]

วัสดุเส้นไหมได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะไหมละลายชนิดโพลีไดออกซาโนน (Polydioxanone: PDO) ซึ่งมีความปลอดภัยสูง และอาศัยกลไกการหดตัวของเนื้อเยื่อเพื่อกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนใหม่ (Neocollagenesis)[5] อย่างไรก็ตาม ไหม PDO แบบดั้งเดิมมักมีข้อจำกัดด้านความยั่งยืนของผลลัพธ์ ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นเส้นไหมเงี่ยงที่ล้อมรอบด้วยโครงตาข่าย 3 มิติ (Mesh Scaffold Threads) เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสและการยึดเกาะเนื้อเยื่อ โดยกระบวนการสร้างเนื้อเยื่อผ่านโครงตาข่าย (Tissue ingrowth) จะเกิดขึ้นภายใน 2 สัปดาห์แรก[6] ซึ่งส่งผลให้ความยั่งยืนของการรักษาอยู่ได้ยาวนานมากขึ้น แม้ว่าตัวแกนไหม PDO จะย่อยสลายไปแล้วตามธรรมชาติในระยะเวลา 6-8 เดือนก็ตาม

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา Santorelli และคณะ (2023) พบว่าการร้อยไหม PCL เพื่อยกคิ้วช่วยเพิ่มความพึงพอใจของอาสาสมัครได้ดีโดยเฉพาะในช่วง 6 เดือนแรก แต่ยังขาดการประเมินผลเชิงวัตถุวิสัย[7] ขณะที่ Wattanakrai และคณะ (2019) ได้ศึกษาการใช้ไหม PDO-mesh ในการยกกระชับใบหน้า พบว่าร้อยละ 66.6 ของอาสาสมัครชาวไทยมีผลลัพธ์ความพึงพอใจที่ดีขึ้นเมื่อติดตามผลที่ 12 เดือน[8] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่มุ่งเน้นด้านการร้อยไหมยกคิ้วโดยตรงนั้นยังมีค่อนข้างจำกัด เช่น การศึกษาของ Jung และคณะ (2025) ที่ศึกษาการร้อยไหม PDO ยกกระชับคิ้วในชั้นใต้ผิวหนัง (Subcutaneous) ซึ่งระบุว่าระดับคิ้วดีขึ้นอย่างชัดเจน แต่มีการติดตามผลในระยะสั้นเพียง 3 เดือนเท่านั้น[9]

จากช่องว่างทางวิชาการดังกล่าว ที่ยังขาดการศึกษาเชิงประจักษ์ระยะยาวของการใช้ไหม PDO-mesh สำหรับการยกคิ้วโดยเฉพาะ ประกอบกับข้อมูลการร้อยไหมเทคนิคแบบสองชั้น (Dual-layer technique) ยังมีจำกัด ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสมมติฐานการวิจัยว่า การร้อยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยงในชั้นใต้ผิวหนัง (Subcutaneous plane) ร่วมกับการเปลี่ยนระดับความลึกเข้าสู่ชั้นเยื่อหุ้มกระดูก (Supraperiosteal plane) เพื่อเพิ่มการยึดเกาะ จะสามารถกระตุ้นการสร้างเนื้อเยื่อใหม่รอบโครงตาข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสมมติฐานหลักของการศึกษานี้คือ\การรักษาดังกล่าวจะสามารถเพิ่มระดับความสูงของคิ้วได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและคงผลลัพธ์ได้ยาวนานถึง 1 ปี ตลอดจนส่งผลให้ผู้เข้ารับบริการมีความพึงพอใจในระดับที่ดี และมีความปลอดภัยต่อการนำมาใช้ในกลุ่มประชากรไทย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลองกึ่งทดลอง (Quasi-experimental study) ซึ่งมีลักษณะเป็นการศึกษาแบบทิศทางผสม (Ambispective Study) และเป็นกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลัง (Non-Randomized One Group Pre-Post Study Design) กลุ่มตัวอย่างคือสตรีชาวไทยอายุ 20-70 ปี

ที่รับการร้อยไหมยกคิ้ว ณ S-Mart Anti-aging Wellness Center จำนวน 15 ราย โดยคัดออกผู้ที่มีภาวะตั้งครรภ์ โรคภูมิคุ้มกันบกพร่อง แผลเป็นคีลอยด์ หรือผู้ที่มีประวัติรับหัตถการใบหน้าที่ส่งผลต่อระดับคิ้ว (เช่น โบทูลินัมท็อกซิน สารเติมเต็ม) ในระยะ 6 เดือนก่อนหน้า โดยตลอดระยะเวลาการติดตามผลการรักษา 12 เดือน อาสาสมัครทุกคนต้องไม่ได้รับหัตถการความงามใด ๆ เพิ่มเติมในบริเวณใบหน้าและหน้าผาก ที่อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของคิ้วหรือผลการรักษา

หัตถการใช้ไหม Tesslift Soft ซึ่งเป็นไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยง ประกอบด้วยแกนกลาง (Core thread) ขนาด 1-0 USP และส่วนโครงตาข่าย (Mesh) ขนาด 7-0 USP ข้างละ 3 เส้น ด้วยเทคนิคการร้อยแบบสองชั้น (Dual-layer technique) เริ่มจากชั้นใต้ผิวหนัง (Subcutaneous plane) ลึกลงสู่ชั้นเยื่อหุ้มกระดูก (Supraperiosteal plane) บริเวณกึ่งกลางหน้าผากและวนกลับเป็นรูปตัว V เพื่อเพิ่มแรงยึดเกาะ การประเมินผลหลักใช้การวัดความสูงคิ้ว 3 ตำแหน่ง (หัว กลาง หาง) จากภาพถ่ายมาตรฐานหน้าตรงของเครื่อง VISIA® รุ่นที่ 7 นำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Image J (ปรับเทียบหน่วยเป็นมิลลิเมตร) โดยติดตามผลทั้งหมด 10 ครั้ง ตั้งแต่ก่อนทำจนครบ 12 เดือน สำหรับผลลัพธ์รองประเมินจากความพึงพอใจด้วย Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS) และการบันทึกภาวะแทรกซ้อน

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้แบบจำลอง Linear mixed-effects model เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงคิ้ว และปรับค่าความน่าจะเป็นสำหรับการเปรียบเทียบหลายครั้งด้วยวิธี Sidak correction โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ $p < 0.05$ การศึกษานี้ดำเนินการตามหลักปฏิบัติการวิจัยทางคลินิกที่ดี (GCP) และผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

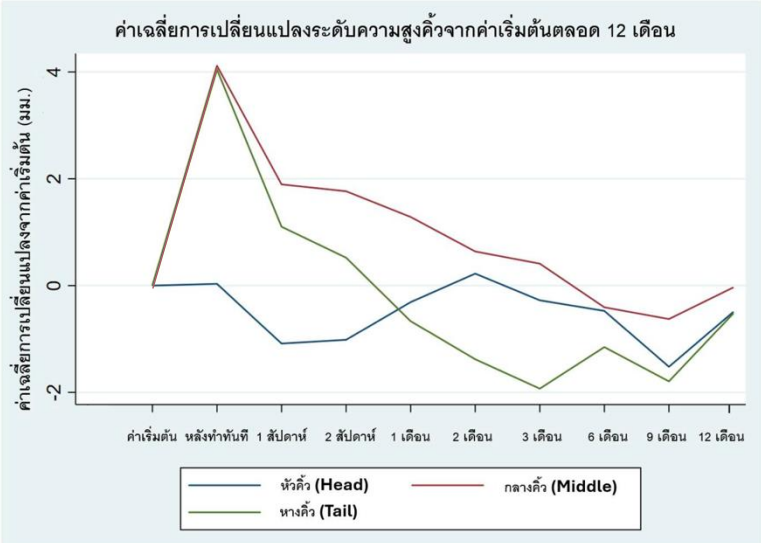
ผลการวิจัย

ลักษณะพื้นฐานของผู้เข้าร่วมการศึกษา

อาสาสมัครสตรีไทยจำนวน 15 ราย มีอายุเฉลี่ย 47.20 ± 14.14ปี มีอัตราการติดตามผลครบถ้วนร้อยละ 100 ตลอดระยะเวลา 12 เดือน โดยการทดสอบความน่าเชื่อถือของการวัดซ้ำ (Intraclass Correlation Coefficient; ICC) ของผู้วิจัยอยู่ในระดับสูงมาก (0.90-0.99) ในทุกตำแหน่ง

การเปลี่ยนแปลงระดับความสูงของคิ้ว

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง Linear mixed-effects model พบว่าระดับความสูงคิ้วโดยรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงแรก โดยเฉพาะตำแหน่งกลางคิ้ว (Mid-brow) ที่เพิ่มขึ้นชัดเจนที่สุดและคงอยู่จนถึงระยะ 2 สัปดาห์หลังทำ ($p = 0.028$) หลังจากนั้นระดับความสูงมีแนวโน้มลดลง โดยที่ระยะ 9 เดือนพบว่าลดลงต่ำกว่าระดับเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.044$) และเมื่อติดตามผลครบ 12 เดือน ระดับความสูงของคิ้วคืนตัวกลับมาอยู่ในระดับที่ไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ($p = 1.000$) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กราฟแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของระดับความสูงคิ้วตลอด 12 เดือน

ความพึงพอใจของผู้เข้าร่วม (GAIS)

ผู้เข้าร่วมมีความพึงพอใจต่อผลลัพธ์ในระดับมากถึงมากที่สุด (GAIS ≥ 3) สูงสุดที่ระยะ 1 เดือน (ร้อยละ 86.67) และแม้ผลการประเมินทางกายภาพจะพบว่าระดับความสูงคิ้วลดลงกลับสู่ค่าเริ่มต้นที่ระยะ 12 เดือน แต่ผู้เข้าร่วมร้อยละ 66.67 ยังคงรายงานผลประเมินความพึงพอใจในระดับ (GAIS ≥ 3)

ความปลอดภัยและอาการไม่พึงประสงค์

ตลอดระยะเวลาการศึกษา 12 เดือน ไม่พบอุบัติการณ์การติดเชื้อหรือภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง อาการไม่พึงประสงค์ที่พบได้บ่อยในระยะแรก ได้แก่ อาการชา (Paresthesia) ผิวเป็นรอยบุ๋ม (Dimpling) และการคลำได้เส้นไหม (Superficial displacement) ซึ่งสัมพันธ์กับกลไกโครงตาข่าย 3 มิติในระยะเริ่มแรก โดยอาการเหล่านี้รวมถึงอาการบวมช้ำ พบว่ามีความรุนแรงสูงสุดในช่วง 1 สัปดาห์แรก และอาการทั้งหมดหายเป็นปกติ (Resolution) ภายในระยะเวลา 2-4 สัปดาห์ภายหลังการทำหัตถการ

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาพบว่าการร้อยไหม PDO-mesh เทคนิค Dual-layer สามารถยกคิ้วได้อย่างมีนัยสำคัญ เฉพาะในระยะ 2 สัปดาห์แรก โดยเฉพาะตำแหน่งกึ่งกลางคิ้ว (Mid-brow) ผลการศึกษานี้มีความแตกต่างและไม่สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Jung และคณะ (2025) ที่พบว่าการร้อยไหม PDO สามารถยกคิ้วได้อย่างมีนัยสำคัญต่อเนื่องถึงระยะ 3 เดือน[9] ประเด็นความแตกต่างนี้อาจเกิดจากระเบียบวิธีวิจัยที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยดังกล่าวเป็นการศึกษาแบบย้อนหลัง (Retrospective) ซึ่งอาจเกิดความลำเอียงในการคัดเลือกข้อมูล (Selection bias) ในขณะที่การศึกษานี้เป็นการติดตามแบบไปข้างหน้า (Prospective) และใช้แบบจำลองสถิติที่เข้มงวดกว่า สำหรับความแตกต่างของผลลัพธ์ในแต่ละตำแหน่งนั้น อธิบายได้จากกายวิภาคที่สอดคล้องกับแนวแรงของกล้ามเนื้อ Frontalis ประกอบกับประสิทธิภาพของเทคนิคการเปลี่ยนระดับความลึกเข้าสู่ชั้นเยื่อหุ้มกระดูก (Supraperiosteal plane) ที่มีความคงตัวสูง ในขณะที่ตำแหน่งหัวคิ้วมีแรงต้านจาก

กลุ่มกล้ามเนื้อดึงคิ้วลง (Depressor muscles) ที่แข็งแรง ทำให้ยกตัวได้ยากกว่า ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผลลัพธ์ของการร้อยไหมขึ้นอยู่กับกายวิภาคและทิศทางของกล้ามเนื้อในแต่ละตำแหน่ง

เมื่อติดตามผลระยะยาว พบว่าระดับความสูงคิ้วลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระยะ 9 เดือน และคืนตัวกลับสู่ระดับเริ่มต้นที่ระยะ 12 เดือน ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการสลายตัวของวัสดุ PDO (Hydrolysis) ในช่วง 6 - 8 เดือน ทำให้แรงยึดพยุงเชิงกล (Mechanical lift) สูญเสียไป อย่างไรก็ตาม แม้ผลประเมินทางกายภาพจะกลับสู่จุดเริ่มต้น แต่ผู้เข้าร่วมกลับยังมีความพึงพอใจในระดับสูง (GAIS ≥ 3) ถึงร้อยละ 66.67 ปรากฏการณ์นี้อาจเป็นผลจากการที่โครงตาข่าย 3 มิติ (Mesh scaffold) ทำหน้าที่กระตุ้นให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อและคอลลาเจนใหม่ (Neocollagenesis) ซึ่งช่วยฟื้นฟูคุณภาพผิวและความรู้สึกตึงกระชับ แม้จะไม่ได้ส่งผลต่อความสูงของคิ้วในแนวดิ่งอย่างชัดเจนก็ตาม

สรุปผลการวิจัย

การร้อยไหมยกคิ้วด้วยไหม PDO-mesh แบบมีเงี่ยงร่วมกับเทคนิค Dual-layer สามารถสร้างแรงยกเชิงกลและเพิ่มระดับความสูงของคิ้วได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะสั้นเท่านั้น เมื่อครบระยะเวลา 1 ปี ระดับความสูงของคิ้วจะลดลงและคืนตัวกลับสู่ระดับเริ่มต้น ซึ่งผลที่ได้นี้ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ในเรื่องความยั่งยืนของผลลัพธ์เชิงกายภาพระยะยาว อย่างไรก็ตาม ผู้เข้ารับบริการยังคงมีความพึงพอใจในระดับสูง ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากกระบวนการสร้างคอลลาเจนใหม่รอบโครงตาข่ายที่ช่วยฟื้นฟูคุณภาพผิวบริเวณหน้าผาก โดยไม่พบภาวะแทรกซ้อนรุนแรงตลอดการรักษา

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษาที่พบความไม่สอดคล้องกันระหว่างระดับความสูงคิ้วเชิงกายภาพที่ลดลงกับความพึงพอใจของผู้เข้าร่วมที่ยังคงอยู่ในระดับสูง งานวิจัยในอนาคตควรเพิ่มการประเมินด้านคุณภาพและความตึงกระชับของผิวหนัง โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ภาพ 3 มิติ (3D imaging analysis) หรือการศึกษาทางจุลพยาธิวิทยา (Histological study) เพื่อยืนยันการเกิดคอลลาเจนใหม่รอบโครงตาข่ายอย่างเป็นวัตถุวิสัย นอกจากนี้ควรมีการเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์แยกตามช่วงอายุ ตลอดจนศึกษาเปรียบเทียบกับวัสดุเส้นไหมที่มีอัตราการสลายตัวช้ากว่า (เช่น PCL หรือ PLLA) เพื่อประเมินความยั่งยืนในระยะยาวที่มากกว่า 1 ปี รวมถึงควรมีการติดตามแนวโน้มการหายของภาวะแทรกซ้อนระยะแรก เช่น รอยบุ๋มและการคลำได้เส้นไหมในระยะเวลาที่นานขึ้นเพื่อประเมินการรวมตัวของเนื้อเยื่อ (Tissue integration) อย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

1. Bastidas N, Zide B. Suspension of the brow in facial paralysis and frontalis loss. Plastic and Reconstructive Surgery. 2010;126(2):486-8. doi: 10.1097/prs.0b013e3181e09574.
2. Ban R, Matsuo K, Ban M, Yuzuriha S. Eyebrow ptosis after blowout fracture indicates impairment of trigeminal proprioceptive evocation that induces reflex contraction of the frontalis muscle. ePlasty. 2013;13.
3. Ahn MS, Catten M, Maas CS. Temporal brow lift using botulinum toxin A. Plast Reconstr Surg. 2000;105(4):1129-1135; discussion 1136-1129.
4. Sulamanidze MA, Fournier PF, Paikidze TG, et al. Removal of facial soft tissue ptosis with special threads. Dermatol Surg. 2002;28(6):367-371. doi: 10.1046/j.1524-4725.2002. 01297.x
5. Yoon JH, Kim SS, Oh SM, Kim BC, Jung W. Tissue changes over time after polydioxanone thread insertion: An animal study with pigs. J Cosmet Dermatol. 2019;18(3):885-891.
6. Majercik S, Tsikitis V, Iannitti DA. Strength of tissue attachment to mesh after ventral hernia repair with synthetic composite mesh in a porcine model. Surg Endosc. 2006;20(11):1671-1674. doi: 10.1007/s00464-005-0660-1
7. Santorelli A, Cirillo P, Fundarò SP, Cavallini M, Salti G, Avvedimento S. Eyebrow lifting with barbed threads: A simple, safe, and effective ambulatory procedure. J Cosmet Dermatol. 2023;22(1):140-5. doi: 10.1111/jocd.15006.
8. Wattanakrai K, Chiemchaisri N, Wattanakrai P. Mesh suspension thread for facial rejuvenation. Aesthet Plast Surg. 2019; 43:803-812. doi:10.1007/s00266-019-01561-9.
9. Jung J, Kim H, Choi SW, Yun CW, Lee W. Evaluation of a Novel Method for Temporary Eyebrow Lifting Using Polydioxanone Threads. J Clin Med. 2025;14(2):490. doi:10.3390/jcm14020490.

อัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอลร่วมกับคะแนนความเสี่ยงโรคเบาหวานของไทยในการพยากรณ์ความเสี่ยงเบาหวานในกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก: การศึกษาแบบย้อนหลังเชิงภาคตัดขวาง

TRIGLYCERIDE TO HIGH-DENSITY LIPOPROTEIN CHOLESTEROL RATIO COMBINED WITH THE THAI DIABETES RISK SCORE FOR PREDICTING DIABETES RISK IN MILITARY HOSPITAL PERSONNEL: A RETROSPECTIVE CROSS-SECTIONAL STUDY

มงคลจรัส เศรษฐ์สิริกานต์*

MONGKOLJARAT SATESIRIKARN

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

the Degree of Master of Science Department of Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University.

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130291@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย**

PHAWIT NORCHAI

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญ ขณะที่ Thai Diabetes Risk Score (TDRS) แม้ใช้งานสะดวก แต่อาจมีข้อจำกัดในการจำแนกภาวะเบาหวาน อัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอล (TG/HDL ratio) เป็นตัวชี้วัดทางเมตาบอลิกที่สัมพันธ์กับภาวะดื้อต่ออินซูลิน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าเพิ่มเติมของ TG/HDL ratio เมื่อใช้ร่วมกับ TDRS ที่ตัดประวัติครอบครัวออก (TDRS without family history) ในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ การศึกษาแบบย้อนหลังเชิงภาคตัดขวางนี้ใช้ข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก ระหว่าง พ.ศ. 2565–2567 จำนวน 41,200 ราย โดยเปรียบเทียบสมรรถนะของ TDRS without family history, TG/HDL ratio และโมเดลร่วม ด้วยค่า area under the receiver operating characteristic curve (AUC-ROC) และการสอบเทียบโมเดล รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วย logistic regression ผลการศึกษาพบว่า TDRS without family history และ TG/HDL ratio มีค่า AUC เท่ากับ 0.689 และ 0.642 ตามลำดับ ขณะที่โมเดลร่วมมีค่า AUC สูงขึ้นเป็น 0.707 ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีขนาดไม่มากนัก ($p < 0.001$) และมีการสอบเทียบอยู่ในระดับดี นอกจากนี้ TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า การเพิ่ม TG/HDL ratio ใน TDRS without family history ช่วยเพิ่มความสามารถในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ แม้การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะจะมีขนาดไม่มาก TG/HDL ratio จึงอาจมีศักยภาพเป็นตัวชี้วัดทางเมตาบอลิกเสริมในการคัดกรองร่วมกับข้อมูลทางคลินิก

คำสำคัญ: โรคเบาหวานชนิดที่ 2, TG/HDL ratio, Thai Diabetes Risk Score, การจำแนกภาวะเบาหวาน, ภาวะดื้อต่ออินซูลิน

Abstract

Type 2 diabetes mellitus (T2DM) is a major public health problem with an increasing prevalence. Although the Thai Diabetes Risk Score (TDRS) is a practical and non-invasive screening tool, its ability to identify T2DM may be limited by the lack of metabolic markers associated with insulin resistance. The triglyceride-to-high-density lipoprotein cholesterol ratio (TG/HDL ratio) is a metabolic marker associated with insulin resistance and T2DM. This study aimed to evaluate the added diagnostic value of TG/HDL ratio when combined with the TDRS without family history for identifying T2DM at the time of assessment. This retrospective cross-sectional study used electronic medical record data from annual health examinations conducted between 2022 and 2024. A total of 41,200 military hospital personnel were included. The discriminative performance of the TDRS without family history, TG/HDL ratio, and their combined model was compared using the area under the receiver operating characteristic curve (AUC-ROC) and calibration analysis. Logistic regression was used to examine the association between TG/HDL ratio and the presence of T2DM. The TDRS without family history and TG/HDL ratio models yielded AUCs of 0.689 (95% CI: 0.681–0.697) and 0.642 (95% CI: 0.633–0.650), respectively. The combined model achieved the highest AUC of 0.707 (95% CI: 0.700–0.715), representing a statistically significant but modest improvement in discrimination ($p < 0.001$), with good calibration. Higher TG/HDL ratio was also significantly associated with the presence of T2DM at the time of assessment. In conclusion, incorporating TG/HDL ratio into the TDRS without family history modestly improved the discrimination of T2DM at the time of assessment. TG/HDL ratio may serve as an adjunct metabolic marker in annual health screening; however, external validation is warranted before broader clinical implementation.

Keywords: Type 2 diabetes mellitus, TG/HDL ratio, Thai Diabetes Risk Score, diabetes classification, insulin resistance

บทนำ

โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 Diabetes Mellitus; T2DM) เป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก โรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type 2 Diabetes Mellitus; T2DM) เป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยข้อมูล International Diabetes Federation ปี ค.ศ. 2025 ระบุว่า ประชากรวัยผู้ใหญ่ทั่วโลกประมาณ 589 ล้านคน หรือประมาณ 1 ใน 9 คน เป็นโรคเบาหวาน และมากกว่า 4 ใน 10 ยังไม่ทราบว่าตนเองเป็นโรค สำหรับประเทศไทย ข้อมูลปี ค.ศ. 2024 ประมาณการว่ามีผู้ใหญ่เป็นโรคเบาหวานประมาณ 6.36 ล้านคน หรือร้อยละ 10.2 ของประชากรวัยผู้ใหญ่ ขณะที่กระทรวงสาธารณสุขรายงานว่าผู้ป่วยจำนวนมากยังไม่ได้รับการวินิจฉัย ทำให้มีโอกาสเข้าสู่การรักษาล่าช้าและเกิดภาวะแทรกซ้อนตามมา ดังนั้น การพัฒนาแนวทางคัดกรองที่ใช้ข้อมูลจากการตรวจสุขภาพประจำปีและสามารถจำแนกผู้ที่อาจมีภาวะเบาหวานได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญต่อระบบบริการสุขภาพของประเทศไทย พบความชุกของโรคเบาหวานในประชากรอายุ 20 ปีขึ้นไปประมาณร้อยละ 9.9[1,2] และยังมีผู้ป่วยจำนวนมากที่ไม่ทราบว่าตนเองป่วย ส่งผลให้เข้าสู่การรักษาล่าช้าและเกิดภาวะแทรกซ้อนตามมา

ปัจจุบัน Thai Diabetes Risk Score (TDRS) เป็นเครื่องมือคัดกรองความเสี่ยงโรคเบาหวานที่ใช้งานง่ายและไม่ต้องอาศัยการตรวจทางห้องปฏิบัติการ (non-laboratory clinical risk score) แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความแม่นยำ โดยเฉพาะในผู้ที่มีภาวะดื้อต่ออินซูลินระยะเริ่มต้น ขณะที่อัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอล (Triglyceride to HDL-C ratio; TG/HDL ratio) เป็นตัวชี้วัดทางชีวเคมีที่สามารถตรวจวัดได้เป็นประจำจากผลตรวจสุขภาพพื้นฐาน (routinely available biochemical marker) และมีความสัมพันธ์กับภาวะดื้อต่ออินซูลินและกลุ่มอาการเมตาบอลิก การนำ TG/HDL ratio ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงชีวเคมีมาผนวกกับ TDRS ซึ่งเป็นคะแนนความเสี่ยงเชิงคลินิก จึงอาจเพิ่มคุณค่าในการจำแนก (added diagnostic value) เหนือกว่าการใช้ TDRS เพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในบริบทของการตรวจสุขภาพประจำปีที่มีการตรวจวัดค่าไขมันในเลือดอยู่แล้ว โดยไม่เพิ่มภาระค่าใช้จ่ายหรือการตรวจเพิ่มเติม

แม้กำลังพลของโรงพยาบาลกองทัพบกจะได้รับการตรวจสุขภาพประจำปีอย่างสม่ำเสมอ แต่ยังพบปัจจัยเสี่ยงทางเมตาบอลิก เช่น ภาวะอ้วน ความดันโลหิตสูง และไขมันในเลือดผิดปกติ ดังนั้น การพัฒนาเครื่องมือคัดกรองที่มีความแม่นยำมากขึ้นจึงมีความสำคัญ

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าเพิ่มเติมของการนำ TG/HDL ratio มาร่วมกับ Thai Diabetes Risk Score without family history ในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ ในกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก โดยเปรียบเทียบสมรรถนะของโมเดลพื้นฐานกับโมเดลที่เพิ่ม TG/HDL ratio ผ่านการประเมินความสามารถในการจำแนกและการสอบเทียบโมเดล เพื่อสนับสนุนการพัฒนาแนวทางคัดกรองโรคเบาหวานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในระบบตรวจสุขภาพประจำปี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประเมิน คุณค่าที่เพิ่มขึ้น (added diagnostic value) ของการเพิ่มอัตราส่วน TG/HDL ratio ในโมเดล TDRS without family history สำหรับการจำแนกผู้ที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ โดยใช้ตัวชี้วัดหลักคือ การเปรียบเทียบ AUC และการสอบเทียบโมเดล
2. เพื่อ เปรียบเทียบความสามารถในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ ระหว่าง การใช้คะแนน Thai Diabetes Risk Score (TDRS) เพียงอย่างเดียว, การใช้อัตราส่วน Triglyceride to HDL-C ratio (TG/HDL ratio) เพียงอย่างเดียว, และการใช้ TDRS ร่วมกับ TG/HDL ratio

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นโรคเมตาบอลิกเรื้อรังที่มีพยาธิกำเนิดซับซ้อน โดยมีภาวะดื้อต่ออินซูลินและความบกพร่องของการทำงานของเซลล์เบต้าในตับอ่อนเป็นกลไกสำคัญในการเกิดโรค[1-3] การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปเป็นเวลาหลายปีก่อนที่ระดับน้ำตาลในเลือดจะสูงถึงเกณฑ์วินิจฉัยโรคเบาหวาน ด้วยเหตุนี้ แนวคิดการคัดกรองความเสี่ยงโรคเบาหวานในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นการตรวจพบความผิดปกติตั้งแต่ระยะก่อนเกิดโรค เพื่อให้สามารถวางแผนป้องกันและปรับเปลี่ยนปัจจัยเสี่ยงได้อย่างเหมาะสม[4,5]

Thai Diabetes Risk Score (TDRS) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาและนำมาใช้ในการคัดกรองความเสี่ยงโรคเบาหวานในประชากรไทยอย่างแพร่หลาย โดยอาศัยข้อมูลด้านประชากรศาสตร์และปัจจัยเสี่ยงทางคลินิก เช่น อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย รอบเอว ความดันโลหิตสูง และประวัติครอบครัวเป็นโรคเบาหวาน [6] เครื่องมือนี้มีข้อดีคือใช้งานง่าย ไม่จำเป็นต้องอาศัยการตรวจทางห้องปฏิบัติการ และสามารถนำไปใช้ได้ในระดับประชากร อย่างไรก็ตาม ตัวแปรที่ใช้ใน TDRS ส่วนใหญ่สะท้อนปัจจัยเสี่ยงภายนอกและลักษณะทางคลินิกของบุคคล มากกว่าการสะท้อนความผิดปกติทางพยาธิสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย โดยเฉพาะภาวะดื้อต่ออินซูลินซึ่งเป็นกลไกสำคัญของการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จึงอาจทำให้ความสามารถในการจำแนกผู้ที่มีความเสี่ยงในระยะเริ่มต้นยังมีข้อจำกัด[6,7]

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการศึกษาตัวชี้วัดทางชีวเคมีหลายชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการคัดกรองโรคเบาหวาน หนึ่งในตัวชี้วัดที่ได้รับความสนใจคือ อัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอล (Triglyceride to HDL-C ratio; TG/HDL ratio) ซึ่งเป็นดัชนีที่สะท้อนความผิดปกติของการเผาผลาญไขมันและภาวะดื้อต่ออินซูลิน งานวิจัยจำนวนมากทั้งในประชากรเอเชียและตะวันตกรายงานว่า TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์กับภาวะเมตาบอลิกซินโดรม ภาวะดื้อต่ออินซูลิน และการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ในอนาคต [8] โดยผู้ที่มีค่า TG/HDL ratio สูงมักมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวานสูงกว่าผู้ที่มีค่าต่ำอย่างมีนัยสำคัญ[7,9] นอกจากนี้ยังมีหลักฐานว่าค่า TG/HDL ratio สามารถสะท้อนความผิดปกติทางเมตาบอลิกได้ตั้งแต่ระยะก่อนที่ระดับน้ำตาลในเลือดจะผิดปกติอย่างชัดเจน[10,11]

หลักฐานล่าสุดสนับสนุนว่า TG/HDL ratio อาจใช้เป็นตัวชี้วัดทางอ้อมของภาวะดื้อต่ออินซูลิน โดยการทบทวนอย่างเป็นระบบในปี ค.ศ. 2024 ซึ่งรวบรวมการศึกษา 32 เรื่อง รวมผู้เข้าร่วมประมาณ 49,782

ราย พบว่า TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์กับตัวชี้วัดภาวะดื้อต่ออินซูลิน โดยเฉพาะ HOMA-IR อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์และค่าจุดตัดที่เหมาะสมอาจแตกต่างกันตามเพศ อายุ เชื้อชาติ ภาวะอ้วน และลักษณะของประชากร จึงไม่ควรใช้ค่าจุดตัดเดียวกันกับประชากรทุกกลุ่มโดยไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องในประชากรเป้าหมาย[14]

เมื่อพิจารณาร่วมกัน จะเห็นได้ว่า TDRS และ TG/HDL ratio สะท้อนข้อมูลความเสี่ยงในมิติที่แตกต่างกัน โดย TDRS มุ่งเน้นการประเมินปัจจัยเสี่ยงทางประชากรศาสตร์และลักษณะทางคลินิก ขณะที่ TG/HDL ratio สะท้อนความผิดปกติทางชีวเคมีและอาจสัมพันธ์กับภาวะดื้อต่ออินซูลิน ดังนั้น การผสานข้อมูลจากทั้งสองแหล่งจึงอาจช่วยให้การประเมินความเสี่ยงมีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น ทั้งในด้านปัจจัยเสี่ยงที่สังเกตได้ทางคลินิกและความผิดปกติทางเมตาบอลิกที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาโมเดลพยากรณ์โรคในปัจจุบันที่เน้นการบูรณาการข้อมูลจากหลายมิติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกและคัดกรองผู้ป่วย

การประเมินคุณค่าเพิ่ม (added value) ของตัวชี้วัดใหม่เมื่อผนวกเข้ากับคะแนนความเสี่ยงเดิม โดยทั่วไปพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการจำแนก (discrimination) เช่น การเพิ่มขึ้นของค่า AUC และความสอดคล้องระหว่างค่าที่โมเดลทำนายกับค่าที่สังเกตได้จริง (calibration) อย่างไรก็ตาม โมเดลที่พัฒนาขึ้นในประชากรกลุ่มหนึ่ง ยังจำเป็นต้องได้รับการทดสอบซ้ำในกลุ่มประชากรภายนอก (external validation) ก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติจริง เพื่อยืนยันว่าสมรรถนะของโมเดลมีความเสถียรและสามารถทำซ้ำได้ในบริบทอื่น

แม้ว่าจะมีหลักฐานสนับสนุนบทบาทของ TG/HDL ratio ในการทำนายความเสี่ยงโรคเบาหวานอย่างต่อเนื่อง แต่การศึกษาที่ประเมินคุณค่าเพิ่มเติม (added value) ของ TG/HDL ratio เมื่อใช้ร่วมกับ Thai Diabetes Risk Score โดยเฉพาะในประชากรกำลังพลของโรงพยาบาลกองทัพบกยังมีจำกัด ซึ่งถือเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า การเพิ่ม TG/HDL ratio เข้าไปในโมเดล Thai Diabetes Risk Score without family history จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ ได้ดีกว่าการใช้แบบประเมินเพียงอย่างเดียว โดยคาดว่าจะส่งผลให้โมเดลมีความสามารถในการจำแนกกลุ่มเสี่ยงได้แม่นยำมากขึ้น และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้สำหรับการคัดกรองโรคเบาหวานในระบบตรวจสุขภาพประจำปีของกำลังพลต่อไป

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบย้อนหลังลักษณะภาคตัดขวาง (retrospective cross-sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าเพิ่มเติมของอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอล (Triglyceride to HDL-C ratio; TG/HDL ratio) เมื่อใช้ร่วมกับแบบประเมินความเสี่ยงโรคเบาหวานในคนไทยฉบับดัดแปลงที่ไม่รวมประวัติครอบครัว (Thai Diabetes Risk Score without family history; TDRS without family history) ในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ ของกำลังพลและบุคลากรโรงพยาบาลกองทัพบก

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้จากฐานข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปีและเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของโรงพยาบาลกองทัพบก ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2567 โดยคัดเลือกผู้เข้ารับการตรวจสุขภาพที่มีอายุระหว่าง 18–70 ปี และมีข้อมูลครบถ้วนสำหรับการคำนวณคะแนน TDRS without family history รวมถึงมีผลตรวจทางห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ระดับไตรกลีเซอไรด์และเอชดีแอลโคเลสเตอรอลสำหรับการคำนวณค่า TG/HDL ratio ตลอดจนมีข้อมูลเพียงพอสำหรับการวินิจฉัยภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 กรณีที่บุคคลเดียวกันมีข้อมูลมากกว่าหนึ่งครั้งในช่วงเวลาศึกษา จะเลือกใช้ข้อมูลล่าสุดเพียงหนึ่งระเบียนต่อบุคคล ทั้งนี้ ผู้ที่มีข้อมูลสำคัญไม่ครบถ้วน สตรีมีครรภ์ หรือได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 1 จะถูกคัดออกจากการศึกษา

ภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ (prevalent T2DM) กำหนดจากการมีระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหาร (Fasting Plasma Glucose; FPG) ตั้งแต่ 126 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรขึ้นไป หรือมีการวินิจฉัยโรคเบาหวานโดยแพทย์ หรือได้รับยาลดน้ำตาลในเลือดอย่างต่อเนื่อง ณ เวลาตรวจ ส่วนคะแนน TDRS without family history คำนวณจากองค์ประกอบของแบบประเมินที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โดยตัดตัวแปรประวัติครอบครัวออกเนื่องจากไม่มีข้อมูลครบถ้วนในผู้เข้าร่วมทุกคน TDRS ฉบับดั้งเดิมประกอบด้วยตัวแปร 6 รายการ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย รอบเอว ภาวะความดันโลหิตสูง และประวัติครอบครัวเป็นเบาหวาน โดยแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนถ่วงน้ำหนักตามเกณฑ์ที่พัฒนาไว้เดิม สำหรับ TDRS without family history ในการศึกษานี้คำนวณจากผลรวมคะแนนของ 5 องค์ประกอบแรก โดยไม่รวมคะแนนประวัติครอบครัว ขณะที่ค่า TG/HDL ratio คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างระดับไตรกลีเซอไรด์และระดับเอชดีแอลโคเลสเตอรอลที่วัดในหน่วยเดียวกัน

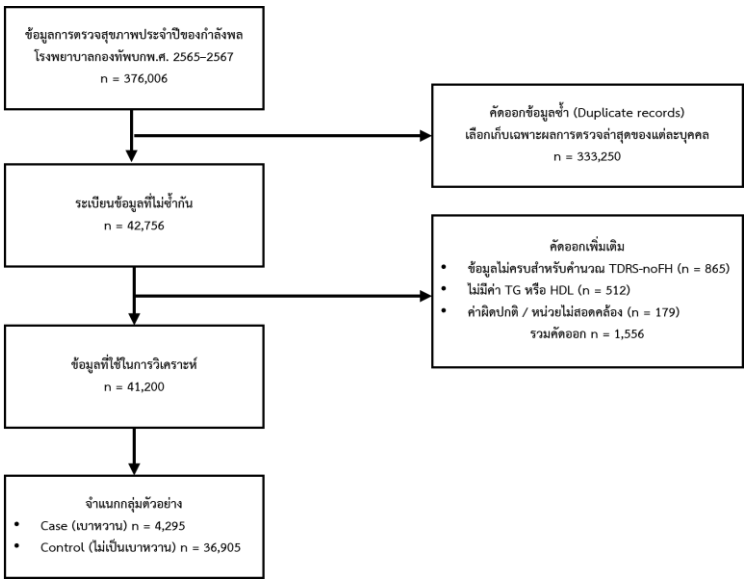
ข้อมูลทั้งหมดได้รับการตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วน และความสอดคล้องของหน่วยวัดก่อนการวิเคราะห์ จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Stata โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่ออธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และใช้สถิติเชิงอนุมานเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่เป็นและไม่เป็นเบาหวาน การประเมินสมรรถนะของแบบจำลองใช้การวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก และรายงานค่าพื้นที่ใต้โค้ง ROC (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve; AUC-ROC) พร้อมช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเปรียบเทียบค่า AUC ระหว่างโมเดลด้วยวิธี DeLong test รวมทั้งรายงานค่าความไว ความจำเพาะ ค่าทำนายผลบวก ค่าทำนายผลลบ ณ จุดตัดที่เหมาะสมและการสอบเทียบของโมเดล เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่าง TDRS without family history, TG/HDL ratio และโมเดลที่ใช้ตัวแปรทั้งสองร่วมกัน

การศึกษานี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ก่อนดำเนินการวิจัย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิย้อนหลังจากฐานข้อมูลของโรงพยาบาล ไม่มีการติดต่อผู้เข้าร่วมวิจัยโดยตรง และมีการลบข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนได้ทั้งหมดก่อนนำมาวิเคราะห์ เพื่อรักษาความลับและคุ้มครองสิทธิของผู้เข้าร่วมวิจัยตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ผลการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากระบบเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบกที่เข้ารับการตรวจสุขภาพประจำปีระหว่างปี พ.ศ. 2565–2567 ในระยะแรกพบข้อมูลทั้งหมด 376,006 รายการ

ภายหลังการคัดออกข้อมูลซ้ำโดยเลือกใช้ผลการตรวจสุขภาพครั้งล่าสุดของแต่ละบุคคล (คงเหลือระเบียนข้อมูลที่ไม่ซ้ำกัน 42,756 ราย) และคัดออกข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์เพิ่มเติมอีก 1,556 ราย ได้แก่ ข้อมูลไม่ครบถ้วนสำหรับการคำนวณคะแนน Thai Diabetes Risk Score without family history (TDRS without family history) จำนวน 865 ราย ไม่มีค่าไตรกลีเซอไรด์หรือเอชดีแอลโคเลสเตอรอลสำหรับการคำนวณค่า Triglyceride to HDL-C ratio (TG/HDL ratio) จำนวน 512 ราย และค่าผิดปกติหรือหน่วยไม่สอดคล้องกัน จำนวน 179 ราย เหลือกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนทั้งสิ้น 41,200 ราย การจัดการข้อมูลสูญหายในการศึกษานี้ใช้วิธี complete-case analysis โดยคัดผู้ที่มีข้อมูลไม่ครบตามเกณฑ์ออกจากชุดข้อมูลวิเคราะห์หลัก โดยเป็นผู้ป่วยเบาหวานจำนวน 4,295 ราย และผู้ที่ไม่มีภาวะเบาหวานจำนวน 36,905 ราย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังการคัดเลือกและคัดกรองข้อมูลจากระบบเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก ระหว่างปี พ.ศ. 2565–2567

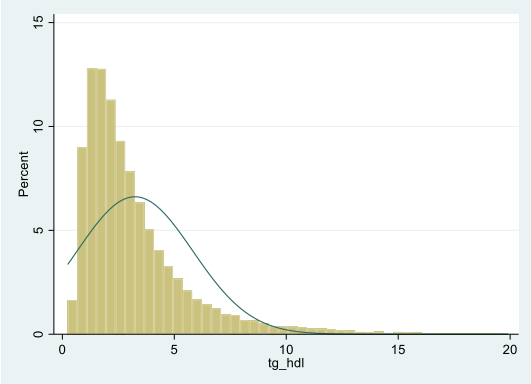
ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างแสดงในตารางที่ 1 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 47.59 ± 8.10 ปี ส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 87.49 มีดัชนีมวลกายเฉลี่ย 25.45 ± 3.93 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และมีเส้นรอบเอวเฉลี่ย 86.60 ± 10.38 เซนติเมตร ระดับไตรกลีเซอไรด์เฉลี่ยเท่ากับ 159.19 ± 130.22 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่า HDL-C เฉลี่ย 52.86 ± 13.80 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ส่งผลให้ค่า TG/HDL ratio เฉลี่ยเท่ากับ 3.46 ± 3.95 นอกจากนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่เคยสูบบุหรี่ร้อยละ 57.40 มีประวัติการดื่มแอลกอฮอล์ร้อยละ 74.68 และมีการออกกำลังกายอยู่ในเกณฑ์ที่แนะนำร้อยละ 57.05

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n = 41,200)

ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง	รวมทั้งหมด (n = 41,200)
อายุ (ปี)	47.59 ± 8.10
เพศ	
ชาย	36,044 (87.49%)
หญิง	5,156 (12.51%)
BMI (kg/m²)	25.45 ± 3.93
รอบเอว (cm)	86.60 ± 10.38
Systolic BP (mmHg)	130.97 ± 16.16
Diastolic BP (mmHg)	80.39 ± 11.16
Triglyceride (mg/dL)	159.19 ± 130.22
HDL-C (mg/dL)	52.86 ± 13.80
TG/HDL ratio	3.46 ± 3.95
Fasting plasma glucose (mg/dL)	102.83 ± 34.69

หมายเหตุ: ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือจำนวน (ร้อยละ)

เมื่อพิจารณาการกระจายของค่า TG/HDL ratio พบว่ามีค่าเฉลี่ย 3.46 ± 3.95 ค่ามัธยฐาน 2.50 (IQR 1.58–4.04) และมีลักษณะการกระจายแบบเบ้ขวา ดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อแบ่งค่า TG/HDL ratio ออกเป็น 4 กลุ่มตามควอไทล์ พบว่ากลุ่ม Q4 มีค่าเฉลี่ยและช่วงการกระจายสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 2 การกระจายตัวของค่า TG/HDL ratio ในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 41,200 ราย แสดงลักษณะการกระจายแบบเบ้ขวา

ตารางที่ 2 การแจกแจงค่า TG/HDL ratio จำแนกตาม Quartile ของกลุ่มตัวอย่าง

Quartile	n (%)	Mean ± SD	ช่วงค่า (Min–Max)
Q1	10,303 (25.01%)	1.14 ± 0.28	0.24–1.58
Q2	10,340 (25.10%)	2.02 ± 0.26	1.58–2.50
Q3	10,257 (24.90%)	3.18 ± 0.44	2.51–4.04
Q4	10,300 (25.00%)	7.51 ± 6.17	4.04–150.27

การวิเคราะห์ Logistic regression พบว่า TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อค่า TG/HDL ratio เพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะเพิ่ม

โอกาส (odds) ของการมีภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ประมาณ 1.18 เท่า (OR = 1.18, 95% CI 1.17–1.19, p < 0.001) นอกจากนี้ เมื่อแบ่ง TG/HDL ratio ออกเป็นควอไทล์ พบความสัมพันธ์แบบ dose-response อย่างชัดเจน โดยกลุ่ม Q4 มีโอกาส (odds) ของการมีภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 มากกว่ากลุ่ม Q1 ถึง 4.49 เท่า และยังคงมีนัยสำคัญหลังปรับอายุ เพศ และดัชนีมวลกาย ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TG/HDL ratio และภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจจากการวิเคราะห์ Logistic Regression

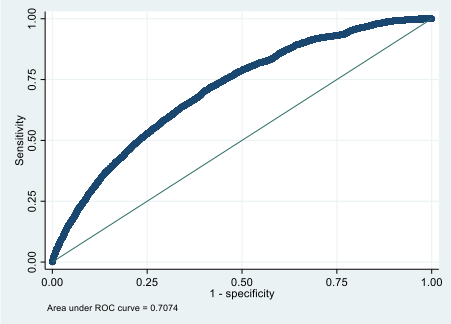
ตัวแปร	OR	95% CI	p-value	Adjusted OR*	95% CI	p-value
TG/HDL ratio ต่อ 1 หน่วย	1.18	1.17–1.19	<0.001	-	-	-
Q1	Reference	-	-	Reference	-	-
Q2	2.11	2.00–2.23	<0.001	1.23	1.13–1.35	<0.001
Q3	3.14	2.97–3.33	<0.001	1.38	1.26–1.52	<0.001
Q4	4.49	4.22–4.77	<0.001	1.62	1.47–1.79	<0.001

หมายเหตุ: *Adjusted for age, sex and BMI.

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพในการจำแนกภาวะเบาหวาน พบว่า โมเดล TDRS without family history เพียงอย่างเดียวมีค่า AUC เท่ากับ 0.689 (95% CI 0.681–0.697) ขณะที่โมเดล TG/HDL ratio เพียงอย่างเดียวมีค่า AUC เท่ากับ 0.642 (95% CI 0.633–0.650) และเมื่อเพิ่ม TG/HDL ratio เข้าในโมเดล TDRS without family history พบว่าค่า AUC เพิ่มขึ้นเป็น 0.707 (95% CI 0.700–0.715) ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุดในสามโมเดล ดังแสดงในตารางที่ 4 โดย ROC curve ของโมเดลร่วมแสดงในภาพที่ 3 การเปรียบเทียบพื้นที่ใต้โค้งด้วยวิธี DeLong test พบว่าความแตกต่างระหว่างโมเดล TDRS without family history และโมเดลร่วมมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.001) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่ม TG/HDL ratio ช่วยเพิ่มความสามารถในการจำแนกผู้ที่มีและไม่มีภาวะเบาหวาน ณ เวลาตรวจ อย่างไรก็ตาม ค่า AUC ที่เพิ่มขึ้นจาก 0.689 เป็น 0.707 หรือเพิ่มขึ้น 0.018 สะท้อนการเพิ่มความสามารถในการจำแนกในระดับไม่มากนัก (modest incremental improvement) แม้ว่าความแตกต่างดังกล่าวจะมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลการศึกษานี้ควรตีความในด้านการเพิ่มสมรรถนะในการจำแนกของโมเดล โดยยังไม่สามารถสรุปถึงประโยชน์ในการนำไปใช้ทางคลินิกได้จากค่า AUC และนัยสำคัญทางสถิติเพียงอย่างเดียว

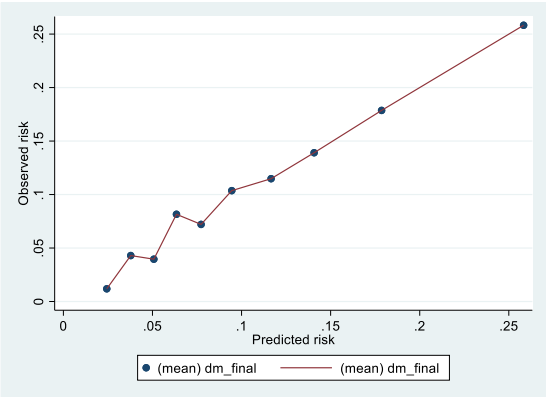
ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ

Model	AUC (95% CI)	p-value
TDRS without family history	0.689 (0.681–0.697)	Reference
TG/HDL ratio	0.642 (0.633–0.650)	<0.001
TDRS without family history + TG/HDL ratio	0.707 (0.700–0.715)	<0.001



ภาพที่ 3 ROC curve ของโมเดลร่วมระหว่าง TDRS without family history และ TG/HDL ratio ในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ โดยมีค่า AUC เท่ากับ 0.707 (95% CI 0.700–0.715)

นอกจากความสามารถในการจำแนกแล้ว ผู้วิจัยยังได้ประเมินความสอดคล้องของโมเดล (calibration) โดยเปรียบเทียบความน่าจะเป็นที่โมเดลทำนายกับความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละกลุ่มความเสี่ยง ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าที่สังเกตได้มีแนวโน้มสอดคล้องกับค่าที่โมเดลทำนาย และจุดข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้เส้นอุดมคติ แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องในระดับที่ดี ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 Calibration plot ของโมเดล TDRS without family history ร่วมกับ TG/HDL ratio แสดงความสอดคล้องระหว่างความเสี่ยงที่โมเดลทำนายและความเสี่ยงที่สังเกตได้จริง

โดยสรุป ผลการศึกษาพบว่า TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์กับการมีภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเพิ่ม TG/HDL ratio เข้าในโมเดล TDRS without family history สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกภาวะเบาหวานได้ดีกว่าการใช้ TDRS without family history เพียงอย่างเดียว

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณค่าเพิ่มของอัตราส่วนไตรกลีเซอไรด์ต่อเอชดีแอลโคเลสเตอรอล (TG/HDL ratio) เมื่อใช้ร่วมกับ Thai Diabetes Risk Score ที่ตัดตัวแปรประวัติครอบครัวออก (TDRS without family history) ในการจำแนกภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ ในกำลังพลโรงพยาบาลกองทัพบก ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มค่า TG/HDL ratio เข้าไปในโมเดล TDRS without family history ช่วยเพิ่มความสามารถในการจำแนกผู้ที่มีภาวะเบาหวานได้ดีกว่าการใช้คะแนนความเสี่ยงเดิมเพียงอย่างเดียว

โดยโมเดลร่วมมีค่า AUC เท่ากับ 0.707 ซึ่งสูงกว่าโมเดล TDRS without family history เพียงอย่างเดียว (AUC = 0.689) และโมเดล TG/HDL ratio เพียงอย่างเดียว (AUC = 0.642)

ผลการศึกษายังพบว่า TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการมีภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อค่า TG/HDL ratio เพิ่มขึ้น โอกาส (odds) ของการมีภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ และพบความสัมพันธ์แบบ dose-response อย่างชัดเจนเมื่อแบ่งค่า TG/HDL ratio ออกเป็นกลุ่มตาม quartile ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากกลไกทางพยาธิสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับภาวะดื้อต่ออินซูลิน ซึ่งมักพบร่วมกับระดับไตรกลีเซอไรด์ที่สูงและระดับ HDL-C ที่ต่ำ อันเป็นลักษณะสำคัญของภาวะ metabolic syndrome และความผิดปกติทางเมตาบอลิกที่นำไปสู่โรคเบาหวานชนิดที่ 2

กลไกดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากพยาธิสรีรวิทยาของภาวะดื้อต่ออินซูลิน ซึ่งทำให้ฤทธิ์ของอินซูลินในการยับยั้งการสลายไขมัน (lipolysis) ที่เนื้อเยื่อไขมันลดลง ส่งผลให้กรดไขมันอิสระ (free fatty acids) ถูกปลดปล่อยเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้นและเข้าสู่ตับในปริมาณสูง ตับจึงสร้าง very-low-density lipoprotein (VLDL) และไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกัน การแลกเปลี่ยนไขมันผ่าน cholesteryl ester transfer protein (CETP) ระหว่าง VLDL กับ HDL ทำให้ HDL มีปริมาณไตรกลีเซอไรด์สูงขึ้นและถูกสลายได้รวดเร็ว ส่งผลให้ระดับ HDL-C ลดลง ดังนั้น ผู้ที่มีภาวะดื้อต่ออินซูลินจึงมักมีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงร่วมกับระดับ HDL-C ต่ำ ทำให้ค่า TG/HDL ratio สูงขึ้น ซึ่งสะท้อนความผิดปกติของเมตาบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้ แม้ว่า TG/HDL ratio จะไม่ใช่ตัวชี้วัดภาวะดื้อต่ออินซูลินโดยตรง แต่ถือเป็น surrogate marker ที่ได้รับการสนับสนุนจากงานวิจัยหลายฉบับ[9,13]

ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าหลายการศึกษาที่รายงานว่า TG/HDL ratio เป็นตัวชี้วัดทางเมตาบอลิกที่มีความสัมพันธ์กับภาวะ insulin resistance และสามารถใช้เป็นตัวทำนายความเสี่ยงโรคเบาหวานได้ในหลายประชากร โดยเฉพาะในกลุ่มประชากรเอเชีย นอกจากนี้ การนำตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีมาผสานร่วมกับคะแนนความเสี่ยงทางคลินิกยังเป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำนายความเสี่ยงได้ดียิ่งขึ้น

แม้ว่าค่า AUC ของโมเดลร่วมจะอยู่ในระดับปานกลาง (moderate discrimination) แต่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับเครื่องมือประเมินความเสี่ยงในงานคัดกรองระดับประชากร เนื่องจากข้อมูลที่ใช้มาจากเวชปฏิบัติจริง ซึ่งมีความหลากหลายของปัจจัยด้านพฤติกรรม สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ ขนาดของการเพิ่มขึ้นของค่า AUC จาก 0.689 เป็น 0.707 นับว่ามีขนาดไม่มากนัก (modest incremental improvement) แม้จะมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงควรตีความร่วมกับหลักฐานอื่นด้วยความระมัดระวัง ผลการประเมิน calibration ยังแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องระหว่างค่าความเสี่ยงที่ทำนายและค่าที่เกิดขึ้นจริงในระดับที่ดี สะท้อนถึงศักยภาพของโมเดลในการนำไปพัฒนาต่อเพื่อการประเมินความเสี่ยงและการจัดกลุ่มความเสี่ยงโรคเบาหวาน อย่างไรก็ตาม โมเดลนี้ยังไม่ควรถือว่าพร้อมสำหรับการนำไปใช้ในเวชปฏิบัติทั่วไป และจำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเพิ่มเติม (further validation) ก่อนนำไปประยุกต์ใช้จริง

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้มีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ การเป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางซึ่งไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้ การขาดการทดสอบในกลุ่มประชากรภายนอก (external validation) และการที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ซึ่งอาจจำกัดการอ้างอิงผลไปยังประชากรทั่วไป นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมบางรายอาจได้รับยาลดไขมันอยู่ก่อนการตรวจสุขภาพ ส่งผลต่อค่าของ TG/HDL ratio และอาจมีผลต่อความสัมพันธ์ที่พบในการศึกษา นอกจากนี้ การออกแบบวิจัยแบบภาคตัดขวางทำให้ไม่สามารถประเมินการเกิดโรคเบาหวานรายใหม่ หรือความสามารถในการทำนายเชิงเวลา (temporal prediction) ได้ ผลการศึกษาจึงสะท้อนเพียงความสัมพันธ์ ณ จุดเวลาหนึ่งเท่านั้น การใช้ข้อมูลเวชระเบียนที่มีอยู่ อาจมีข้อจำกัดด้านความครบถ้วนและความถูกต้องของข้อมูล และการจำกัดเฉพาะผู้ที่มีข้อมูลครบถ้วนอาจก่อให้เกิด selection bias ได้ในระดับหนึ่ง อีกทั้งยังไม่สามารถตัดปัจจัยกวนที่เหลืออยู่ (residual confounding) จากตัวแปรที่ไม่ได้วัดหรือไม่ได้ปรับในแบบจำลองออกไปได้ทั้งหมด สุดท้าย TDRS without family history ซึ่งเป็นฉบับดัดแปลงที่ตัดตัวแปรประวัติครอบครัวออก อาจมีสมรรถนะแตกต่างจาก TDRS ฉบับดั้งเดิมที่ผ่านการตรวจสอบความตรง (validated) มาก่อน จึงควรตีความผลเปรียบเทียบด้วยความระมัดระวัง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้พบว่า TG/HDL ratio มีความสัมพันธ์กับภาวะเบาหวานชนิดที่ 2 ณ เวลาตรวจ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และอาจใช้เป็นตัวชี้วัดทางเมตาบอลิกที่มีความสัมพันธ์กับภาวะดื้อต่ออินซูลิน (surrogate marker) เมื่อเพิ่ม TG/HDL ratio เข้าไปในโมเดล Thai Diabetes Risk Score without family history พบว่าประสิทธิภาพในการจำแนกภาวะเบาหวานเพิ่มขึ้น โดยโมเดลร่วมมีค่า AUC สูงกว่าโมเดลที่ใช้ TDRS without family history หรือ TG/HDL ratio เพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษาสนับสนุนว่า การใช้ข้อมูลทางคลินิกร่วมกับตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีอาจเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกภาวะเบาหวานได้ และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องมือคัดกรองและจัดกลุ่มความเสี่ยงในระบบตรวจสุขภาพประจำปี อย่างไรก็ตาม โมเดลนี้ยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมทั้งในลักษณะ prospective validation และ external validation ก่อนที่จะนำไปใช้ในเวชปฏิบัติจริงอย่างกว้างขวาง

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่าการนำค่า TG/HDL ratio มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ Thai Diabetes Risk Score เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสำหรับการจำแนกภาวะเบาหวานในงานตรวจสุขภาพประจำปี เนื่องจากเป็นตัวแปรที่สามารถคำนวณได้จากข้อมูลทางห้องปฏิบัติการพื้นฐานที่มีอยู่แล้ว และไม่เพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการตรวจเพิ่มเติม อย่างไรก็ตาม ก่อนนำไปใช้ในเวชปฏิบัติจริง โมเดลนี้ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมด้วยรูปแบบ prospective cohort study และ external validation ในประชากรอื่น เพื่อยืนยันความสามารถในการจำแนกและความเสถียรของโมเดล

สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาแบบติดตามไปข้างหน้า (prospective cohort study) เพื่อประเมินความสามารถของโมเดลในการทำนายการเกิดโรคเบาหวานในอนาคต รวมทั้งควรมีการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลในประชากรจากหลายสถาบันหรือหลายภูมิภาค เพื่อประเมินความสามารถในการนำผลไปใช้ในวงกว้าง (generalizability) นอกจากนี้ ควรพิจารณาเพิ่มข้อมูลปัจจัยเสี่ยงอื่น ๆ เช่น ประวัติครอบครัว พฤติกรรมสุขภาพ และตัวบ่งชี้ทางชีวเคมีเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบบริการสุขภาพของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิผลในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. DeFronzo RA. Pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. In: DeFronzo RA, Ferrannini E, Zimmet P, Alberti G, editors. International Textbook of Diabetes Mellitus. 4th ed. Chichester: Wiley-Blackwell; 2015. p. 371–400.
2. Fujimoto WY. The importance of insulin resistance in the pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. Am J Med. 2000;108(6 Suppl 1):9S–14S. doi:10.1016/S0002-9343(00)00337-5.
3. Zaccardi F, Webb DR, Yates T, Davies MJ. Pathophysiology of type 1 and type 2 diabetes mellitus: a 90-year perspective. Postgrad Med J. 2016;92(1084):63–69. doi:10.1136/postgradmedj-2015-133281.
4. Fletcher B, Gulanick M, Lamendola C. Risk factors for type 2 diabetes mellitus. J Cardiovasc Nurs. 2002;16(2):17–23. doi:10.1097/00005082-200201000-00003.
5. Galicia-Garcia U, Benito-Vicente A, Jebari S, Larrea-Sebal A, Siddiqi H, Uribe KB, et al. Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. Int J Mol Sci. 2020;21(17):6275. doi:10.3390/ijms21176275.
6. Aekplakorn W, Bunnag P, Woodward M, Sritara P, Cheepudomwit S, Yamwong S, et al. A risk score for predicting incident diabetes in the Thai population. Diabetes Care. 2006;29(8):1872–1877. doi:10.2337/dc05-2141.
7. Echouffo-Tcheugui JB, Perreault L, Ji L, Dagogo-Jack S. Diagnosis and management of prediabetes: a review. JAMA. 2023;329(14):1206–1216. doi:10.1001/jama.2023.4063.
8. Yuge H, Okada H, Hamaguchi M, Kurogi K, Murata H, Ito M, et al. Triglycerides/HDL cholesterol ratio and type 2 diabetes incidence: Panasonic Cohort Study 10. Cardiovasc Diabetol. 2023;22(1):308. doi:10.1186/s12933-023-02046-5.
9. Elkanawati RY, Sumiwi SA, Levita J. Impact of lipids on insulin resistance: insights from human and animal studies. Drug Des Devel Ther. 2024;18:3337–3360. doi:10.2147/DDDT.S468147.
10. Liu H, Liu J, Liu J, Xin S, Lyu Z, Fu X. Triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio, a simple but effective indicator in predicting type 2 diabetes mellitus in older adults. Front Endocrinol (Lausanne). 2022;13:828581. doi:10.3389/fendo.2022.828581.
11. Kim J, Shin SJ, Kim YS, Kang HT. Positive association between the ratio of triglycerides to high-density lipoprotein cholesterol and diabetes incidence in Korean adults. Cardiovasc Diabetol. 2021;20(1):183. doi:10.1186/s12933-021-01384-9.

12. Aekplakorn W, Chariyalertsak S, Kessomboon P, Assanangkornchai S, Taneepanichskul S, Putwatana P. Prevalence of diabetes and relationship with socioeconomic status in the Thai population: National Health Examination Survey, 2004–2014. J Diabetes Res. 2018;2018:1654530. doi:10.1155/2018/1654530.
13. Baneu P, Văcărescu C, Drăgan SR, Cirin L, Lazăr-Höcher AI, Cozgarea A, et al. The triglyceride/HDL ratio as a surrogate biomarker for insulin resistance. Biomedicines. 2024;12(7):1493. doi:10.3390/biomedicines12071493
14. American Diabetes Association Professional Practice Committee. Classification and diagnosis of diabetes: Standards of Care in Diabetes—2025. Diabetes Care. 2025;48(Suppl 1):S27–S49. doi:10.2337/dc25-S002.

ผลของขนาดเข็มฉีดยาต่อการรอดชีวิตของเซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์

EFFECT OF NEEDLE GAUGE ON THE CELL VIABILITY OF HUMAN UMBILICAL CORD-DERIVED MESENCHYMAL STEM CELLS

เฉลิมเกียรติ บัวเหลือง*

CHALERMKIAT BUALUENG

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130134@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์ (Mesenchymal stem cells; MSCs) โดยเฉพาะเซลล์จากสายสะดือมนุษย์ (Umbilical cord-derived MSCs; UC-MSCs) ได้รับความสนใจและถูกนำมาใช้ในเวชศาสตร์ฟื้นฟูอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์หลายชนิด สามารถหลั่งสารพาราครีน และมีคุณสมบัติในการควบคุมระบบภูมิคุ้มกัน อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการนำเซลล์ไปใช้รักษา การฉีดเซลล์ผ่านเข็มอาจทำให้เซลล์ได้รับความเค้นเชิงกล โดยเฉพาะแรงเฉือนที่สัมพันธ์กับขนาดเกจของเข็ม ซึ่งอาจส่งผลให้ความมีชีวิตของเซลล์ลดลงและกระทบต่อประสิทธิผลในการรักษา ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของขนาดเกจของเข็ม (needle gauge) ต่อความมีชีวิตของ UC-MSCs ภายหลังการฉีดภายใต้สภาวะการไหลที่ควบคุม โดยนำ UC-MSCs (passage 3–5) มาฉีดผ่านเข็มขนาด 30G, 32G และ 34G ด้วย syringe pump ที่อัตราการไหลคงที่ 120 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง พร้อมมีกลุ่มควบคุมที่ไม่ผ่านการฉีด จากนั้นประเมินความมีชีวิตของเซลล์ทันทีหลังการฉีดด้วยวิธี Trypan Blue exclusion ร่วมกับ hemocytometer โดยแต่ละเงื่อนไขทำการทดลองอิสระ 3 ครั้ง และมีซ้ำย่อยครั้งละ 3 ตัวอย่าง (n = 9 ต่อกลุ่ม) วิเคราะห์ข้อมูลด้วย one-way ANOVA และ Tukey’s HSD ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มควบคุมมีความมีชีวิตของเซลล์เฉลี่ย 95.73 ± 1.06% ขณะที่กลุ่มที่ผ่านการฉีดมีความมีชีวิตลดลงตามการเพิ่มขึ้นของขนาดเกจของเข็ม โดยมีค่า 92.42 ± 1.89% ในกลุ่ม 30G, 85.99 ± 2.81% ในกลุ่ม 32G และ 75.89 ± 3.53% ในกลุ่ม 34G ตามลำดับ การวิเคราะห์ด้วย one-way ANOVA พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม ($F(3,32) = 109.68$, $p < 0.001$) และการทดสอบ Tukey’s HSD แสดงให้เห็นว่าทุกกลุ่มที่ผ่านการฉีดมีความมีชีวิตของเซลล์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สรุปได้ว่าขนาดเกจของเข็มมีผลต่อความมีชีวิตของ UC-MSCs อย่างมีนัยสำคัญ โดยเข็มที่มีเกจสูงขึ้นหรือมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลงทำให้ความมีชีวิตของเซลล์ลดลงมากขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดจากแรงเฉือนที่เพิ่มขึ้น ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกและปรับพารามิเตอร์ในการฉีด เพื่อช่วยคงจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตและเพิ่มประสิทธิผลของการรักษาด้วย MSCs

คำสำคัญ: ขนาดเกจของเข็ม, ความมีชีวิตของเซลล์, เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์, แรงเฉือน, สายสะดือ

Abstract

Mesenchymal stem cells (MSCs), particularly human umbilical cord-derived MSCs (UC-MSCs), are widely used in regenerative medicine because of their multilineage differentiation potential, paracrine secretion, and immunomodulatory properties. However, during clinical administration, mechanical stress generated during injection—especially shear stress associated with needle gauge—may compromise cell viability and ultimately reduce therapeutic efficacy. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of needle gauge on the post-injection viability of UC-MSCs under controlled flow conditions. UC-MSCs (passages 3–5) were injected through 30G, 32G, and 34G needles using a syringe pump at a constant flow rate of 120 mL/h, while a non-injected group served as the control. Cell viability was assessed immediately after injection using the Trypan Blue exclusion method with a hemocytometer. Each experimental condition was conducted in three independent experiments with three replicates each (n = 9 per group), and the data were analyzed using one-way ANOVA followed by Tukey's HSD test. The control group demonstrated a mean cell viability of 95.73 ± 1.06%. Following injection, cell viability progressively decreased with increasing needle gauge, measuring 92.42 ± 1.89% for 30G, 85.99 ± 2.81% for 32G, and 75.89 ± 3.53% for 34G. One-way ANOVA revealed a highly significant difference among the groups ($F(3,32) = 109.68$, $p < 0.001$), and Tukey's HSD post-hoc analysis showed that all injected groups had significantly lower cell viability than the control group ($p < 0.05$). In conclusion, needle gauge significantly affects the viability of UC-MSCs following injection, with higher-gauge needles (smaller internal diameters) causing greater reductions in cell survival, likely due to increased shear stress. These findings emphasize the importance of optimizing injection parameters to preserve viable cell numbers and maximize the clinical efficacy of MSC-based therapies.

Keywords: cell viability, mesenchymal stem cells, needle gauge, shear stress, umbilical cord

บทนำ

การดูแลสุขภาพด้วยเวชศาสตร์ชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพเป็นศาสตร์ที่มุ่งเน้นการป้องกัน ฟื้นฟู และชะลอความเสื่อมของร่างกาย เพื่อคงไว้ซึ่งสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีที่สุด[1] ปัจจุบันการใช้เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์ (Mesenchymal Stem Cells; MSCs) ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเพิ่มจำนวน การแยกสภาพเป็นเซลล์หลายชนิด การหลั่งสารชีวโมเลกุลที่ช่วยซ่อมแซมเนื้อเยื่อ และการควบคุมการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน[2,3] โดยเกณฑ์การจำแนก MSCs ของ International Society for Cell & Gene Therapy[4] กำหนดให้เซลล์ต้องสามารถยึดเกาะพลาสติก แสดงออกของ CD73, CD90 และ CD105 รวมทั้งสามารถแยกสภาพเป็น osteoblasts, adipocytes และ chondrocytes ได้[5]

เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือ (Umbilical Cord-derived Mesenchymal Stem Cells; UC-MSCs) เป็นแหล่งเซลล์ที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสามารถเก็บได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริจาค มีศักยภาพในการเพิ่มจำนวนสูง[1,6] และกระตุ้นการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันต่ำ ปัจจุบัน UC-MSCs ถูกนำไปประยุกต์ใช้ทั้งการให้ทางหลอดเลือด[7,8] การฉีดเฉพาะตำแหน่ง และการฟื้นฟูเนื้อเยื่อในหลายระบบของร่างกาย[9,10] ประสิทธิผลของการรักษาด้วย MSCs ไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเซลล์ก่อนการให้เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ที่ยังคงมีชีวิตหลังผ่านกระบวนการฉีดเข้าสู่ร่างกาย ในทางปฏิบัติ การเลือกขนาดเข็มมักพิจารณาจากความเจ็บปวด ความสะดวกในการทำหัตถการ และตำแหน่งที่ฉีด โดยเฉพาะการฉีดเฉพาะตำแหน่งซึ่งนิยมใช้เข็มขนาดเล็กเพื่อลดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเกี่ยวกับผลของขนาดเข็มต่อความอยู่รอดของ MSCs ยังมีจำกัด ระหว่างการฉีด เซลล์อาจได้รับแรงเชิงกล เช่น shear stress และ compressive force ซึ่งสามารถส่งผลต่อโครงสร้างและความสมบูรณ์ของเซลล์ได้[11] เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็มลดลง แรงเฉือนภายในเข็มจะเพิ่มขึ้น อาจทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสียหายและลดอัตราการรอดชีวิตของเซลล์หลังการฉีด[12] แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาผลของขนาดเข็มและอัตราการไหลต่อ MSCs แล้ว แต่ส่วนใหญ่ศึกษาในช่วง 20G–30G และยังมีข้อมูลจำกัดสำหรับเข็มขนาดเล็กมากกว่า 30G โดยเฉพาะใน UC-MSCs รวมถึงการประเมินความมีชีวิตของเซลล์ทันทีหลังการฉีด[8,12,13]

แม้ว่าการลดลงของ cell viability เพียงร้อยละ 10–20 อาจดูไม่มากในเชิงปริมาณ แต่ในทางคลินิกอาจส่งผลต่อจำนวนเซลล์ที่สามารถออกฤทธิ์ได้จริงและอาจกระทบต่อประสิทธิภาพของการรักษา ปัจจุบันมีการใช้เข็มขนาดเล็ก (30G–34G) เพิ่มขึ้นในงานเวชศาสตร์ฟื้นฟูและเวชศาสตร์ความงาม แต่ยังขาดหลักฐานเชิงประจักษ์ที่เปรียบเทียบผลของขนาดเข็มต่อความมีชีวิตของ UC-MSCs ภายใต้การควบคุมอัตราการไหลอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของขนาดเข็มฉีดยาต่อการรอดชีวิตของเซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือ ภายใต้เงื่อนไขการฉีดที่ควบคุมอัตราการไหล เพื่อเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการเลือกใช้เข็มที่เหมาะสม และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และคุณภาพของการประยุกต์ใช้ UC-MSCs ในทางคลินิกต่อไป

ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า การใช้เข็มที่มีขนาดเล็กลง จะส่งผลให้ความมีชีวิตของเซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์ภายหลังการฉีดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เข็มที่มีขนาดใหญ่กว่า

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินผลของขนาดเกจของเข็ม (needle gauge) ต่อความมีชีวิตของ UC-MSCs ภายหลังการฉีดภายใต้สภาวะการไหลที่ควบคุม

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

Mesenchymal Stem Cells (MSCs) เป็นเซลล์ต้นกำเนิดชนิด multipotent ที่สามารถเพิ่มจำนวนและเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์เฉพาะทางในกลุ่ม mesodermal lineage เช่น เซลล์กระดูก กระดูกอ่อน และไขมัน นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ การควบคุมการอักเสบ และการหลั่งสารชีวโมเลกุลผ่านกลไก paracrine signaling[2] จึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในด้าน regenerative medicine และ cell therapy โดยตามเกณฑ์ของ International Society for Cell & Gene Therapy (ISCT)[4] เซลล์ MSCs ต้องสามารถยึดเกาะกับพื้นผิวภาชนะเพาะเลี้ยง แสดงออกของ CD73, CD90 และ CD105 แต่ไม่แสดง CD34, CD45, CD14, CD11b, CD79a และ HLA-DR รวมถึงต้องสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์กระดูก กระดูกอ่อน และไขมันได้

เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์ (Umbilical Cord-derived MSCs; UC-MSCs) เป็นแหล่ง MSCs ที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากเก็บได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริจาค มีอัตราการเพิ่มจำนวนสูง มี immunogenicity ต่ำ และยังคงคุณสมบัติของ stemness ได้ดี นอกจากนี้ UC-MSCs ยังมีคุณสมบัติด้าน immunomodulation สามารถยับยั้งการทำงานของเซลล์ภูมิคุ้มกัน และหลั่ง growth factors, cytokines รวมถึง extracellular vesicles ที่ช่วยส่งเสริมการซ่อมแซมเนื้อเยื่อ การสร้างหลอดเลือดใหม่ และลดการอักเสบ

ในกระบวนการนำส่งเซลล์ผ่านระบบกระบอกและเข็มฉีดยา เซลล์จะได้รับแรงเชิงกล โดยเฉพาะแรงเฉือน (shear stress) และแรงกดอัด (mechanical compression) ซึ่งอาจทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และลดความมีชีวิตของเซลล์ได้ กลไกดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ Hagen–Poiseuille ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อรัศมีภายในของเข็มลดลง ค่า shear stress จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับกำลังสามของรัศมีเข็ม (r^3) ดังนั้นเข็มขนาดเล็กจึงมีแนวโน้มก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์มากกว่าเข็มขนาดใหญ่

มีรายงานการศึกษาหลายฉบับที่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว โดย Walker[8] และคณะ (2010), Nieβen[11] และคณะ (2021), Amer[12] และคณะ (2016) และLang[13] และคณะ (2017) รายงานสอดคล้องกันว่า การใช้เข็มที่มีขนาดเล็กลงหรือสภาวะที่ก่อให้เกิดแรงเฉือนสูง ส่งผลให้ความมีชีวิตของเซลล์ลดลงและเพิ่มการเกิด apoptosis ของเซลล์ อย่างไรก็ตาม การศึกษาแต่ละฉบับใช้ชนิดของเซลล์ ขนาดเข็ม อัตราการไหล และเงื่อนไขการทดลองที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังไม่มีการศึกษาใดเปรียบเทียบผลของเข็มขนาด 30G, 32G และ 34G

ต่อ UC-MSCs ภายใต้การควบคุมอัตราการไหลอย่างเป็นมาตรฐาน ทำให้ยังไม่สามารถอธิบายผลของขนาดเข็มได้อย่างชัดเจน

Syringe pump เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมอัตราการไหลของสารแขวนลอยเซลล์ได้อย่างแม่นยำ ลดความแปรปรวนจากการฉีดด้วยมือ และช่วยลดผลกระทบจากแรงเฉือนต่อเซลล์ การศึกษานี้จึงเลือกใช้ syringe pump ที่อัตราการไหลคงที่ 120 mL/h (2 mL/min) ซึ่งเป็นค่าบนสุดของช่วงที่มีการแนะนำใน

งานวิจัยก่อนหน้า เพื่อจำลองสภาวะที่เซลล์เผชิญกับแรงเชิงกลสูงสุด (worst-case condition) และช่วยให้สามารถประเมินผลของขนาดเข็มต่อความมีชีวิตของ UC-MSCs ได้อย่างชัดเจน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า แม้จะมีหลักฐานสนับสนุนว่าขนาดเข็มและอัตราการไหลส่งผลต่อการรอดชีวิตของเซลล์ แต่ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของเข็มขนาดเล็กพิเศษ เช่น 30G, 32G และ 34G ต่อ UC-MSCs ภายใต้ระบบที่ควบคุมอัตราการไหลอย่างเป็นมาตรฐาน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งเปรียบเทียบผลของเข็มทั้งสามขนาดต่อความมีชีวิตของ UC-MSCs เพื่อสร้างข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการนำส่งเซลล์และการประยุกต์ใช้ทางคลินิกในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการแบบไปข้างหน้า (prospective), ศูนย์เดียว (single-center) ภายใต้สภาวะ in vitro โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียว (one-factor experimental design) มีตัวแปรอิสระคือขนาดเข็ม (needle gauge) แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (pre-injection baseline), 30G, 32G และ 34G โดยกำหนดอัตราการไหลของสารละลายคงที่ที่ 120 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงในทุกกลุ่มทดลอง

เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์ (UC-MSCs) ช่วง passage 3–5 จัดซื้อจากบริษัท รีเจ้น เซลล์ จำกัด และเพาะเลี้ยงในอาหาร DMEM เสริมด้วย 10% FBS และ 1% Penicillin–Streptomycin ภายใต้สภาวะ 37°C และ 5% CO_2 จนมีความหนาแน่นประมาณ 80% ก่อนย่อยเซลล์ด้วย 0.25% trypsin-EDTA ทั้งนี้ ตัวอย่างเซลล์ที่นำมาใช้ต้องมีค่าความมีชีวิตไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

ก่อนการทดลอง เซลล์ถูกแขวนลอยในสารละลาย Ringer’s lactate ที่ความเข้มข้น 1×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำมาฉีดผ่านเข็มขนาด 30G, 32G และ 34G โดยใช้เข็มชนิด hypodermic needle และกระบอกฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตรจากผู้ผลิตรายเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนของอุปกรณ์ การฉีดดำเนินการด้วยเครื่อง syringe pump ที่อัตราการไหลคงที่ 120 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิห้อง

ภายหลังการย่อยเซลล์ เซลล์ถูกนำมาทำการฉีดภายในระยะเวลาไม่เกิน 5 นาที เพื่อลดผลกระทบจากระยะเวลาการเก็บรักษา (holding time) ต่อความมีชีวิตของเซลล์ โดยทุกกลุ่มทดลองได้รับการเตรียมและแขวนลอยในสารละลาย Ringer’s lactate เป็นระยะเวลาเท่ากัน หลังการฉีดทำการประเมินความมีชีวิตของเซลล์ทันที (immediate viability)

การทดลองดำเนินการโดยใช้ตัวอย่างเซลล์ที่เตรียมแยกจากกันจำนวน 3 ชุด (independent biological replicates) โดยในแต่ละชุดทำการทดลองภายใต้ทุกสภาวะของการศึกษา และมีการวัดค่าความมี

ชีวิตของเซลล์จำนวน 3 ตัวอย่างต่อสภาวะ รวมเป็น 9 ตัวอย่างต่อกลุ่มทดลอง ทั้งนี้ การประเมินความมีชีวิตของเซลล์ดำเนินการโดยผู้ประเมินที่ไม่ทราบกลุ่มทดลอง (blinded assessment) เพื่อลดอคติในการประเมินผล (observer bias)

การประเมินความมีชีวิตของเซลล์ใช้วิธี Trypan Blue Exclusion Method[14] โดยผสมเซลล์กับ 0.4% Trypan Blue ในอัตราส่วน 1:1 และนับจำนวนเซลล์ด้วย hemocytometer จากนั้นคำนวณร้อยละความมีชีวิตของเซลล์จากสัดส่วนของเซลล์ที่ไม่ติดสีต่อจำนวนเซลล์ทั้งหมด

ตัวแปรผลลัพธ์หลักของการศึกษาคือค่าความมีชีวิตของเซลล์ภายหลังการฉีด (cell viability; %) ส่วนตัวแปรผลลัพธ์รอง ได้แก่ ความแตกต่างของค่าความมีชีวิตระหว่างกลุ่มขนาดเข็ม และค่าขนาดอิทธิพล (effect size) ข้อมูลแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) และวิเคราะห์ด้วย one-way analysis of variance (one-way ANOVA) ร่วมกับ Tukey's honestly significant difference (HSD) post hoc test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม GraphPad Prism version 9.0

ขนาดตัวอย่างของการศึกษา (sample size) ถูกกำหนดโดยการคำนวณล่วงหน้า (a priori power analysis) โดยใช้โปรแกรม G*Power เวอร์ชัน 3.1 ภายใต้การทดสอบ one-way ANOVA (fixed effects, omnibus test) กำหนดค่า effect size (f) เท่ากับ 0.5 ซึ่งถือเป็นขนาดอิทธิพลระดับปานกลางถึงสูง กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) เท่ากับ 0.05 และกำลังการทดสอบ (power, $1-\beta$) เท่ากับ 0.80 จากการคำนวณพบว่าจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่ต้องใช้ประมาณ 28 ตัวอย่าง (7 ตัวอย่างต่อกลุ่ม) อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ได้ใช้จำนวนตัวอย่าง 9 ตัวอย่างต่อกลุ่ม (รวมทั้งหมด 36 ตัวอย่าง) ซึ่งมากกว่าค่าขั้นต่ำที่คำนวณได้ จึงถือว่าการศึกษามีขนาดตัวอย่างที่เพียงพอ (adequately powered) สำหรับการตรวจจับความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

การศึกษานี้ใช้เซลล์ต้นกำเนิดที่จัดซื้อในเชิงพาณิชย์ และไม่ได้เกี่ยวข้องกับการทดลองในมนุษย์หรือสัตว์โดยตรง โดยกระบวนการทั้งหมดดำเนินการภายใต้แนวทางด้านความปลอดภัยทางชีวภาพของสถาบัน และเซลล์ที่ใช้ได้รับมาจากผู้ผลิตที่ผ่านการรับรองด้านจริยธรรมการวิจัยและได้รับความยินยอมจากผู้บริจาคตามมาตรฐานสากล

ผลการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้ มุ่งประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบจากขนาดเกจของเข็มฉีดยาที่แตกต่างกันที่มีต่ออัตราการรอดชีวิตของ UC-MSCs ภายหลังการฉีดผ่านเข็มภายใต้เงื่อนไขการควบคุมอัตราการไหลคงที่ที่ 120 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง โดยประเมินค่าความมีชีวิตของเซลล์ทันทีหลังการฉีด (immediate post-infusion viability)

สถิติและข้อมูลดิบทั้งหมดจะนำเสนอผ่านค่าเฉลี่ยเลขคณิตควบคู่กับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนตัวอย่างเท่ากัน (n = 9 ต่อกลุ่ม)

Umbilical Cord-derived Mesenchymal Stem Cell Viability Immediately Post-Infusion

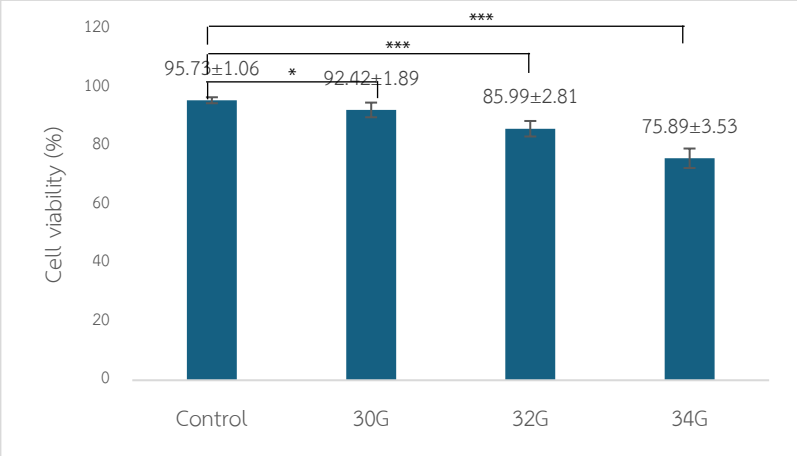
ก่อนการฉีด เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์ (UC-MSCs) มีค่าความมีชีวิตเฉลี่ยเท่ากับ 95.73 ± 1.06% ซึ่งกำหนดเป็น pre-injection control (non-manipulated baseline)

ภายหลังการฉีดผ่านเข็มขนาดต่าง ๆ ค่า post-infusion viability แสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SD) ดังนี้ กลุ่ม 30G เท่ากับ 92.42 ± 1.89% กลุ่ม 32G เท่ากับ 85.99 ± 2.81% และกลุ่ม 34G เท่ากับ 75.89 ± 3.53% รายละเอียดแสดงผ่านตารางที่ 1 และในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปและแสดงผลสัดส่วนร้อยละความรอดชีวิตของเซลล์ UC-MSCs ในสภาวะควบคุมและหลังผ่านหัตถการฉีดผ่านหัวเข็มที่ความเร็วการไหล 120 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

Parameter	Control	30G	32G	34G
n	9	9	9	9
Mean	95.73	92.42	85.99	75.89
SD	1.06	1.89	2.81	3.53
95% CI	94.95-96.51	90.48-94.36	83.96-88.02	73.33-78.45
p-value vs control	-	0.023	<0.001	<0.001

วิเคราะห์ด้วย one-way ANOVA; $F(3,32) = 109.68$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.91$



ภาพที่ 1 ความมีชีวิตของเซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์หลังการฉีดผ่านเข็มขนาดต่าง ๆ

ข้อมูลแสดงเป็น mean ± standard deviation (SD) โดยมีจำนวนตัวอย่างกลุ่มละ 9 (n = 9 ต่อกลุ่ม) เครื่องหมาย * ระบุถึงความแปรผันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.05$ และ *** แสดงที่ $p < 0.001$ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม วิเคราะห์ด้วย one-way ANOVA ร่วมกับ Tukey's HSD

สำหรับการตรวจสอบเงื่อนไขทางสถิติก่อนการวิเคราะห์ขั้นสูง (Statistical Assumptions) ผู้วิจัยได้ประเมินลักษณะการกระจายของข้อมูลด้วยพารามิเตอร์ Shapiro-Wilk ซึ่งผลการคำนวณระบุว่าชุดข้อมูลในทุกกลุ่มทดลองมีลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) นอกจากนี้ เมื่อตรวจสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนผ่าน Levene's Test พบว่าระดับความผันแปรของข้อมูล

ระหว่างกลุ่มมีความเท่าเทียมกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ข้อมูลทั้งหมดจึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปประมวลผลต่อในสถิติขั้นต่อไป

ผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยสถิติ One-way ANOVA ยืนยันว่า ตัวแปรด้านขนาดของเข็มฉีดยาส่งอิทธิพลโดยตรงต่อสัดส่วน Post-injection Viability ของ UC-MSCs อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า $F(3,32) = 109.68$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.91$ ซึ่งแสดงถึงขนาดอิทธิพลในระดับสูง (Large Effect Size)

เมื่อขยายผลไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ด้วยเทคนิค Tukey's HSD Post Hoc Analysis พบข้อค้นพบสำคัญคือ เซลล์ทุกกลุ่มที่ผ่านกรรมวิธีการฉีดผ่านหัวเข็ม (กลุ่ม 30G, 32G และ 34G) มีสัดส่วนร้อยละความมีชีวิตที่ดิ่งลดลงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอ้างอิงอย่างมีนัยสำคัญ โดยในกลุ่ม 30G ปรากฏส่วนต่างลดลงเพียงเล็กน้อย ($p = 0.023$) ขณะที่กลุ่ม 32G และ 34G ปรากฏแนวโน้มการลดลงอย่างเด่นชัดมาก (ค่า $p < 0.001$ ในทั้งสองกลุ่ม) และช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับ 95% ของส่วนต่างค่าเฉลี่ย (95% CI of Mean Difference) ไม่มีค่าใดที่คร่อมศูนย์

นอกจากนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแปรผันระหว่างกลุ่มขนาดเข็มด้วยกันเองพบว่าความมีชีวิตของเซลล์ลดลงอย่างต่อเนื่องตามขนาดเข็มที่เล็กลง โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทุกคู่การเปรียบเทียบ (30G > 32G > 34G, ทุกคู่ $p < 0.001$) โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบรายคู่ของความมีชีวิตของเซลล์ภายหลังการฉีด (Tukey's HSD)

Comparison	Mean Difference (%)	p-value
Control vs 30G	3.31	0.023
Control vs 32G	9.74	<0.001
Control vs 34G	19.84	<0.001
30G vs 32G	6.43	<0.001
30G vs 34G	16.53	<0.001
32G vs 34G	10.10	<0.001

Statistical significance was set at $p < 0.05$.

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า UC-MSCs ก่อนการฉีดมีค่าความมีชีวิตเฉลี่ย 95.73 ± 1.06% แสดงให้เห็นว่าเซลล์ตั้งต้นมีคุณภาพดีและเหมาะสมสำหรับใช้เป็นค่าอ้างอิง (pre-injection baseline) ในการเปรียบเทียบผลของการฉีดผ่านเข็มขนาดต่าง ๆ ภายหลังการฉีดด้วยอัตราการไหลคงที่ 120 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง พบว่าความมีชีวิตของเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และมีแนวโน้มลดลงตามขนาดเข็มที่เล็กลง โดยเข็ม 30G, 32G และ 34G ให้จำนวนเซลล์ที่มีชีวิตโดยประมาณ 9.24, 8.60 และ 7.60 ล้านเซลล์ ตามลำดับจากจำนวนเซลล์เริ่มต้น 10 ล้านเซลล์ ซึ่งสะท้อนว่าความแตกต่างเพียงร้อยละ 10–15 อาจส่งผลให้สูญเสียเซลล์ที่มีชีวิตจริงถึง 1–2 ล้านเซลล์ และอาจมีผลต่อระดับ Effective Cell Dose[10] หรือปริมาณเซลล์ขั้นต่ำที่จำเป็นต่อการเกิดผลทางชีวภาพ

กลไกสำคัญที่อธิบายการลดลงของความมีชีวิตของเซลล์น่าจะเกิดจากแรงเฉือน (shear stress) และแรงบีบอัดเชิงกล (mechanical compression) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเซลล์เคลื่อนผ่านเข็มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง ซึ่งอาจส่งผลต่อความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์หรือกระตุ้นการตายของเซลล์แบบ apoptosis โดยเฉพาะ UC-MSCs ที่มีขนาดเซลล์ค่อนข้างใหญ่และไวต่อแรงเชิงกล[12,13,15] แม้ว่าการศึกษานี้จะไม่ได้วัดแรงดันระหว่างการฉีดโดยตรง แต่ในเชิงกลศาสตร์ การลดขนาดเข็มย่อมเพิ่มความต้านทานต่อการไหลและอาจทำให้แรงกระทำต่อเซลล์สูงขึ้น ดังนั้น หากมีความจำเป็นต้องใช้เข็มขนาดเล็ก การลดอัตราการไหลอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดความเสียหายของเซลล์

ในเชิงการประยุกต์ใช้ทางคลินิก แม้เข็มทุกขนาดที่ศึกษาจะยังคงมีค่า cell viability สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำร้อยละ 70 แต่เข็มขนาด 34G มีค่าความมีชีวิตเพียง 75.89 ± 3.53% ซึ่งมี safety margin ค่อนข้างจำกัด และอาจได้รับผลกระทบเพิ่มเติมจากปัจจัยในกระบวนการปฏิบัติงานจริง เช่น การดูดและฉีดซ้ำ หรือระยะเวลารอการนำส่งเซลล์ ขณะที่เข็มขนาด 30G สามารถรักษาความมีชีวิตของเซลล์ได้ใกล้เคียงกับค่า baseline มากที่สุด จึงอาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าในหัตถการที่ต้องการคง Effective Cell Dose ในระดับสูง

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือการใช้ค่า pre-injection baseline เป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งสะท้อนผลรวมของแรงเชิงกลที่เกิดขึ้นจากทั้งกระบวนการดูดเข้าสู่กระบอกฉีดยาและการผ่านเข็ม ทำให้ไม่สามารถแยกผลกระทบเฉพาะของขนาดเข็มได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ การศึกษานี้ใช้เข็มจากผู้ผลิตรายเดียวกันเพื่อลดความแปรปรวนของอุปกรณ์ อย่างไรก็ตาม แม้เข็มจะมีขนาดเกจ (gauge) เท่ากัน แต่เข็มจากผู้ผลิตรายอื่นอาจมีความหนาของผนังเข็ม (wall thickness) และเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (internal diameter) แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อแรงเฉือน (shear stress) ที่เซลล์ได้รับระหว่างการฉีด ดังนั้น ผลการศึกษานี้อาจไม่สามารถอ้างอิงไปยังเข็มจากผู้ผลิตรายอื่นได้โดยตรง นอกจากนี้ การประเมินผลจำกัดอยู่ที่ความมีชีวิตของเซลล์ทันทีหลังการฉีด จึงยังไม่สามารถอธิบายผลกระทบต่อการทำงานของเซลล์ในระยะยาวได้

โดยสรุป การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการลดขนาดเข็มมีความสัมพันธ์กับการลดลงของความมีชีวิตของ UC-MSCs อย่างมีนัยสำคัญภายใต้สภาวะอัตราการไหลคงที่ ซึ่งสะท้อนบทบาทของแรงเชิงกลจากกระบวนการฉีดต่อความเสียหายของเซลล์ และชี้ให้เห็นว่าการเลือกขนาดเข็มที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อการรักษา Effective Cell Dose และการเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดด้วยเซลล์ในอนาคต

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

สำหรับการศึกษาครั้งต่อไป ควรมีการพัฒนารูปแบบการทดลองเพื่อแยกผลกระทบของแรงเชิงกลที่เกิดจากกระบอกฉีดยาและหัวเข็มออกจากกัน โดยเพิ่มกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใช้เข็มหรือใช้เข็มขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ควรติดตามความมีชีวิตของเซลล์ในระยะยาวหลังการฉีด (24–48 ชั่วโมง) เพื่อประเมินการตายของเซลล์ที่เกิดขึ้นภายหลัง รวมถึงศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของเซลล์ เช่น ความสามารถในการเพิ่มจำนวน การเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อเยื่อจำเพาะ และการหลั่งสารชีวโมเลกุล ร่วมกับการตรวจสอบ surface markers ตามมาตรฐาน ISCT ทั้งนี้ ควรขยายการศึกษาไปสู่การทดลองในสัตว์หรือการศึกษาทางคลินิก เพื่อยืนยันผลภายใต้

สภาวะทางชีวภาพจริง และควรศึกษาปัจจัยทางกลศาสตร์อื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น อัตราการไหล ความดันในการฉีด ชนิดของวัสดุเข็ม รวมถึงการเปรียบเทียบการฉีดด้วยมือและการใช้เครื่อง syringe pump เพื่อพัฒนาแนวทางการนำส่งเซลล์ที่ช่วยลดความเสียหายและเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาทางคลินิก

เอกสารอ้างอิง

1. Wuttikornudomkit S, Rintara J, Sarikaphuti A. Effectiveness of human umbilical cord-derived mesenchymal stem cells in the treatment of chronic kidney disease in cats [in Thai]. J Anti-Aging Regen Med. 2022;2(1):15–25.
2. Wichitwienrat S, Thongbopit S, Julvijitpong S, Wichaiyadit P, Hakulab P, Permthai T. Expansion of mesenchymal stem cells derived from umbilical cord blood using cord blood serum-based culture medium [in Thai]. Bull Dep Med Sci. 2021;63(1):63–77.
3. Zhang Q, Xiang W, Yi DY, Xue BZ, Wen WW, Abdelmaksoud A, et al. Current status and potential challenges of mesenchymal stem cell-based therapy for malignant gliomas. Stem Cell Res Ther. 2018;9(1):228. doi:10.1186/s13287-018-0977-z
4. Dominici M, Le Blanc K, Mueller I, Slaper-Cortenbach I, Marini FC, Krause DS, et al. Minimal criteria for defining multipotent mesenchymal stromal cells: the International Society for Cellular Therapy position statement. Cytotherapy. 2006;8(4):315–317. doi:10.1080/14653240600855905
5. Permthai T. Basic knowledge of stem cell biology [in Thai]. Siriraj Med Bull. 2011;4(3):73–82.
6. Thongbopit S, Wichitwienrat S, Pokathikorn P, Permthai T. Comparative characteristics of mesenchymal stem cells derived from amnion and chorion membranes [in Thai]. Srinagarind Med J. 2020;35(4):418–424.
7. Ding DC, Chang YH, Shyu WC, Lin SZ. Human umbilical cord mesenchymal stem cells: a new era for stem cell therapy. Cell Transplant. 2015;24(3):339–347. doi:10.3727/096368914X685230
8. Walker PA, Jimenez F, Gerber MH, Aroom KR, Shah SK, Harting MT, et al. Effect of needle diameter and flow rate on rat and human mesenchymal stromal cell characterization and viability. Tissue Eng Part C Methods. 2010;16(5):989–997. doi:10.1089/ten.tec.2009.0423
9. Prakash N, Kim J, Jeon J, Kim S, Arai Y, Bello AB, et al. Progress and emerging techniques for biomaterial-based derivation of mesenchymal stem cells (MSCs) from pluripotent stem cells (PSCs). Biomater Res. 2023;27(1):31. doi:10.1186/s40824-023-00371-0
10. Jovic D, Yu Y, Wang D, Wang K, Li H, Xu F, et al. A brief overview of global trends in MSC-based cell therapy. Stem Cell Rev Rep. 2022;18(5):1525–1545. doi:10.1007/s12015-022-10369-1

11. Nießen L, Facchinetti G, Elsner T, Wendlandt R, Gemoll T, Habermann JK, et al. Effect of volume flows on the viability of MSCs during injection through a cannula. Curr Dir Biomed Eng. 2021;7(2):272–275. doi:10.1515/cdbme-2021-2069
12. Amer MH, Rose FR, White LJ, Shakesheff KM. A detailed assessment of varying ejection rate on delivery efficiency of mesenchymal stem cells using narrow-bore needles. Stem Cells Transl Med. 2016;5(3):366–378. doi:10.5966/sctm.2015-0208
13. Lang HM, Schnabel LV, Cassano JM, Fortier LA. Effect of needle diameter on the viability of equine bone marrow-derived mesenchymal stem cells. Vet Surg. 2017;46(5):731–737. doi:10.1111/vsu.12639
14. Strober W. Trypan blue exclusion test of cell viability. Curr Protoc Immunol. 2015;111(1):A3.B.1–A3.B.3. doi:10.1002/0471142735.ima03bs111
15. Aguado BA, Mulyasasmita W, Su J, Lampe KJ, Heilshorn SC. Improving viability of stem cells during syringe needle flow through the design of hydrogel cell carriers. Tissue Eng Part A. 2012;18(7–8):806–815. doi:10.1089/ten.TEA.2011.0391

การศึกษาเชิงสำรวจการปนเปื้อนสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตที่วางจำหน่ายในประเทศไทย

A SURVEY STUDY ON GLYPHOSATE CONTAMINATION IN OAT MILK PRODUCTS COMMERCIALLY AVAILABLE IN THAILAND

เปมิกา นิ่มรัตนสิงห์*

PEMIKA NIMRATTANASING

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 65130133@dpu.ac.th

เอกราช บำรุงพืชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่มที่มีการวางจำหน่ายในประเทศไทย และเพื่อประเมินปริมาณของสารไกลโฟเซทที่ตรวจวัดได้ในแต่ละตัวอย่างว่ามีความสอดคล้องกับปริมาณที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลบ่งชี้ความปลอดภัยที่ควรบริโภคในแต่ละวัน เป็นการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ เก็บข้อมูลจากผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่มที่มีการวางจำหน่ายในประเทศไทยซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งออกเป็น ชนิด Organic จำนวน 3 ตัวอย่าง และ Regular milk จำนวน 8 ตัวอย่าง โดยผลิตภัณฑ์ต้องมีข้อมูลโภชนาการครบถ้วนบนฉลากและจำหน่ายอย่างถูกกฎหมาย ผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบางตัวอย่าง โดยมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วงตั้งแต่ไม่พบสารตกค้าง ถึง 6.80 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.27 ± 1.63 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าขีดจำกัดปริมาณสารตกค้างสูงสุด โดยชนิด Organic มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของสารไกลโฟเซทเท่ากับ 1.85 ± 1.23 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ฉลี่ยร้อยละ 53.3 ชนิด Regular มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 ± 1.38 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม เฉลี่ยร้อยละ 63.1และมีค่า Acceptable Daily Intake (ADI) อยู่ในระดับต่ำ และไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคในระยะยาวภายใต้รูปแบบการบริโภคตามปกติ จากผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการเฝ้าระวังและควบคุมปริมาณสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยอาหารและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค

คำสำคัญ: สารไกลโฟเซท, น้ำนมข้าวโอ๊ต

Abstract

This study aimed to determine the level of glyphosate contamination in commercially available ready-to-drink oat milk products marketed in Thailand and to evaluate whether the detected glyphosate levels were consistent with the Acceptable Daily Intake (ADI), thereby providing evidence regarding the safety of daily consumption. A cross-sectional survey was conducted using purposive sampling. Eleven ready-to-drink oat milk products legally marketed in Thailand were selected, comprising three organic products and eight regular products. All selected products were required to have complete nutritional information displayed on their labels. The results showed that glyphosate residues were detected in some oat milk samples, with concentrations ranging from non-detectable to 6.80 µg/kg. The overall mean glyphosate concentration was 2.27 ± 1.63 µg/kg, which was substantially lower than the established maximum residue limits (MRLs). Organic oat milk products exhibited a mean glyphosate concentration of 1.85 ± 1.23 µg/kg, with glyphosate detected in 53.3% of the samples, whereas regular oat milk products showed a slightly higher mean concentration of 2.40 ± 1.38 µg/kg, with residues detected in 63.1% of the samples. Dietary exposure assessment indicated that the estimated glyphosate intake remained well below the Acceptable Daily Intake (ADI), suggesting that the detected residue levels are unlikely to pose a significant long-term health risk to consumers under normal consumption patterns. The findings highlight the importance of continuous monitoring and regulatory surveillance of glyphosate residues in ready-to-drink oat milk products to ensure food safety, strengthen consumer confidence, and minimize potential health risks associated with long-term dietary exposure.

Keywords: glyphosate, oat milk

บทนำ

ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในฐานะเครื่องดื่มทางเลือกสำหรับผู้ที่แพ้นมวัว ผู้ที่มีภาวะย่อยน้ำตาลแลคโตสผิดปกติ และผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ เนื่องจากไม่มีส่วนประกอบจากสัตว์และอุดมด้วยสารอาหารจากข้าวโอ๊ตเต็มเมล็ด[1] ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ปลอดเชื้อที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างกว้างขวาง[2] ตลาดนมโอ๊ตจึงมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยทั่วโลกประมาณ 12–14% ต่อปี[3,4] ขณะที่ประเทศไทยมีแนวโน้มการเติบโตของตลาดผลิตภัณฑ์ plant-based milk อย่างต่อเนื่อง มีการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมอาหารในไทย CAGR โดยประมาณ 15–20% ต่อปี และจากรายงานของ Statista Market Forecast พบว่าในประเทศไทย ตลาดนมทดแทนทั่วไป (milk substitutes) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ plant-based milk นั้น มีการเติบโตโดยเฉลี่ยประมาณ 5.94% CAGR ระหว่างปี 2025–2030 สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพและความยั่งยืนมากขึ้น[4,5]

อย่างไรก็ตาม ข้าวโอ๊ตเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรที่อาจมีการปนเปื้อนสารไกลโฟเซท (Glyphosate) ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืชที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการเพาะปลูก และอาจตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารได้[6] แม้ว่ารายงานในต่างประเทศจะพบแนวโน้มการลดลงของปริมาณสารตกค้างในผลิตภัณฑ์จากข้าวโอ๊ต และส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐานความปลอดภัย[7] แต่ข้อมูลการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตที่จำหน่ายในประเทศไทยยังมีจำกัด ภายใต้บริบทของการกำกับดูแลด้านสารพิษตกค้างตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 460 พ.ศ. 2568[8,9] ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตพร้อมดื่มที่จำหน่ายในประเทศไทย และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนด้านความปลอดภัยอาหาร การคุ้มครองผู้บริโภค และการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์ในอนาคต

คำถามงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่มที่ได้รับความนิยมและวางจำหน่ายในประเทศ มีปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทเป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับปริมาณที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน โดยใช้เป็นข้อมูลที่ได้เป็นข้อบ่งชี้ความปลอดภัยที่ควรบริโภคในแต่ละวัน

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่มที่มีการวางจำหน่ายในประเทศไทย
2. เพื่อประเมินปริมาณของสารไกลโฟเซทที่ตรวจวัดได้ในแต่ละตัวอย่างว่ามีความสอดคล้องกับปริมาณที่ยอมรับได้ในแต่ละวัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลบ่งชี้ความปลอดภัยที่ควรบริโภคในแต่ละวัน

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

Chanchanasophon, W. (2012) ได้พัฒนาวิธี LC-MS/MS สำหรับการตรวจวิเคราะห์ไกลโฟเซตและเมตาบอไลต์ โดยอธิบายการเลือกคอลัมน์โครมาโทกราฟีที่เหมาะสม การใช้โหมด Negative ESI และการตั้งค่า MRM transition ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการประยุกต์ใช้ในห้องปฏิบัติการไทย[10]

Cruz, J. M., et al. (2020) ได้ทำการตรวจวัดไกลโฟเซตในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ต ด้วยวิธี SPE-LC-MS/MS เพื่อตรวจ glyphosate และ AMPA ในผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ต เช่น ข้าวโอ๊ตโอ๊ตมีลล์ ซีเรียล และแป้งโอ๊ตจากร้านค้า พบสารตกค้างในทุกตัวอย่างที่ตรวจ โดยบางตัวอย่างมีค่าถึง 1100 ng/g และระดับ AMPA ต่ำกว่า 40 ng/g ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์อาหารอื่น ๆ ในบางกรณี[11]

Environmental Health News. (2023) ได้ทำการตรวจสารไกลโฟเซทในนมโอ๊ตที่ได้รับความนิยม พบว่า ในการทดสอบ 13 ยี่ห้อของน้ำนมข้าวโอ๊ต มี 2 ยี่ห้อที่ตรวจพบ glyphosate ได้แก่ MALK Organic Oat Milk และ Silk Extra Creamy Oatmilk ที่ระดับประมาณ 12–14 ppb โดยใช้ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจาก US EPA (64) และ EWG ยังเทดสอบผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ต (รวมซีเรียลและโอ๊ตมีลล์) พบ glyphosate ในหลายตัวอย่าง โดยระดับเฉลี่ยลดลงตั้งแต่ปี 2018 ถึง 2022 แต่ยังตรวจพบสารตกค้าง ซึ่งชี้ว่าการใช้ไกลโฟเซตก่อนเก็บเกี่ยวส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ข้าวโอ๊ตหลายชนิดมีสารตกค้างอยู่[12]

Fiorentin, C., & Hirooka, E. Y. (2024) ได้ทำการเคราะห์ mycotoxins และ glyphosate ในข้าวโอ๊ตและเครื่องดื่มข้าวโอ๊ต จำนวน 615 ตัวอย่าง พบว่ามีการปนเปื้อนสารกรดอะมิโน AMPA และบางตัวอย่างมีระดับสารตกค้างที่สูงกว่าเกณฑ์ตามกฎหมายประเทศบราซิล โดยผลยังชี้ถึงประสิทธิผลของกระบวนการผลิตในการลดสารพิษ[13]

Bou-Mitri, C. (2025) ได้รายงานการปนเปื้อนของไกลโฟเซทในโอ๊ตซีเรียลได้ ตรวจพบ glyphosate ในผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท รวมถึงซีเรียลข้าวโอ๊ตและอาหารที่ทำจากข้าวโอ๊ต ซึ่งบ่งชี้ว่าการปนเปื้อนในอาหารข้าวโอ๊ต แต่ปริมาณที่ตรวจพบนั่นอยู่ในปริมาณที่ยอมรับได้ตามหลักสากล[14]

Giugliano et al. (2023) และคณะ ได้ศึกษาความปลอดภัยด้านเคมีและชีวภาพของน้ำนมพืชประเภทถั่วเหลือง ข้าว และโอ๊ต พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางเคมีระบุว่าไม่มีระดับสารพิษตกค้างเกินเกณฑ์ในเครื่องดื่มน้ำนมพืชรวมทั้งโอ๊ต โดยทุกตัวอย่างอยู่ในระดับที่ไม่ถือว่าเสี่ยงต่อผู้บริโภค[15]

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ (Observational research) เพื่อตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่มที่มีการวางจำหน่ายในประเทศไทย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่มที่มีการวางจำหน่ายในห้างสรรสินค้าและร้านสะดวกซื้อในจังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยคัดเลือกจากแบรนด์ที่ได้รับความนิยมจำนวน 11 ตัวอย่าง ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ตามเลขการจดแจ้งขออนุญาตเครื่องหมายการค้าของประเทศไทย แบ่งออกเป็น ชนิด Organic จำนวน 3 ตัวอย่าง และ Regular milk จำนวน 8 ตัวอย่าง โดยผลิตภัณฑ์ต้องมีข้อมูลโภชนาการครบถ้วนบนฉลากและจำหน่ายอย่างถูกกฎหมาย

การวิเคราะห์หาปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุกล่องพร้อมดื่ม ดำเนินการโดยใช้เทคนิค โดยใช้เทคนิค LC-MS/MS (Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry) ตามมาตรฐานของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณะสุข (ISO/IEC17025-2017)

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน เพื่ออธิบายข้อมูลปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซตที่พบรายงานค่าในหน่วย มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) หรือ ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (µg/kg หรือ ppb) รวมถึงแสดงค่า ADI ที่ตรวจพบ

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตพร้อมดื่มจำนวน 11 ตัวอย่าง (Organic 3 ตัวอย่าง และ Regular 8 ตัวอย่าง) ด้วยเทคนิค LC-MS/MS พบว่าค่าขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) และค่าขีดจำกัดการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 0.50 และ 1.00 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สามารถตรวจพบสารไกลโฟเซทได้ร้อยละ 60.45 ของตัวอย่างทั้งหมด โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ย 2.27 ± 1.63 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และมีช่วงค่าตั้งแต่ไม่พบสารตกค้าง (ND) ถึง 6.80 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ชนิด Regular มีแนวโน้มตรวจพบสารไกลโฟเซทในสัดส่วนและระดับความเข้มข้นสูงกว่าชนิด Organic อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารไกลโฟเซทที่ตรวจพบในทุกตัวอย่างยังต่ำกว่าค่าขีดจำกัดสารตกค้างสูงสุด (MRL) ของ Codex Alimentarius สำหรับข้าวโอ๊ต (30,000 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างมาก สะท้อนว่าผลิตภัณฑ์ที่ศึกษายังคงอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยตามมาตรฐานสากล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตบรรจุพร้อมดื่มด้วยเทคนิค LC-MS/MS

กลุ่มตัวอย่าง	LOD (µg/kg)	LOQ (µg/kg)	ช่วงปริมาณที่ตรวจพบ (µg/kg)	ค่าเฉลี่ย ± SD (µg/kg)	การตรวจพบ (%)	MRL* (µg/kg)
Organic1	0.50	1.00	ND – 5.20	2.10 ± 1.45	60.0	30,000
Organic2	0.50	1.00	ND – 4.10	1.70 ± 1.12	50.0	30,000
Organic3	0.50	1.00	ND – 4.12	1.75 ± 1.12	50.0	30,000
Regular 1	0.50	1.00	ND – 5.00	2.08 ± 1.05	70.0	30,000
Regular 2	0.50	1.00	ND – 5.12	2.02 ± 1.36	55.0	30,000
Regular 3	0.50	1.00	ND – 5.05	2.16 ± 1.45	60.0	30,000
Regular 4	0.50	1.00	ND – 4.56	3.02 ± 1.36	50.0	30,000
Regular 5	0.50	1.00	ND – 5.96	2.36 ± 1.58	70.0	30,000
Regular 6	0.50	1.00	ND – 6.35	2.11 ± 1.21	70.0	30,000
Regular 7	0.50	1.00	ND – 6.75	2.50± 1.05	60.0	30,000
Regular 8	0.50	1.00	ND – 6.80	2.95 ± 1.98	70.0	30,000

เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์นมโอ๊ตชนิด Organic และ Regular พบว่าผลิตภัณฑ์ Organic มีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทและอัตราการตรวจพบต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ Regular (1.85 ± 1.23 และ 2.40 ± 1.38 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับความแตกต่างของระบบการผลิตและการใช้

สารเคมีทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้งสองประเภท ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าแม้ผลิตภัณฑ์ Organic จะมีแนวโน้มพบสารไกลโฟเซทต่ำกว่า แต่ยังไม่สามารถสรุปความแตกต่างได้อย่างชัดเจนภายใต้ขนาดตัวอย่างที่ศึกษาดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารไกลโฟเซทในน้ำนมข้าวโอ๊ต

ประเภทผลิตภัณฑ์	ช่วงปริมาณ (µg/kg)	ค่าเฉลี่ย ± SD (µg/kg)	ตรวจพบ (%)	MRL* (µg/kg)
Organic	ND – 5.20	1.85 ± 1.23	53.3	30,000
Regular	ND – 6.80	2.40 ± 1.38	63.1	30,000
รวมทั้งหมด	ND – 6.80	2.27 ± 1.63	60.45	30,000

ผลการประเมินค่าการได้รับสารไกลโฟเซทต่อวันโดยประมาณ (EDI) จากการบริโภคน้ำนมข้าวโอ๊ต พบว่าผลิตภัณฑ์ชนิด Organic และ Regular มีค่า EDI เท่ากับ 0.0077 และ 0.0100 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการได้รับสารไกลโฟเซทจากการบริโภคน้ำนมข้าวโอ๊ตภายใต้สมมติฐานที่กำหนดอยู่ในระดับต่ำ และไม่น่าก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Estimated Daily Intake (EDI)

ประเภทผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยไกลโฟเซท (µg/kg)	ปริมาณบริโภค (kg/day)	น้ำหนักตัว (kg)	EDI (µg/kg bw/day)	ADI*
Organic	1.85	0.25	60	0.0077	0.50
Regular	2.40	0.25	60	0.0100	0.50
รวมทั้งหมด	2.27	0.25	60	0.0095	0.50

ผลการประเมินดัชนีความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HQ) จากการได้รับสารไกลโฟเซทผ่านการบริโภคน้ำนมข้าวโอ๊ต พบว่าผลิตภัณฑ์ชนิด Organic และ Regular มีค่า HQ ต่ำกว่า 1 ในทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าการได้รับสารไกลโฟเซทจากการบริโภคน้ำนมข้าวโอ๊ตภายใต้สมมติฐานที่กำหนดไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค และอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยที่ยอมรับได้ตามหลักการประเมินความเสี่ยงด้านอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Est Hazard Quotient (HQ)

ประเภทผลิตภัณฑ์	EDI	ADI	HQ
Organic oat milk	0.0077	0.50	0.0154
Regular oat milk	0.0100	0.50	0.0200
รวมทั้งหมด	0.0095	0.50	0.0190

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตพร้อมดื่มบางตัวอย่าง แต่ปริมาณที่ตรวจพบทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำและต่ำกว่าค่าขีดจำกัดสารตกค้างสูงสุด (MRL) ตามมาตรฐานสากลอย่างมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญร่วม FAO/WHO และหน่วยงานด้านความปลอดภัยอาหารของสหภาพยุโรปที่ระบุว่าอาหารจากธัญพืชมักตรวจพบสารไกลโฟเซทในระดับต่ำและไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม ระดับสารตกค้างที่พบยังไม่เกินเกณฑ์ความปลอดภัยที่

กำหนด ผลการศึกษายังพบว่าผลิตภัณฑ์ชนิด Organic มีแนวโน้มตรวจพบสารไกลโฟเซทต่ำกว่าชนิด Regular แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจสะท้อนถึงความแตกต่างของแหล่งวัตถุดิบและระบบการผลิต

ในมิติของการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ ผลการศึกษานี้พบว่าปริมาณการได้รับสารไกลโฟเซทจากการบริโภคน้ำนมข้าวโอ๊ตต่ำกว่าค่าปริมาณการได้รับสารที่ยอมรับได้ต่อวัน (Acceptable Daily Intake; ADI) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับกรอบการประเมินความเสี่ยงของหน่วยงานระหว่างประเทศ

ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่าค่าการได้รับสารต่อวันโดยประมาณ (EDI) และค่าดัชนีความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HQ) ของทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้อย่างมาก โดยค่า HQ ต่ำกว่า 1 ในทุกตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าการบริโภคน้ำนมข้าวโอ๊ตภายใต้สมมติฐานที่กำหนดไม่น่าก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม ควรมีการเฝ้าระวังสารตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์ plant-based ที่เพิ่มขึ้น และเพื่อสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารตกค้างในระยะยาวได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตพร้อมดื่มที่จำหน่ายในประเทศไทย และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบสารไกลโฟเซทในบางตัวอย่าง โดยมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรวม 2.27 ± 1.63 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าค่าขีดจำกัดสารตกค้างสูงสุด (MRL) ตามมาตรฐาน Codex Alimentarius อย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบตามประเภทผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ชนิด Regular มีค่าเฉลี่ยการปนเปื้อนและอัตราการตรวจพบสูงกว่าชนิด Organic เล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินการได้รับสารต่อวันโดยประมาณ (EDI) และดัชนีความเสี่ยงต่อสุขภาพ (HQ) พบว่าทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าระดับที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยมีค่า HQ น้อยกว่า 1 ในทุกกรณี สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวโอ๊ตทั้งชนิด Organic และ Regular ที่จำหน่ายในประเทศไทยมีการปนเปื้อนของสารไกลโฟเซทในระดับต่ำ และอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยสำหรับการบริโภคภายใต้รูปแบบการบริโภคปกติของประชากรทั่วไป

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

1. ควรขยายการศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชประเภทอื่น เช่น นมอัลมอนด์ นมถั่วเหลือง นมข้าว และผลิตภัณฑ์ plant-based beverages อื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบระดับการปนเปื้อนและประเมินความเสี่ยงในภาพรวม
2. ควรศึกษาการได้รับสารไกลโฟเซทสะสมจากอาหารหลายประเภท (cumulative exposure assessment) รวมถึงประเมินความเสี่ยงในกลุ่มประชากรเฉพาะ เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ และผู้บริโภคอาหารแบบ plant-based เป็นประจำ

3. ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวโอ๊ตกับระดับสารไกลโฟเซทในตัวอย่างชีวภาพของมนุษย์ (biomonitoring studies) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปใช้ในการกำหนดนโยบายด้านความปลอดภัยอาหารในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Willa’s Kitchen. (n.d.). Willa’s oat milk FAQs. Willa’s Kitchen. https://willaskitchen.com/pages/oatmilk-faqs
2. Matthews, L. (2025, July 22). The best glyphosate-free oat milk. LeafScore. https://www.leafscore.com/grocery/the-best-glyphosate-free-oat-milk/
3. Grand View Research. (n.d.). Plant-based milk market size & outlook, 2025–2030. Grand View Research. https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/plant-based-milk-market-size/global
4. Statista. (n.d.). Milk substitutes – Thailand outlook. Statista. https://www.statista.com/outlook/emo/food/dairy-products-eggs/milk-substitutes/thailand
5. Vantage Market Research. (2025). Oat milk market size, share & growth forecast 2025–2035. Market Business Insights. https://www.marketbusinessinsights.com/oat-milk-market-size
6. International Agency for Research on Cancer. (2015). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans (Vol. 112). World Health Organization. https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/07/mono112.pdf
7. Gunatilake, S., Seneff, S., & Orlando, L. (2019). Glyphosate’s synergistic toxicity in combination with other factors as a cause of chronic kidney disease of unknown origin (CKDu). International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(15), 2734.
8. https://doi.org/10.3390/ijerph1615273417. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. (2568). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 460) พ.ศ. 2568 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง. https://food.fda.moph.go.th/food-law/announ-moph-460
9. สุพรมาศ, อ. (2564). การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากพืชที่มีจำหน่ายในประเทศไทย (ปริญญานิพนธ์, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์). https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Amornrat.Suph.pdf
10. hanchanasophon, W. (2012). Determination of glyphosate, glufosinate and their metabolites by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (Master’s thesis). Chulalongkorn University. https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2012.907
11. Cruz, J. M., et al. (2020). Determination of glyphosate and AMPA in oat products for the selection of candidate reference materials. Food Chemistry. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128213

12. Environmental Working Group. (2023). Going, going, gone? EWG finds glyphosate levels drop in oat-based products. Environmental Working Group. Retrieved from https://www.ewg.org/news-insights/news/2023/04/going-going-gone-ewg-finds-glyphosate-levels-drop-oat-based-products
13. Fiorentin, C., & Hirooka, E. Y. (2024). Safety emphasized on mycotoxin and glyphosate in oats and oat-based beverage (preprint). Research Square. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4485659/v1
14. Bou-Mitri, C. (2025). Glyphosate in food: A narrative review. Food Research International. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.111456
15. Giugliano, R., Musolino, N., Ciccotelli, V., Ferraris, C., Savio, V., Vivaldi, B., ... & Decastelli, L. (2023). Soy, rice and oat drinks: Investigating chemical and biological safety in plant-based milk alternatives. Nutrients, 15(10), 2258. https://doi.org/10.3390/nu15102258

ประสิทธิผลของโพลิดีแอลแลคติคแอซิดในการฟื้นฟูปริมาตรผิวหลังมือของอาสาสมัครคนไทย ด้วยการเจือจางปริมาตรรวม 8 มล. เปรียบเทียบกับการเจือจางปริมาตรรวม 10 มล. ในระยะเวลา 3 เดือน

EFFICACY OF INJECTABLE POLY-D, L-LACTIC ACID (PDLLA) IN DORSAL HAND VOLUMIZATION IN THAI SUBJECT WITH 8 ML DILUTION VERSUS 10 ML DILUTION (3 MONTHS EVALUATION)

พร้อมเพชร รอดสวัสดิ์ชูโชค*

PROMPETCH RODSAWATCHUCHOKE

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130927@dpu.ac.th

มาศ ไม้ประเสริฐ**

MART MAIPRASERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine,

Assistant Professor Mart Maiprasert, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: mart.mai@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานำร่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความพึงพอใจในการใช้สาร Poly-D,L-Lactic Acid (PDLLA) ฟื้นฟูผิวบริเวณหลังมือที่เสื่อมสภาพ ระหว่างการเจือจางสูตร 8 มล. และ 10 มล. ตาม protocol ของผู้ผลิต โดยทำการทดลองในอาสาสมัครจำนวน 10 ราย (รวม 20 มือ) สุ่มฉีดสารแต่ละสูตรแยกซ้าย-ขวา และติดตามผลเป็นระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งประเมินด้วยเครื่อง Antera 3D®, Busso hand severity scale และดัชนีความพึงพอใจ GAIS ผลการศึกษาพบว่า ที่ระยะเวลา 3 เดือน ประสิทธิภาพในการฟื้นฟูปริมาตรผิวและความพึงพอใจของอาสาสมัครระหว่างกลุ่มที่ใช้ความเจือจาง 8 มล. และ 10 มล. ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งสองกลุ่มสามารถลดค่าความรุนแรงของริ้วรอยหลังมือลงได้อย่างมีนัยสำคัญ และมีความปลอดภัยสูง พบเพียงผลข้างเคียงชั่วคราว เช่น อาการบวมและรอยช้ำเล็กน้อยที่สามารถหายได้เอง โดยไม่พบการเกิดตุ่มนูนเนื้อเยื่อ (Nodules) หรือภาวะแทรกซ้อนรุนแรงตลอดการศึกษา อย่างไรก็ตาม สูตรความเจือจาง 10 มล. แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการปรับปรุงความเรียบเนียนของพื้นผิวได้ชัดเจนกว่าในระยะเริ่มต้น ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการกระจายตัวของอนุภาคยาที่ทั่วถึงกว่าในบริเวณที่ผิวมีความบาง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอแนะว่าควรมีการศึกษาต่อเนื่องในระยะยาวเพื่อประเมินความแตกต่างของศักยภาพในการสร้างปริมาตรที่แท้จริงตามคุณสมบัติทางรีโอโลยีของแต่ละความเข้มข้นต่อไป

คำสำคัญ: Poly-D,L-Lactic Acid, หลังมือ, การฟื้นฟูปริมาตรผิว, ความเจือจาง, Antera 3D

Abstract

This pilot study evaluated the efficacy, safety, and participant satisfaction of Poly-D,L-Lactic Acid (PDLLA) for dorsal hand rejuvenation by comparing two manufacturer-recommended dilution protocols 8 mL and 10 mL in 10 volunteers (20 hands) over a 3-month follow-up period. Utilizing objective assessments with the Antera 3D® system, alongside the Busso Hand Severity Scale and Global Aesthetic Improvement Scale (GAIS), the statistical analysis revealed no significant differences between the two dilutions regarding skin volume restoration or participant satisfaction. While both protocols significantly reduced hand wrinkling and proved highly safe demonstrating only transient, self-resolving swelling and bruising without any nodule formation the 10 mL dilution exhibited a trend toward more pronounced surface smoothness in the initial phase, likely due to superior particle diffusion within the thin dermal layer of the hand.

Keywords: Poly-D,L-Lactic Acid, Dorsal hand, Skin volume restoration, Dilution, Antera 3D

บทนำ

การศึกษาชิ้นนี้มุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาความร่วงโรยของผิวบริเวณหลังมือ ซึ่งมักเกิดจากการลดลงของเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนังและการสูญเสียความยืดหยุ่น จนทำให้เห็นโครงสร้างกระดูกและหลอดเลือดชัดเจน ผู้วิจัยจึงได้นำสาร Poly-D, L-Lactic Acid (PDLLA) ซึ่งเป็นนวัตกรรมสารกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนใหม่ (Biostimulator) ที่มีความปลอดภัยสูงและสลายตัวได้เองตามธรรมชาติ เข้ามาเป็นทางเลือกทดแทนวิธีเดิม ๆ อย่างการฉีดไขมันหรือฟิลเลอร์ที่มีข้อจำกัดด้านความซับซ้อนและระยะเวลาการคงอยู่ของผลลัพธ์

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยนี้ คือการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความปลอดภัยของการเจือจาง PDLLA ใน 2 ระดับตามมาตรฐานผู้ผลิต ได้แก่ สูตร 8 มล. และ 10 มล. ในอาสาสมัครเพื่อติดตามผลลัพธ์ด้านการเพิ่มปริมารผิวหลังมือ (Hand volume) ในระยะเวลา 3 เดือน เนื่องจากในปัจจุบันยังคงขาดข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณยากับการตอบสนองของร่างกาย (Dose-response relationship) รวมถึงยังไม่มีข้อสรุปว่าความหนาแน่นของอนุภาคยา (Particle density) ที่ต่างกัน จะส่งผลต่อการทำงานของเซลล์สร้างเส้นใย (Fibroblast) จนเกิดจุดอิ่มตัวของประสิทธิภาพ (Plateau effect) หรือไม่

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงระดับการเจือจางยังส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางรีโอโลยี (การไหลและการเปลี่ยนรูป) และการแพร่กระจายตัวของผลิตภัณฑ์ในเนื้อเยื่อผิวที่บาง งานวิจัยนี้จึงถือเป็นก้าวสำคัญในการสร้างฐานข้อมูลเชิงวิชาการอย่างเป็นระบบ เพื่อช่วยให้แพทย์สามารถเลือกอัตราส่วนการเจือจางที่เหมาะสมที่สุดในการฟื้นฟูผิวหลังมือได้อย่างแม่นยำ ปลอดภัย และตอบโจทย์ผู้รับบริการที่ต้องการผลลัพธ์ที่เป็นธรรมชาติโดยไม่ต้องพึ่งพาการศัลยกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการฟื้นฟูปริมาตรผิวบริเวณหลังมือด้วย PDLLA ในอัตราส่วนสารเจือจางที่แตกต่างกัน ได้แก่ Sterile water 7 มล. ผสมกับ Lidocaine 1 มล. รวมเป็น 8 มล. เทียบกับ Sterile water 9 มล. ผสมกับ Lidocaine 1 มล. รวมเป็น 10 มล.
2. เพื่อประเมินความพึงพอใจในการฟื้นฟูปริมาตรผิวบริเวณหลังมือด้วย PDLLA ในการใช้งานในกลุ่มอายุ 40-60 ปี ก่อนและหลังทำการวิจัย

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

การศึกษาพยาธิวิทยาของความชราบริเวณหลังมือพบว่า เมื่ออายุมากขึ้นผิวหนังจะบางลงจากการสูญเสียคอลลาเจน อีลาสติน และเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง (Goldman et al., 2019) ส่งผลให้มองเห็นโครงสร้างกระดูก เส้นเอ็น และหลอดเลือดได้อย่างชัดเจนจนผิวดูทรุดโทรมและเหี่ยวย่น การใช้สาร Poly-D, L-Lactic Acid (PDLLA) ซึ่งเป็นวัสดุพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ยอมรับจากเนื้อเยื่อร่างกายและย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการแก้ไขปัญหานี้ เนื่องจากมีคุณสมบัติเด่นในการกระตุ้นเซลล์ไฟโบรบลาสต์เพื่อสร้างคอลลาเจนใหม่ (Neocollagenesis) ช่วยเพิ่มความหนาและฟื้นฟูปริมาตรผิวในระยะยาว สอดคล้องกับงานวิจัยนำร่อง (Pilot Study) ของ Sheng-Hsiang Ma และคณะ (2024) ที่ได้ทำการศึกษาการ

ฟื้นฟูผิวบริเวณหลังมือด้วยการฉีดสาร PDLLA ซึ่งผลการรักษาเบื้องต้นพบว่าสามารถฟื้นฟูปริมาตรผิวและลดริ้วรอยได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพในการรักษายังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางรีโอโลยี (Rheology) และอัตราส่วนการเจือจาง โดยการเจือจางน้อย (ปริมาตรรวม 8 มล.) จะมีความเข้มข้นและความหนืดสูง เหมาะสำหรับการฟื้นฟูปริมาตรในจุดที่ฝ่อตัวมาก ส่วนการเจือจางมาก (ปริมาตรรวม 10 มล.) สารจะหนืดลดลงและกระจายตัวได้กว้าง เหมาะสำหรับการปรับผิวให้เรียบเนียนในภาพรวม (Fabi et al., 2017) แม้ในปัจจุบันจะมี protocol แนะนำที่หลากหลาย แต่ยังคงขาดข้อมูลการศึกษาเปรียบเทียบทางคลินิกเชิงประจักษ์ระหว่างสัดส่วน 8 มล. และ 10 มล. ในการฟื้นฟูผิวหลังมือของคนไทย ซึ่งถือเป็นช่องว่างงานวิจัยที่สำคัญ

จากหลักการทางรีโอโลยีดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสมมติฐานหลักเพื่อทดสอบในงานวิจัยนี้ โดยใช้สารที่ประกอบด้วย PDLLA 150 มก. CMC 50 มก. อนุภาคขนาดเล็กและกลม ตั้งสมมติฐานว่าการใช้อัตราส่วนสารเจือจาง PDLLA ปริมาตรรวม 8 มล. ซึ่งมีความเข้มข้นและความหนืดสูงกว่า จะมีประสิทธิภาพในการฟื้นฟูและเพิ่มปริมาตรผิวหลังมือได้สูงกว่าอัตราส่วนการเจือจางปริมาตรรวม 10 มล. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังคาดการณ์ว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยจะมีความพึงพอใจในผลการรักษาด้วยการฉีดสาร PDLLA บริเวณหลังมือเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลอง และการใช้สาร PDLLA ทั้งสองอัตราส่วนจะสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นในการฟื้นฟูปริมาตรผิวหลังมือของอาสาสมัครไทยกลุ่มอายุ 40–60 ปี ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนการรักษา

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ประสิทธิผลของสาร Poly-D,L-lactic acid (PDLLA) ในการฟื้นฟูระดับปริมาตรผิวบริเวณหลังมือ โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลองทางคลินิกแบบติดตามผลไปข้างหน้า (Prospective RCT) ในรูปแบบการเปรียบเทียบภายในบุคคลเดียวกันแบบแบ่งข้างมือ (Split-hand study) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนการเจือจางของสาร PDLLA ที่ระดับปริมาตรสุทธิ 8 มล. (ผสม Sterile water 7 มล. และ Lidocaine 1 มล.) และระดับ 10 มล. (ผสม Sterile water 9 มล. และ Lidocaine 1 มล.) เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการเติมเต็มมวลผิว รวมถึงประเมินด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจหลังการรักษา

แผนการดำเนินงานวิจัยเป็นรูปแบบการทดลองทางคลินิกชนิดไปข้างหน้าแบบสุ่มตัวอย่างเปรียบเทียบภายในบุคคลเดียวกัน (Therapeutic research, Prospective, Split-hand, Randomized control trial) การทำ Split-hand Randomization จะช่วยหักล้างปัจจัยเรื่องความถนัดของมือแต่ละข้างออกไป โดยทำการฉีดสาร PDLLA ในอัตราส่วนการเจือจาง 8 มล. และ 10 มล. แยกกันในมือแต่ละข้าง โดยใช้เทคนิคการฉีดแบบเดียวกัน กระบวนการวิจัยจะเริ่มจากการบันทึกข้อมูลปริมาตรผิวพื้นฐานก่อนหัตถการ และทำการติดตามผลเปรียบเทียบอีกครั้งเมื่อครบกำหนด 3 เดือน ทั้งนี้ ตามหลักพยาธิสภาพผิวหนัง การเสื่อมคุณภาพของคอลลาเจนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผิวหลังมือขาดความอ่อนเยาว์ การกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์คอลลาเจน

ใหม่ในชั้นผิวจึงส่งผลให้ปริมาตรผิวเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นและสามารถวัดผลเชิงปริมาณได้ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย:

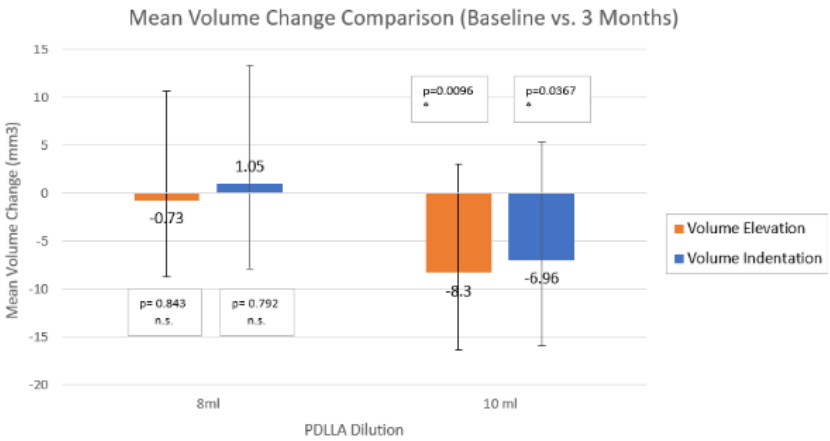
1. นวัตกรรม Antera 3D® สำหรับวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของผิวหนัง
2. ระบบบันทึกสถิติค่าปริมาตรผิวจากเครื่อง Antera 3D®
3. การจัดเก็บภาพถ่ายก่อนและหลังรับการฉีดเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของมวลผิว
4. เกณฑ์การจัดลำดับความรุนแรงของการสูญเสียปริมาตร Busso Hand Volume Severity Scale
5. แบบประเมินระดับความพึงพอใจ (GAIS) โดยอาสาสมัครและแพทย์ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานวิจัย

โดยบันทึกผลที่ระยะเริ่มต้น (0 เดือน) และหลังการติดตามผล (3 เดือน) เพื่อนำมาสรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเฉลี่ย (Mean Volume Change) ของผิวบริเวณหลังมือที่ระยะเวลา 3 เดือน จากการเปรียบเทียบความเจือจางของสาร PDLLA ระหว่างขนาด 8 มล. และ 10 มล. โดยประเมินผ่าน 2 พารามิเตอร์หลัก ได้แก่ ปริมาตรส่วนนูน (Volume Elevation) และปริมาตรส่วนร่อง (Volume Indentation) กลุ่มความเจือจาง 8 มล. พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรเพียงเล็กน้อย โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของ Volume Elevation อยู่ที่ -0.73 mm^3 และ Volume Indentation อยู่ที่ 1.05 mm^3 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Paired t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.84$ และ $p=0.79$ ตามลำดับ; $p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่าเนื้อเยื่อผิวในกลุ่มนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรอย่างมีนัยสำคัญหลังการรักษา 3 เดือน ส่วนกลุ่มความเจือจาง 10 มล. แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรผิวที่ชัดเจนและมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า Volume Elevation ลดลงเฉลี่ย -8.3 mm^3 ($p=0.0096$) และค่า Volume Indentation ลดลงเฉลี่ย -6.96 mm^3 ($p=0.0367$)

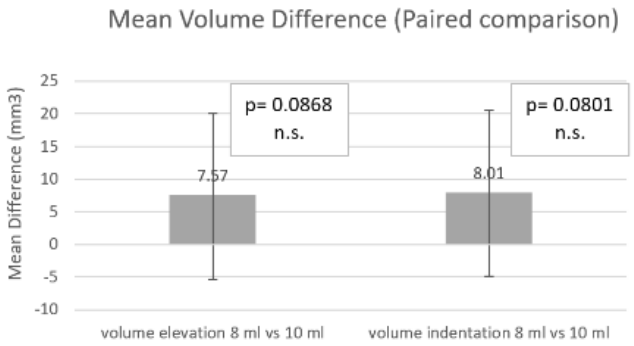
จากการเปรียบเทียบเชิงสถิติดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการเจือจาง PDLLA ที่ขนาด 10 มล. ให้ประสิทธิภาพในการปรับโครงสร้างและปริมาตรผิว (Volume Remodeling) บริเวณหลังมือที่เห็นผลลัพธ์ชัดเจนและดีกว่าการเจือจางที่ขนาด 8 มล. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดช่วงระยะเวลา 3 เดือนของการศึกษา



ภาพที่ 1 แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงของ Volume Elevation และ Indentation

การวิเคราะห์แบบจับคู่ (paired analysis) เพื่อเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรผิว (**Δ** volume) ระหว่างสองกลุ่ม โดยลดอิทธิพลของความแปรปรวนระหว่างบุคคล (inter-individual variability)สำหรับค่า volume elevation พบว่า ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงในกลุ่ม 8 ml เท่ากับ -0.73 ± 11.35 mm^3 และในกลุ่ม 10 ml เท่ากับ -8.30 ± 8.01 mm^3 โดยค่าเฉลี่ยของความแตกต่าง (mean difference) เท่ากับ 7.57 ± 12.46 mm^3 ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (95% CI: -1.34 ถึง 16.48, p = 0.0868)

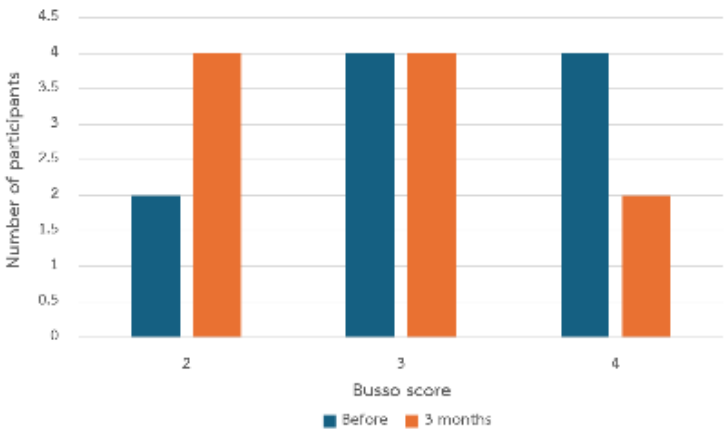
ในทำนองเดียวกัน สำหรับค่า volume indentation พบว่า ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงในกลุ่ม 8 ml เท่ากับ +1.05 ± 12.25 mm^3 และในกลุ่ม 10 ml เท่ากับ -6.96 ± 8.98 mm^3 โดยค่าเฉลี่ยของความแตกต่างเท่ากับ 8.01 ± 12.85 mm^3 ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (95% CI: -1.18 ถึง 17.20, p = 0.0801)



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบแบบจับคู่ (Paired comparison)

เมื่อพิจารณาคะแนน Busso Hand Volume Severity Scale ก่อนและหลังการรักษา พบว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีคะแนนลดลงจำนวน 1 ระดับ (n = 6) ขณะที่ผู้เข้าร่วมอีก 4 รายไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคะแนน และไม่พบผู้เข้าร่วมที่มีคะแนนเพิ่มขึ้น โดยค่า Busso change อยู่ในช่วง 0 ถึง -1

เมื่อวิเคราะห์ด้วยสถิติแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (Wilcoxon signed-rank test) พบว่าคะแนน Busso หลังการรักษาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (z = -2.449, p = 0.0143)



ภาพที่ 3 การกระจายของคะแนน Busso Hand Volume Severity Scale ก่อนและหลังการรักษาที่ 3 เดือน

และผลการประเมินความพึงพอใจ (GAIS) สะท้อนว่าผู้เข้าร่วมส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อผลการรักษา ทั้งในระยะทันทีและระยะติดตามผล โดยสรุป การเลือกใช้ความเจือจางของ PDLLA อาจมีผลต่อรูปแบบของผลลัพธ์ทางคลินิก กล่าวคือ ความเจือจางที่ต่ำกว่าอาจเหมาะสมกับการเพิ่มปริมาตร ขณะที่ความเจือจางที่สูงกว่าอาจให้ผลในด้านการปรับคุณภาพผิวและความเรียบเนียนของพื้นผิวผิวหนัง

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษานำร่องรูปแบบ Split-hand Randomized Controlled Trial (n=10) เปรียบเทียบการฉีด PDLLA ฟื้นฟูผิวหลังมือที่ความเจือจาง 8 มล. และ 10 มล. พบว่าที่ระยะเวลา 3 เดือน ทั้งสองสูตรให้ผลลัพธ์หลักในการเพิ่มปริมาตรผิวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทว่าเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่ม เฉพาะสูตร 10 มล. เท่านั้นที่พบการลดลงของปริมาตรผิว (ทั้งส่วนนูนและส่วนร่อง) อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับก่อนรักษา สะท้อนถึงแนวโน้มการกระจายตัวของยาและปรับผิวให้เรียบเนียน (Surface Remodeling) ได้ดีกว่าในระยะเริ่มต้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Redaelli (2006) ทั้งนี้ แม้การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มจะยังไม่พบนัยสำคัญเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและค่าอำนาจการทดสอบ (Power) ต่ำกว่าร้อยละ 80 แต่การมีค่าขนาดอิทธิพล (Effect Size) ระดับปานกลางถึงสูง บ่งชี้ว่าแนวโน้มนี้มีความสำคัญทางคลินิกที่ควรศึกษาต่อในระยะยาวเพื่อเป็นทางเลือกให้แพทย์ปรับใช้ตามสภาพผิวของกลุ่มผู้ป่วยเฉพาะบุคคลต่อไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาปฏิเสธสมมติฐานเดิมที่คาดว่า PDLLA สูตร 8 มล. จะเพิ่มปริมาตรได้ดีกว่าสูตร 10 มล. เนื่องจากมีความหนืดสูงกว่า (Hypothesis Rejected) โดยการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่ 3 เดือน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เฉพาะสูตร 10 มล. เท่านั้นที่มีลักษณะกายภาพพื้นผิว (Surface Topography) พัฒนาขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายในกลุ่มตนเอง ขณะที่คะแนนริ้วรอย (Busso Scale) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญในทั้งสองกลุ่ม ส่วนความพึงพอใจ (GAIS) ไม่ต่างกันอย่างนัยสำคัญ ผู้วิจัยจึงสรุปว่าอัตราส่วนเจือจางที่ต่างกันให้ผลลัพธ์เฉพาะตัว โดยสูตรความเข้มข้นสูง (8 มล.) เหมาะกับการเพิ่มปริมาตร ส่วนสูตรเจือจางสูง (10 มล.) โดดเด่นด้านการปรับปรุงคุณภาพและความเรียบเนียนของผิวหลังมือ

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

จุดเด่นของงานวิจัยนี้คือการใช้รูปแบบ Split-hand Randomized Controlled Trial ร่วมกับการวัดผลเชิงปริมาณด้วยเครื่อง Antera 3D® และการประเมินเชิงคุณภาพทางคลินิก (Busso Scale และ GAIS) ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำและครอบคลุมทั้งมิติปรนัยและอัตนัย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยังมีข้อจำกัดสำคัญด้านขนาดกลุ่มตัวอย่างที่จำกัดซึ่งส่งผลต่ออำนาจการทดสอบทางสถิติ (Statistical power) รวมถึงระยะเวลาติดตามผล 3 เดือนที่อาจยังไม่เพียงพอต่อการประเมินการสร้างคอลลาเจนในระยะยาว และความผันผวนจากการประเมินเชิงอัตนัย ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้การศึกษาในอนาคตขยายขนาดกลุ่มตัวอย่าง เพิ่มระยะเวลาติดตามผลเป็น 6-12 เดือน ทดสอบระดับความเจือจางที่หลากหลายขึ้น และพัฒนาเครื่องมือประเมินเชิงอัตนัยให้มีความจำเพาะ เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือในการนำไปประยุกต์ใช้ทางคลินิกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Riyaz FR, Ozog D. Hand rejuvenation. Semin Cutan Med Surg. 2015 Sep;34(3):147-52.
2. Lee KWA, Chan LKW, Lee AWK, Lee CH, Wong STH, Yi KH. Poly-D,L-lactic Acid (PDLLA) Application in Dermatology: A Literature Review. Polymers (Basel). 2024 Sep 13;16(18):2583.
3. Goldman A, Prati C, Rossato F. Hand rejuvenation using intense pulsed light. J Cutan Med Surg. 2008;12(3):107–13.
4. Coleman SR. Hand rejuvenation with structural fat grafting. Plast Reconstr Surg. 2002;110(7):1731–44.
5. Shamban AT. Combination hand rejuvenation procedures. Aesthet Surg J. 2009;29(5):409–13.
6. Ma SH, Lin CY, Lin JY, Chang YT, Chen CC. Rejuvenation of the dorsal hand by injectable poly-D,L-lactic acid: A pilot study. Australas J Dermatol. 2024.
7. Jakubietz RG, Jakubietz MG, Klodd D. Defining the basic aesthetics of the hand. Aesthetic Plast Surg. 2005;29(6):546–51.
8. Lowe NJ, Lowe P. Pilot study to determine the efficacy of ALA-PDT photo-rejuvenation for the treatment of facial ageing. J Cosmet Laser Ther. 2005;7(3–4):159–62.
9. Avram DK, Goldman MP. Effectiveness and safety of ALA-IPL in treating actinic keratoses and photodamage. J Drugs Dermatol. 2004;3(1 Suppl):S36–9.
10. Dover JS, Bhatia AC, Stewart B, Arndt KA. Topical 5-aminolevulinic acid combined with intense pulsed light in the treatment of photoaging. Arch Dermatol. 2005;141(10):1247–52.
11. Seo SB, Wan J, Thulesen J, Jalali A, Vitale M, Kim SB, et al. Poly-d,l-Lactic Acid Via Transdermal Microjet Drug Delivery for Treating Rosacea in Asian Patients. J Cosmet Dermatol. 2024;23(12):3993–8.
12. Lin JY, Lin CY. Nonsurgical lower eyelid rejuvenation using injectable poly-D,L-lactic acid in Asian patients. J Cosmet Dermatol. 2022;21:4328–31.
13. Oh DY, Seo SB, Jang YJ, Park EJ, Kim KH. Facial Skin Rejuvenation Using Poly-D,L-Lactic Acid Injected with a Laser-Generated Needle-Free Microjet Injector. Dermatol Surg. 2024;50:739–45.
14. McCarthy AD, Soares DJ, Chandawarkar A, El-Banna R, Hagedorn N. Dilutional rheology of Radiesse: Implications for regeneration and vascular safety. J Cosmet Dermatol. 2024;23:1973–84.

15. Lin CY, Lin JY, Yang DY, Lee SH, Kim JY, Kang M. Efficacy and safety of poly-D,L-lactic acid microspheres as subdermal fillers in animals. Plast Aesthet Res. 2019;6:16.
16. Master Laboratory Co., Ltd. Performance Test of Dermal Filler with Rabbit Dorsal Ear Model. Final Rep No 22S024T10-01-R01. 2022. Unpublished report.
17. Oh S, Seo SB, Kim G, Batsukh S, Son KH, Byun K. Poly-D,L-Lactic Acid Stimulates Angiogenesis and Collagen Synthesis in Aged Animal Skin. Int J Mol Sci. 2023 Apr 28;24(9):7986.
18. McGuire C, Boudreau C, Tang D. Hand Rejuvenation: A Systematic Review of Techniques, Outcomes, and Complications. Aesth Plast Surg. 2022;46:437–49.
19. Redaelli A. Cosmetic use of polylactic acid for hand rejuvenation: report on 27 patients. J Cosmet Dermatol. 2006;5:233–8.
20. Busso M, Moers-Carpi M, Storck R, Ogilvie P, Ogilvie A. Multicenter, randomized trial assessing the effectiveness and safety of calcium hydroxylapatite for hand rejuvenation. Dermatol Surg. 2010;36(1):790–7.
21. Froes-Meyer P, De Morais Carreiro E, De Medeiros NBM, Lindenmeyer WRNDS, Júnior CAV, Da Silva RMV, et al. Analysis of a protocol for the treatment of buttocks folliculitis. J Dermatol Cosmetol. 2018;2(4) :185–9.

การคัดกรองสภาวะผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มโดยอาศัยปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดในกลุ่มประชากรไทย

SCREENING FOR SEBORRHEIC DERMATITIS USING SERUM URIC ACID LEVEL IN THAI POPULATION

สุริธีรเวช นพรัตน์ชนม์*

SURITERAWATH NOPPARATCHON

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Aesthetic Medicine, Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 68130726@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย**

PHAWIT NORCHAI

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเวชศาสตร์ความงาม ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Aesthetic Medicine, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดิร์ม (Seborrheic Dermatitis: SD) เป็นโรคผิวหนังอักเสบเรื้อรังที่พบบ่อย โดยเฉพาะบริเวณใบหน้า ส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์และคุณภาพชีวิต มีหลักฐานว่ามีความสัมพันธ์กับกลุ่มอาการเมตาบอลิก (Metabolic Syndrome: MetS) ซึ่งมีพื้นฐานจากภาวะอักเสบเรื้อรังระดับต่ำ กรดยูริกในเลือด (Serum Uric Acid: SUA) เป็นตัวชี้วัดที่สัมพันธ์กับความผิดปกติทางเมตาบอลิกและการอักเสบเชิงระบบ อย่างไรก็ตาม หลักฐานเกี่ยวกับบทบาทของ SUA ต่อ SD ในประชากรไทยยังมีจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมิน ความสามารถในการจำแนก (discriminative performance) ของระดับ SUA ต่อการมีโรค SD ในประชากรไทย การวิจัยเป็นการศึกษาเชิงสังเกตแบบภาคตัดขวางย้อนหลัง (Retrospective Observational Cross-sectional Study) โดยใช้ข้อมูลเวชระเบียนแบบไม่ระบุตัวตนของผู้รับบริการที่ได้รับการคัดเลือกตามเกณฑ์คุณสมบัติจากคลินิกเวชกรรมโครงการประกันสุขภาพ เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร ระหว่างปี พ.ศ. 2564–2566 จำนวน 50 ราย ข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับ SUA (mg/dL) และการวินิจฉัย SD ตามรหัส ICD-10 วิเคราะห์สถิติพรรณนา วิเคราะห์สหสัมพันธ์เพียร์สันระหว่างอายุและ SUA และประเมิน ความสามารถในการจำแนกแบบไม่ปรับปัจจัยกวน (unadjusted discriminative performance) ด้วย Receiver Operating Characteristic (ROC) curve คำนวณพื้นที่ใต้โค้ง (Area Under the Curve: AUC) และหาค่าจุดตัดที่เหมาะสม กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 63.28 ปี (44–85 ปี) ระดับ SUA เฉลี่ย 6.03 mg/dL (2.70–9.50 mg/dL) เป็นเพศหญิงร้อยละ 66 และเพศชายร้อยละ 34 โดยมีผู้ป่วย SD และไม่มี SD ในสัดส่วนเท่ากัน ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอายุและระดับ SUA ($r = -0.220$, $p = 0.125$) ผลการวิเคราะห์ ROC พบว่า ระดับ SUA มีความสามารถในการจำแนกผู้ที่มีและไม่มี SD ในระดับดี (AUC = 0.833; 95% CI 0.712–0.953; $p < 0.001$) โดยค่าจุดตัดที่เหมาะสมคือ 6.35 mg/dL ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระดับกรดยูริกในเลือดอาจมีศักยภาพเป็นตัวบ่งชี้เพื่อช่วยจำแนกผู้ที่มีโรค SD ในประชากรไทย อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ควรตีความอย่างระมัดระวัง เนื่องจากเป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางย้อนหลังจากแหล่งข้อมูลแห่งเดียว มีขนาดตัวอย่างจำกัด ไม่ได้ปรับหรือควบคุมปัจจัยกวน เช่น โรคเมตาบอลิก โรคร่วม ดัชนีมวลกาย การทำงานของไต หรือยาที่อาจมีผลต่อระดับกรดยูริก จึงไม่สามารถสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลหรือใช้เพื่อการพยากรณ์ได้ ควรมีการศึกษาหลายศูนย์ที่มีขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น และใช้การวิเคราะห์พหุตัวแปรเพื่อยืนยันค่าจุดตัดและประเมินความสามารถในการจำแนกอย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: Seborrheic dermatitis (SD), Serum uric acid (SUA), Thai population, Screening

Abstract

Seborrheic dermatitis (SD) is a common chronic inflammatory skin disorder that frequently affects the face, thereby influencing appearance and overall quality of life. Emerging evidence suggests a link between SD and metabolic syndrome (MetS), both of which share a common foundation of low-grade chronic inflammation. Serum uric acid (SUA) has been recognised as a biomarker associated with metabolic dysfunction and systemic inflammation; however, evidence regarding its role in SD within the Thai population remains limited. This study aimed to evaluate the predictive and screening performance of SUA for SD in a Thai population. This diagnostic research adopted a retrospective observational cross-sectional design using real-world data from a primary care clinic under the Universal Health Coverage scheme in Din Daeng, Bangkok, collected between 2021 and 2023. A total of 50 anonymised records were analysed, including sex, age, SUA level (mg/dL), and SD status based on ICD-10 diagnosis. Statistical analyses included descriptive statistics, Pearson correlation between age and SUA, and assessment of discriminative performance using receiver operating characteristic (ROC) analysis and the area under the curve (AUC), together with determination of the optimal cut-off value. The mean age of participants was 63.28 years (range 44–85 years), and the mean SUA level was 6.03 mg/dL (range 2.70–9.50 mg/dL). Females accounted for 66% of the sample and males 34%, with equal proportions of participants with and without SD. No significant correlation was found between age and SUA ($r = -0.220$, $p = 0.125$). ROC analysis demonstrated good discriminative ability of SUA for SD (AUC = 0.833; 95% CI 0.712–0.953; $p < 0.001$), with an optimal cut-off value of 6.35 mg/dL. SUA shows potential as a biomarker for discriminating and predicting SD in an urban Thai clinical population. Nevertheless, the findings should be interpreted as an observational association due to the retrospective single-centre design, limited sample size, imbalanced sex and age distribution, and lack of metabolic comorbidity data that may act as confounders. Future multicentre studies with additional covariates are required to validate the cut-off value and strengthen clinical applicability.

Keyword: Seborrheic dermatitis (SD), Serum uric acid (SUA), Thai population, Screening

บทนำ

ในสังคมปัจจุบัน รูปลักษณ์ภายนอกมีบทบาทสำคัญต่อการรับรู้คุณค่าในตนเอง การยอมรับจากสังคม และความสามารถในการเข้าสังคมอย่างมีประสิทธิภาพ หลักฐานทางระบาดวิทยาและจิตสังคมสนับสนุนว่าความผิดปกติของผิวหนัง โดยเฉพาะบริเวณที่มองเห็นได้ชัด เช่น ใบหน้า ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตในด้านจิตใจ ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และบทบาททางสังคมอย่างมีนัยสำคัญ[1] ผู้ป่วยมักเกิดความวิตกกังวล ความรู้สึกอับอาย สูญเสียความมั่นใจ และหลีกเลี่ยงการเข้าสังคมหรือการใช้สื่อสังคมออนไลน์เนื่องจากความกังวลต่อภาพลักษณ์ของตนเอง[2]

โรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดิร์ม (Seborrheic Dermatitis: SD) เป็นโรคผิวหนังอักเสบเรื้อรังที่พบบ่อย และมีแนวโน้มกลับเป็นซ้ำ ผู้ป่วยจำนวนมากมีความทุกข์ทางจิตใจและคุณภาพชีวิตลดลง โดยเฉพาะเมื่อรอยโรคเกิดบริเวณใบหน้า[3] นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่าผู้ป่วยที่มีรอยโรคบนใบหน้ามีคะแนนคุณภาพชีวิตต่ำกว่าผู้ที่มีรอยโรคตำแหน่งอื่น และผู้หญิงได้รับผลกระทบด้านจิตใจมากกว่าผู้ชาย[4] แม้ SD จะไม่ใช่โรคที่เป็นอันตรายถึงชีวิต แต่ผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและภาระของโรคทำให้การค้นหาปัจจัยทางชีวภาพที่สัมพันธ์กับโรคยังคงมีความสำคัญ ทั้งเพื่อทำความเข้าใจพยาธิกำเนิดของโรคและเพื่อสนับสนุนการประเมินผู้ป่วยในเวชปฏิบัติ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีหลักฐานว่าผู้ป่วย SD มีความชุกของความผิดปกติทางเมตาบอลิกสูงกว่าประชากรทั่วไป อย่างไรก็ตาม ลักษณะความสัมพันธ์ดังกล่าวยังไม่ชัดเจน และยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเป็นความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล เนื่องจากอาจเกิดจากปัจจัยร่วมหลายประการ เช่น ภาวะอักเสบเรื้อรังระดับต่ำ (chronic low-grade inflammation) ความเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ความผิดปกติของภูมิคุ้มกัน โรคร่วมทางเมตาบอลิก หรือปัจจัยด้านวิถีชีวิต ซึ่งอาจเป็นตัวแปรกวนที่ส่งผลทั้งต่อระดับกรดยูริกและการเกิด SD ดังนั้น สมมติฐานที่ว่า Metabolic Syndrome ⟶ Serum Uric Acid ⟶ Seborrheic Dermatitis จึงยังไม่สามารถยืนยันได้ และยังมีความเป็นไปได้ว่าระดับกรดยูริกเป็นเพียงตัวบ่งชี้ร่วม (associated biomarker) มากกว่าจะเป็นตัวกลางของการเกิดโรค

กรดยูริกในเลือด (Serum Uric Acid: SUA) ได้รับความสนใจเนื่องจากเป็นการตรวจทางห้องปฏิบัติการที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีต้นทุนต่ำ มีมาตรฐานการตรวจ และเป็นตัวชี้วัดที่สัมพันธ์กับภาวะเมตาบอลิก ความเครียดออกซิเดชัน และภาวะอักเสบเชิงระบบ แม้ว่าจะมีตัวบ่งชี้การอักเสบอื่น เช่น C-reactive protein (CRP), interleukin-6 (IL-6) หรือ tumor necrosis factor-α (TNF-α) แต่ตัวชี้วัดเหล่านี้มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าและยังไม่ได้ใช้เป็นการตรวจประจำในเวชปฏิบัติทั่วไป หาก SUA มีความสัมพันธ์กับ SD ก็อาจมีศักยภาพเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ง่ายในระบบบริการสุขภาพ

อย่างไรก็ตาม หลักฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง SUA กับ SD ยังมีจำกัด โดยเฉพาะในประชากรไทย และผลการศึกษาที่ผ่านมาให้ข้อสรุปไม่สอดคล้องกัน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการจำแนก (discriminative performance) ของระดับ SUA ต่อการมีโรค SD ในประชากรไทย โดยมีเป้าหมายเพื่อสำรวจศักยภาพของ SUA ในฐานะตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่อาจช่วยสนับสนุนการประเมิน

ผู้ป่วยร่วมกับข้อมูลทางคลินิก ทั้งนี้ มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นการตรวจคัดกรองโรคในประชากรทั่วไปหรือเพื่อพิสูจน์ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่าง SUA กับการเกิดโรค SD

การศึกษาศักยภาพของ UA ในการทำนาย SD มีความสำคัญทั้งในด้านการทำความเข้าใจกลไกโรคและการประยุกต์ใช้ในเวชปฏิบัติ UA คือการตรวจที่เข้าถึงง่าย มีค่าใช้จ่ายต่ำ และแพร่หลายในคลินิก หากพบความสัมพันธ์ชัดเจน การใช้ UA อาจสามารถทำนายความเสี่ยง SD ที่ช่วยให้สามารถคัดกรองกลุ่มเสี่ยงได้อย่างมีประสิทธิภาพ[3,5]

คำถามและวัตถุประสงค์

1. ปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือดสามารถนำสู่กระบวนการทำนายสภาวะผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มในกลุ่มประชากรไทยหรือไม่
2. เพื่อศึกษาความสามารถของปริมาณกรดยูริกในกระแสเลือด Serum Uric Acid ในการทำนายคัดกรองสภาวะผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์ม Seborrheic Dermatitis ในประชากรไทย

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

โรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์ม (Seborrheic dermatitis; SD) เป็นโรคผิวหนังอักเสบเรื้อรังที่พบได้บ่อยบริเวณที่มีต่อมไขมันหนาแน่น เช่น หนังศีรษะ ใบหน้า คิ้ว ร่องจมูก ใบหู และหน้าอก ลักษณะสำคัญคือผื่นแดงร่วมกับขุยหรือสะเก็ดสีขาวถึงเหลือง โรคมักมีการกำเริบเป็นระยะ แม้ไม่เป็นอันตรายถึงชีวิต แต่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ความมั่นใจ ภาพลักษณ์ และสุขภาพจิตของผู้ป่วย โดยเฉพาะเมื่อรอยโรคเกิดบริเวณใบหน้า[3–6] ความชุกของโรคในประชากรทั่วไปอยู่ที่ประมาณร้อยละ 1–5 และพบสูงขึ้นในผู้ติดเชื้อ HIV/AIDS ผู้ป่วยโรคพาร์กินสัน และผู้ที่มีความผิดปกติของระบบเมตาบอลิซึม[6,7]

ปัจจุบันเชื่อว่าการเกิดโรคมีสาเหตุหลายปัจจัยร่วมกัน ได้แก่ การสร้างซีบัมผิดปกติ การตอบสนองต่อเชื้อรา *Malassezia* spp. ความผิดปกติของ skin barrier การเสียสมดุลของ microbiome และ mycobiome ความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน รวมถึงปัจจัยด้านวิถีชีวิต เช่น ความเครียด การพักผ่อนไม่เพียงพอ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งทั้งหมดล้วนเกี่ยวข้องกับการอักเสบเรื้อรังระดับต่ำ (low-grade chronic inflammation)[6–10]

กรดยูริกในเลือด (Serum uric acid; SUA) เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการสลายสารพิวรีน โดยถูกกำจัดออกทางไตและลำไส้ แม้ว่ากรดยูริกจะทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในระดับปกติ แต่เมื่อมีระดับสูงจะสามารถกระตุ้นการอักเสบผ่านการกระตุ้น NLRP3 inflammasome ส่งผลให้มีการหลั่ง interleukin-1β (IL-1β) และ interleukin-18 (IL-18) เพิ่มขึ้น ก่อให้เกิดภาวะอักเสบเรื้อรังระดับต่ำและ oxidative stress ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของโรคเมตาบอลิกหลายชนิด[11]

นอกจากนี้ หลักฐานจำนวนมากแสดงให้เห็นว่า SUA มีความสัมพันธ์กับ Metabolic syndrome (MetS) ภาวะดื้อต่ออินซูลิน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดผิดปกติ โรคอ้วนลงพุง และโรคหัวใจและหลอดเลือด โดย SUA จึงถูกเสนอให้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarker) ของความผิดปกติด้านเมตาบอลิซึมและ

การอักเสบของร่างกาย[11] การศึกษาหลายฉบับรายงานว่าผู้ป่วยโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มมีความชุกของ Metabolic syndrome สูงกว่าประชากรทั่วไป และพบความสัมพันธ์กับภาวะอ้วนลงพุง ระดับไตรกลีเซอไรด์สูง และระดับ HDL cholesterol ต่ำ สะท้อนว่าผู้ป่วย SD อาจมีความผิดปกติด้านเมตาบอลิซึมร่วมด้วย[7]

ในอีกด้านหนึ่ง งานวิจัยด้าน Serum uric acid ส่วนใหญ่รายงานความสัมพันธ์ระหว่างระดับ SUA กับโรคเมตาบอลิก ภาวะดื้อต่ออินซูลิน และการอักเสบระดับระบบอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ประเมินความสัมพันธ์ระหว่าง SUA กับโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มโดยตรงยังมีจำนวนจำกัด และผลการศึกษายังไม่สอดคล้องกัน บางการศึกษาพบว่าผู้ป่วย SD มีระดับ SUA สูงกว่ากลุ่มควบคุม ขณะที่บางการศึกษาไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของประชากรศึกษา วิธีการวินิจฉัยโรค ขนาดตัวอย่าง และปัจจัยร่วมทางเมตาบอลิซึมที่แตกต่างกัน[7]

นอกจากนี้ งานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการในประชากรยุโรปและตะวันออกกลาง ขณะที่หลักฐานในประชากรเอเชีย โดยเฉพาะประเทศไทย ยังมีจำกัด จึงยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าระดับ SUA มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มหรือไม่ จากการสังเคราะห์วรรณกรรมทั้งหมด พบว่าทั้ง SD, MetS และ SUA มีจุดร่วมสำคัญคือ ภาวะการอักเสบเรื้อรังระดับต่ำ (low-grade chronic inflammation) โดย MetS ส่งเสริมการอักเสบผ่าน adipose tissue dysfunction การหลั่ง adipokines และ cytokines รวมทั้ง oxidative stress ขณะที่ SUA สามารถกระตุ้น inflammasome และการหลั่งสารก่อการอักเสบ ส่วน SD แสดงออกผ่านการอักเสบของผิวหนัง การเสียสมดุลของ microbiome และการตอบสนองต่อเชื้อ Malassezia ดังนั้น SUA จึงอาจเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่สะท้อนกลไกการอักเสบร่วมระหว่างระบบเมตาบอลิซึมและโรคผิวหนัง

จากการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่า ระดับ Serum uric acid ที่สูงมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มในประชากรไทย ทั้งนี้ การศึกษามุ่งประเมิน ความสัมพันธ์ (association) ระหว่างระดับ SUA กับการมีโรค SD มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ความเป็นเหตุและผลโดยตรง การวิเคราะห์ข้อมูลจะเปรียบเทียบระดับ SUA ระหว่างผู้ที่เป็นและไม่เป็นโรค SD วิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสถิติพหุตัวแปรโดยปรับปัจจัยกวนที่สำคัญ และประเมินประสิทธิภาพของ SUA ในการจำแนกผู้ที่มีโรค SD ด้วย Receiver Operating Characteristic (ROC) curve เพื่อหาค่าตัด (optimal cut-off value) ที่เหมาะสม

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงวินิจฉัย (Diagnostic Accuracy Research) ในรูปแบบ Retrospective Observational Cross-sectional Study มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถของระดับกรดยูริกในเลือด (Serum Uric Acid; SUA) ในการจำแนกภาวะโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์ม (Seborrheic Dermatitis; SD) และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับ SUA กับการเกิดโรคในประชากรไทย โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจากฐานข้อมูลเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ของคลินิกเวชกรรมโครงการประกันสุขภาพแห่งหนึ่งในเขตดินแดง กรุงเทพมหานคร ระหว่างปี พ.ศ. 2564–2566

การศึกษานี้ได้รับข้อมูลในรูปแบบข้อมูลที่ไม่สามารถระบุตัวตนได้ (Non-identifying data) ประกอบด้วยเพียง 4 ตัวแปร ได้แก่ อายุ เพศ ระดับ Serum Uric Acid (mg/dL) และผลการวินิจฉัย Seborrheic Dermatitis ตามรหัส ICD-10 โดยไม่มีข้อมูลที่สามารถย้อนกลับไปสู่ตัวบุคคลได้ ทั้งนี้จะดำเนินการขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ก่อนเริ่มการศึกษา

ประชากรที่ศึกษาเป็นผู้รับบริการชาวไทยอายุ 20–80 ปี ที่ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปีและมีผลตรวจ Serum Uric Acid พร้อมข้อมูลการวินิจฉัย Seborrheic Dermatitis ตาม ICD-10 ครบถ้วน ส่วนกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกจากฐานข้อมูลของคลินิกเวชกรรมแห่งเดียวโดยเรียงตามลำดับวันที่เข้ารับบริการเพื่อลด Selection bias และใช้ข้อมูลจำนวนอย่างน้อย 50 รายซึ่งมีข้อมูลครบถ้วนตามเกณฑ์การศึกษา อย่างไรก็ตามผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์คัดออก ได้แก่ ผู้ที่มีโรคหรือภาวะที่อาจส่งผลต่อระดับกรดยูริกอย่างมีนัยสำคัญ เช่น โรคไตเรื้อรัง โรคเกาต์ ภาวะติดเชื้อเฉียบพลัน การตั้งครรภ์ และผู้ที่ได้รับยาซึ่งมีผลต่อระดับกรดยูริก ได้แก่ Allopurinol, Febuxostat และยาขับปัสสาวะ รวมทั้งจะบันทึกข้อมูลตัวแปรร่วมที่สำคัญ ได้แก่ ดัชนีมวลกาย รอบเอว เบาหวาน HbA1c การทำงานของไต การสูบบุหรี่ และภาวะ Metabolic syndrome เพื่อใช้ควบคุมผลของตัวแปรกวนในการวิเคราะห์

ข้อมูลทั้งหมดจะนำเข้าสู่โปรแกรม IBM SPSS Statistics เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาอธิบายลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ความถี่ และร้อยละ จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วย Pearson correlation และประเมินความสามารถของระดับ SUA ในการจำแนกผู้ป่วย Seborrheic Dermatitis ด้วย Receiver Operating Characteristic (ROC) curve พร้อมรายงานค่า Area Under the Curve (AUC) และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 รวมทั้งกำหนดค่าจุดตัดที่เหมาะสมด้วย Youden Index พร้อมรายงานค่า Sensitivity, Specificity, Positive Predictive Value, Negative Predictive Value, Likelihood Ratio และ Accuracy

นอกจากนี้ ผู้วิจัยจะใช้ Multiple Logistic Regression เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับ SUA กับการเกิด Seborrheic Dermatitis หลังควบคุมตัวแปรกวน ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย รอบเอว เบาหวาน HbA1c การทำงานของไต การสูบบุหรี่ และภาวะ Metabolic syndrome โดยรายงานผลในรูปของ Adjusted Odds Ratio พร้อมช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่า p-value เพื่อประเมินว่า Serum Uric Acid เป็นปัจจัยอิสระในการทำนายโรคหรือไม่

ผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวินิจฉัย (Diagnostic Accuracy Research) ในรูปแบบการศึกษาแบบย้อนหลังเชิงสังเกตภาคตัดขวาง (Retrospective Observational Cross-sectional Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์และความสามารถของระดับกรดยูริกในกระแสเลือด (Serum Uric Acid: SUA) ในการบ่งชี้ภาวะโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์ม (Seborrheic Dermatitis: SD) ในประชากรไทย โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังจากฐานข้อมูลคลินิกเวชกรรมโครงการประกันสุขภาพในกรุงเทพมหานคร จำนวน 50 ราย ซึ่ง

ประกอบด้วยข้อมูลเพศ อายุ ระดับ SUA และการวินิจฉัยโรคตามรหัส ICD-10 ทั้งหมดเป็นข้อมูลที่ผ่านการลบข้อมูลระบุตัวตนแล้ว

ผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนา พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 63.28 ± 10.44 ปี โดยมีอายุอยู่ระหว่าง 44–85 ปี ส่วนระดับ SUA มีค่าเฉลี่ย 6.03 ± 1.55 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร อยู่ในช่วง 2.70–9.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ทั้งตัวแปรอายุและระดับ SUA มีลักษณะการกระจายข้อมูลค่อนข้างสมมาตร เนื่องจากค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานมีความใกล้เคียงกัน จึงเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติในขั้นตอนต่อไป

เมื่อพิจารณาลักษณะประชากร พบว่าผู้เข้าร่วมการศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 33 ราย (ร้อยละ 66.0) และเพศชาย 17 ราย (ร้อยละ 34.0) ขณะที่ผู้ป่วยโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มและกลุ่มที่ไม่เป็นโรคมีจำนวนเท่ากัน คือกลุ่มละ 25 ราย (ร้อยละ 50.0) สะท้อนถึงการกระจายของข้อมูลที่สมดุลสำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแปร SUA ในการจำแนกโรค

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและระดับ SUA ด้วย Pearson's correlation พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ -0.220 และไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.125$) แสดงว่าอายุไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระดับกรดยูริกในเลือดในกลุ่มตัวอย่างนี้ จึงไม่พบหลักฐานว่าอายุเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับ SUA อย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการวินิจฉัยด้วย Receiver Operating Characteristic (ROC) แสดงให้เห็นว่า ระดับ SUA มีศักยภาพในการจำแนกผู้ป่วย SD ได้ในระดับดี โดยมีค่า Area Under the Curve (AUC) เท่ากับ 0.833 (95% CI 0.712–0.953, $p < 0.001$) และมีค่าจุดตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 6.35 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งให้ค่าความไว (Sensitivity) ร้อยละ 76 และค่าความจำเพาะ (Specificity) ร้อยละ 88 สะท้อนว่าระดับ SUA สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดเบื้องต้นในการคัดกรองผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มได้ในระดับที่น่าพอใจ

เมื่อวิเคราะห์แยกตามเพศ พบว่ากลุ่มเพศชายมีค่า AUC เท่ากับ 0.708 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าจุดตัดที่เหมาะสมเท่ากับ 6.65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ให้ค่าความไวร้อยละ 66.7 และค่าความจำเพาะร้อยละ 87.5 อย่างไรก็ตาม ผลดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.119$) อาจเป็นผลจากจำนวนตัวอย่างเพศชายที่มีค่อนข้างน้อย ทำให้ความแม่นยำของการประมาณค่าลดลง

ในทางตรงกันข้าม กลุ่มเพศหญิงมีผลการวิเคราะห์ที่โดดเด่นกว่า โดยมีค่า AUC เท่ากับ 0.866 ($p < 0.001$) แสดงถึงความสามารถในการจำแนกโรคในระดับดีถึงดีมาก ใช้ค่าจุดตัดเดียวกับการวิเคราะห์ภาพรวม คือ 6.35 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และให้ค่าความไวร้อยละ 81.3 ร่วมกับค่าความจำเพาะสูงถึงร้อยละ 94.1 แสดงให้เห็นว่าระดับ SUA มีประสิทธิภาพในการคัดกรองภาวะโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มในเพศหญิงดีกว่าเพศชายอย่างชัดเจน

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาครั้งนี้สนับสนุนสมมติฐานว่า ระดับกรดยูริกในกระแสเลือด (Serum Uric Acid; SUA) มีความสัมพันธ์กับภาวะโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์ม (Seborrheic Dermatitis; SD) ในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา

โดยข้อมูลจากผู้รับบริการจำนวน 50 รายจากคลินิกเวชกรรมโครงการประกันสุขภาพสะท้อนลักษณะของประชากรไทยวัยกลางคนตอนปลายถึงผู้สูงอายุ ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 63.28 ปี และมีระดับ SUA เฉลี่ย 6.03 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร การวิเคราะห์เชิงสถิติพบว่า อายุไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับ SUA ($r = -0.220$, $p = 0.125$) แสดงว่าในกลุ่มตัวอย่างนี้ ระดับกรดยูริกอาจไม่ได้ขึ้นกับอายุเพียงอย่างเดียว แต่อาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านเมตาบอลิซึมและปัจจัยร่วมอื่น ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้เก็บข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ Receiver Operating Characteristic (ROC) Curve พบว่า ระดับ SUA แสดงศักยภาพในการจำแนกผู้ป่วยที่มีภาวะ Seborrheic Dermatitis ออกจากผู้ที่ไม่มีโรคได้ในระดับดี โดยมีค่า Area Under the Curve (AUC) เท่ากับ 0.833 และมีค่าจุดตัดที่เหมาะสมที่ 6.35 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวางและมีขนาดตัวอย่างค่อนข้างน้อย ผลการศึกษาจึงสะท้อนเพียงความสามารถในการจำแนกโรคภายในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา (apparent diagnostic performance) และยังไม่สามารถสรุปถึงประสิทธิภาพในการคัดกรองหรือการประยุกต์ใช้ทางคลินิกได้

เมื่อเปรียบเทียบกับวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะกรดยูริกสูงกับโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มและความผิดปกติทางเมตาบอลิซึมหลายฉบับ อย่างไรก็ตาม ยังมีงานวิจัยด้าน Diagnostic Accuracy ที่ประเมินประสิทธิภาพของ SUA โดยใช้ค่า AUC ในการจำแนกผู้ป่วย Seborrheic Dermatitis ค่อนข้างจำกัด ทำให้ยังไม่สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาครั้งนี้กับค่าประสิทธิภาพจากงานวิจัยก่อนหน้าได้โดยตรง

การศึกษานี้มีข้อจำกัดหลายประการ ได้แก่ ขนาดตัวอย่างค่อนข้างน้อย เป็นข้อมูลจากคลินิกเพียงแห่งเดียว และไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยก่อกวนที่สำคัญ เช่น ดัชนีมวลกาย รอบเอว ภาวะเมตาบอลิก โรคไตเบาหวาน การสูบบุหรี่ หรือการใช้ยาที่มีผลต่อระดับกรดยูริก อีกทั้งไม่ได้ใช้การวิเคราะห์พหุตัวแปร (multivariable analysis) เพื่อควบคุมปัจจัยร่วม จึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าระดับ SUA เป็นปัจจัยอิสระที่สัมพันธ์กับการเกิดโรค นอกจากนี้ ผลการศึกษายังไม่ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องในประชากรภายนอก (external validation) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาที่มีขนาดตัวอย่างมากขึ้น ครอบคลุมหลายศูนย์ และใช้แบบจำลองทางสถิติที่ควบคุมปัจจัยก่อกวน รวมถึงมีการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองในประชากรภายนอก เพื่อยืนยันศักยภาพของระดับกรดยูริกในฐานะตัวชี้วัดสำหรับการจำแนกผู้ป่วยโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มต่อไป

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

การศึกษาครั้งนี้พบข้อจำกัดหลายประการที่ควรนำมาพิจารณาในการตีความผลและการพัฒนางานวิจัยในอนาคต ประการแรก ขนาดกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 50 ราย และได้มาจากผู้รับบริการของคลินิกเวชกรรมเพียงแห่งเดียวในเขตดินแดง กรุงเทพมหานคร จึงสะท้อนบริบทเฉพาะของประชากรเมือง ทำให้การนำผลไปอ้างอิงกับประชากรในพื้นที่อื่นควรดำเนินการด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากอาจมีความแตกต่างด้าน

พันธุกรรม วิถีชีวิต สิ่งแวดล้อม และปัจจัยเมตาบอลิกที่ส่งผลต่อระดับกรดยูริกและความเสี่ยงของโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มแตกต่างกัน

นอกจากนี้ โครงสร้างของกลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนเพศหญิงมากกว่าเพศชาย และมีช่วงอายุส่วนใหญ่อยู่ในวัยกลางคนตอนปลายถึงผู้สูงอายุ จึงอาจสะท้อนลักษณะของประชากรกลุ่มดังกล่าวได้ดีกว่าประชากรวัยหนุ่มสาวหรือเพศชาย อีกทั้งการศึกษายังไม่ได้รวบรวมข้อมูลโรคร่วมและปัจจัยเมตาบอลิกที่สำคัญ เช่น ดัชนีมวลกาย เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ การทำงานของไต รวมถึงพฤติกรรมสุขภาพ ซึ่งอาจเป็นตัวแปรกวนที่มีผลต่อทั้งระดับกรดยูริกและการเกิดโรค ทำให้ผลที่ได้ควรตีความในฐานะความสัมพันธ์เชิงสังเกต มากกว่าความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลโดยตรง นอกจากนี้ ข้อมูลที่ใช้รวบรวมในช่วงปี พ.ศ. 2564–2566 อาจสะท้อนบริบทของช่วงเวลานั้น ซึ่งอาจแตกต่างจากสถานการณ์ด้านสุขภาพในปัจจุบัน

สำหรับข้อเสนอแนะ ควรดำเนินการศึกษาหลายศูนย์ (multi-center study) เพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างและครอบคลุมประชากรที่มีความหลากหลายด้านเพศ อายุ และภูมิภาค ควบคู่กับการเก็บข้อมูลปัจจัยเมตาบอลิกและพฤติกรรมสุขภาพอย่างครบถ้วน เพื่อให้สามารถวิเคราะห์แบบปรับค่าปัจจัยกวนได้ นอกจากนี้ ควรพัฒนาการศึกษาไปสู่รูปแบบ Prospective Cohort Study เพื่อประเมินความสามารถในการพยากรณ์การเกิดโรคในอนาคต และพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์หลายตัวแปรโดยใช้เทคนิคทางสถิติหรือปัญญาประดิษฐ์ พร้อมทั้งตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดลในประชากรภายนอก รวมถึงบูรณาการตัวแปรทางชีวเคมี ตัวบ่งชี้การอักเสบ และข้อมูล microbiome เพื่อยกระดับการพัฒนาระบบคัดกรองและประเมินความเสี่ยงของโรคผิวหนังอักเสบเซ็บเดอร์มในเวชปฏิบัติอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. Dalgard FJ, Gieler U, Holm JO, Bjertness E, Hauser S. Self-esteem and body satisfaction among late adolescents with acne: results from a population survey. *J Am Acad Dermatol.* 2008;59(2):746–751.
2. Sampogna F, Tabolli S, Abeni D. Living with skin diseases: an epidemiological study in dermatological outpatients. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2012;26(5):548–552.
3. Szepietowski JC, Reich A, Wesołowska-Szepietowska E, Baran E. Quality of life in patients suffering from seborrheic dermatitis. *Mycoses.* 2009;52(4):357–363.
4. Xuan M, Lu C, He Z. Clinical characteristics and quality of life in seborrheic dermatitis patients: a cross-sectional study in China. *Health Qual Life Outcomes.* 2020;18(1):308. doi:10.1186/s12955-020-01558-y.
5. Tumturk M, Caf N, Kurhan F. The psychosocial impact of chronic facial dermatoses in adults. *North Clin Istanb.* 2025;12(2):216–221.
6. Clark GW, Pope SM, Jaboori KA. Diagnosis and treatment of seborrheic dermatitis. *Am Fam Physician.* 2015;91(3):185–190.
7. Akbaş A, Kılınç F, Şener S, Hayran Y. Investigation of the relationship between seborrheic dermatitis and metabolic syndrome parameters. *J Cosmet Dermatol.* 2022;21(11):6079–6085. doi:10.1111/jocd.15121.
8. Tao R, Li R, Wang R. Skin microbiome alterations in seborrheic dermatitis and dandruff: a systematic review. *Exp Dermatol.* 2021;30(10):1546–1553. doi:10.1111/exd.14450.
9. Adalsteinsson JA, Kaushik S, Muzumdar S, Guttman-Yassky E, Ungar J. An update on the microbiology, immunology and genetics of seborrheic dermatitis. *Exp Dermatol.* 2020;29(5):481–489. doi:10.1111/exd.14091.
10. Zhang XE, Zheng P, Ye SZ, Ma X, Liu E, Pang YB, et al. Microbiome: role in inflammatory skin diseases. *J Inflamm Res.* 2024;17:1057–1082. doi:10.2147/JIR.S441100.
11. Zhou X, Ji S, Chen L, Liu X, Deng Y, You Y, et al. Gut microbiota dysbiosis in hyperuricaemia promotes renal injury through the activation of NLRP3 inflammasome. *Microbiome.* 2024;12(1):109. doi:10.1186/s40168-024-01826-9.

การศึกษาปริมาณสารโลหะหนัก ตะกั่วและแคดเมียม ในผงอะโวคาโด ที่จำหน่ายในช่องทางออนไลน์

STUDY ON THE AMOUNT OF HEAVY METALS : LEAD AND CADMIUM IN AVOCADO POWDER SOLD ONLINE

พัชรินทร์ ว่านกระ*

PATCHARIN WANGRA

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 65130142@dpu.ac.th

เอกราช บำรุงพืชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารโลหะหนักตะกั่ว (Lead; Pb) และแคดเมียม (Cadmium; Cd) ในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทย และประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศไทยและมาตรฐานสากล การศึกษานี้เป็นการศึกษาภาคตัดขวางโดยเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ในประเทศไทย จำนวน 7 ตัวอย่าง ซึ่งคัดเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและมีข้อมูลจำหน่ายชัดเจน โดยเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม พ.ศ. 2569 ตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) ณ ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 จากนั้นเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์กับค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ และมาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักที่เกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์พบว่า ผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดทั้ง 7 ตัวอย่างมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ โดยค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของตะกั่วและแคดเมียมเท่ากับ 0.040 และ 0.020 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ คิดเป็นอัตราการตรวจพบร้อยละ 0 (0/7 ตัวอย่าง) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยร้อยละ 100 (7/7 ตัวอย่าง) ไม่พบตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 (พ.ศ. 2563) และมาตรฐานสากลที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยมีความปลอดภัยในด้านการปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วและแคดเมียม อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์พบว่าบางผลิตภัณฑ์ยังไม่มีการแสดงแหล่งผลิตหรือแหล่งที่มาของวัตถุดิบอย่างชัดเจน ซึ่งอาจส่งผลต่อการตรวจสอบย้อนกลับของผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายในประเทศไทย สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการเลือกบริโภคของผู้บริโภค และเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวังและกำกับดูแลความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในอนาคต ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มจำนวนตัวอย่าง ครอบคลุมผลิตภัณฑ์จากแหล่งผลิตที่หลากหลาย รวมทั้งตรวจวิเคราะห์โลหะหนักชนิดอื่นและประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพื่อสนับสนุนการพัฒนามาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ผงอะโวคาโด, โลหะหนัก, ตะกั่ว, แคดเมียม

Abstract

This study aimed to determine the levels of lead (Pb) and cadmium (Cd) contamination in avocado powder products marketed through online platforms in Thailand and to evaluate their safety by comparing the analytical results with Thai food safety regulations and international standards. A cross-sectional study was conducted using seven avocado powder products purchased from popular online marketplaces in Thailand. The samples were selected based on product popularity and availability of sales information. Lead and cadmium concentrations were analyzed using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). The analytical results were compared with the method detection limits (LOD) and relevant food safety standards. The results showed that lead and cadmium concentrations in all seven samples were below the limits of detection. The LODs for lead and cadmium were 0.040 mg/kg and 0.020 mg/kg, respectively. None of the samples exceeded the maximum permissible limits established by the Thai Ministry of Public Health Notification No. 414 (B.E. 2563) or relevant international food safety standards. These findings indicate that the avocado powder products marketed through online platforms in Thailand were safe with respect to lead and cadmium contamination. However, an examination of product labels revealed that some products did not clearly specify the manufacturing source or origin of raw materials, which may limit product traceability. This study provides baseline information regarding the safety of avocado powder products available in Thailand. The findings may support consumers in making informed purchasing decisions and assist regulatory authorities in monitoring and ensuring the safety of health food products. Further studies involving a larger number of samples, products from a wider range of manufacturers, analyses of additional heavy metals, and human health risk assessments are recommended to strengthen food safety surveillance and support the development of sustainable safety standards for avocado powder products.

Keywords: avocado powder, heavy metals, lead, cadmium

บทนำ

ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากอะโวคาโด ซึ่งเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ใยอาหาร วิตามิน และสารต้านอนุมูลอิสระ[1] จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโด เพื่อเพิ่มความสะดวกในการบริโภคและยืดอายุการเก็บรักษา[2,3] ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้รับความนิยมและมีการจำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

แม้ว่าผงอะโวคาโดจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม แต่การปนเปื้อนของสารโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Lead; Pb) และแคดเมียม (Cadmium; Cd) ยังคงเป็นประเด็นด้านความปลอดภัยที่สำคัญ เนื่องจากโลหะหนักสามารถปนเปื้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้จากดิน น้ำ ปุ๋ย สารเคมีทางการเกษตร และกระบวนการผลิต อีกทั้งยังสามารถสะสมในร่างกายและก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อได้รับอย่างต่อเนื่อง[4,5] อย่างไรก็ตาม ข้อมูลการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด

ในระดับสากล การปนเปื้อนของโลหะหนักในผักผลไม้และผลิตภัณฑ์แปรรูปได้รับการรายงานอย่างต่อเนื่องในหลายภูมิภาค โดยระดับการปนเปื้อนแปรผันตามคุณภาพดิน แหล่งน้ำ และกิจกรรมของมนุษย์ในพื้นที่เพาะปลูก ประกอบกับตลาดอะโวคาโดและผลิตภัณฑ์แปรรูปมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะการจำหน่ายผ่านแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ที่มียอดจำหน่ายสูง สะท้อนปริมาณการบริโภคที่เพิ่มขึ้นและความสำคัญเชิงสาธารณสุขของการเฝ้าระวังคุณภาพผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ควรได้รับการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากมีความหลากหลายของแหล่งผลิตและมาตรฐานการควบคุมคุณภาพ อีกทั้งผลิตภัณฑ์บางส่วนยังไม่ผ่านการรับรองจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) อย่างครบถ้วน และมักไม่ระบุแหล่งที่มาของวัตถุดิบบนฉลาก ทำให้การตรวจสอบย้อนกลับและการประเมินความเสี่ยงทำได้จำกัด

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับมาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และสนับสนุนการเฝ้าระวังคุณภาพอาหารเพื่อสุขภาพในประเทศไทย

คำถามและวัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการปนเปื้อนของสารโลหะหนักตะกั่ว (Lead; Pb) และแคดเมียม (Cadmium; Cd) ในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทย
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ตรวจพบกับค่ามาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหารของประเทศไทยและมาตรฐานสากล
3. เพื่อประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโด

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

การปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารเป็นประเด็นสำคัญด้านความปลอดภัยอาหาร เนื่องจากตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) สามารถเข้าสู่พืชจากดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อม รวมทั้งอาจเกิดการปนเปื้อนระหว่างกระบวนการแปรรูป[6] การได้รับโลหะหนักจากอาหารอย่างต่อเนื่องอาจก่อให้เกิดการสะสมในร่างกายและเพิ่มความเสี่ยงต่อผลกระทบด้านสุขภาพ มีการศึกษาพบว่าระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในผลไม้และผลิตภัณฑ์แปรรูปแตกต่างกันตามแหล่งวัตถุดิบ สภาพแวดล้อม และกระบวนการผลิต[7-10] โดยเทคนิค Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) เป็นวิธีมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับสำหรับการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในอาหาร[11]

ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาในบริบทของผลิตภัณฑ์ผงคือ ผงอะโวคาโดอาจมีคุณลักษณะแตกต่างจากอะโวคาโดสด เนื่องจากกระบวนการทำแห้งทำให้ปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ความเข้มข้นของโลหะหนักต่อหน่วยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ (concentration effect) มีแนวโน้มสูงขึ้น แม้ปริมาณโลหะหนักทั้งหมดจะไม่เพิ่มขึ้น อีกทั้งกระบวนการบดและบรรจุยังอาจเป็นแหล่งปนเปื้อนเพิ่มเติมจากอุปกรณ์หรือวัสดุสัมผัสอาหาร เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้าพบว่าผลการศึกษาส่วนใหญ่มีความสอดคล้องกัน กล่าวคือ แม้จะตรวจพบตะกั่วและแคดเมียมในผักผลไม้และผลิตภัณฑ์แปรรูปได้ แต่โดยทั่วไปพบในระดับต่ำและมักไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย สอดคล้องกับการเฝ้าระวังในประเทศไทยที่รายงานการปนเปื้อนเพียงระดับต่ำถึงปานกลาง ความสอดคล้องดังกล่าวสนับสนุนว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและกระบวนการผลิตที่ดีมีแนวโน้มปนเปื้อนโลหะหนักในระดับต่ำ และช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้แก่ผลการศึกษาครั้งนี้ อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีข้อมูลเฉพาะสำหรับผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยซึ่งยังเป็นช่องว่างขององค์ความรู้

กรอบแนวคิดของการวิจัยนี้พัฒนาขึ้นจากคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัย โดยกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยเป็นหน่วยที่ศึกษา ซึ่งคัดเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมจำนวน 7 ตัวอย่าง จำแนกตามยี่ห้อผลิตภัณฑ์และช่องทางการจำหน่าย จากนั้นนำตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ด้วยเทคนิค ICP-MS และนำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยด้านอาหาร ได้แก่ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 มาตรฐาน Codex และแนวทางของ WHO/FAO เพื่อประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ด้านการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม อันเป็นพื้นฐานนำไปสู่การพัฒนาสมมติฐานการวิจัยในลำดับถัดไป

แม้ว่าประเทศไทยจะมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในพืชผักและผลไม้อย่างต่อเนื่อง[12] แต่ยังมีข้อมูลเกี่ยวกับการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ค่อนข้างจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงพัฒนาสมมติฐานว่าผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยอาจตรวจพบการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียม ทั้งนี้ สมมติฐานดังกล่าวตั้งอยู่บนพื้นฐานของ concentration effect จากกระบวนการทำแห้ง โอกาสการปนเปื้อนระหว่างการผลิตและการที่ผลิตภัณฑ์บางส่วนขาดการรับรองมาตรฐานและระบบควบคุมคุณภาพที่ชัดเจน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาภาคตัดขวาง (cross-sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการปนเปื้อนของสารโลหะหนักตะกั่ว (Lead; Pb) และแคดเมียม (Cadmium; Cd) ในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทย และประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานด้านความปลอดภัยอาหาร

ผู้วิจัยดำเนินการสำรวจผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ได้แก่ Shopee, Lazada และ TikTok Shop โดยพิจารณาจากผลิตภัณฑ์ที่สามารถสั่งซื้อได้จริง มีข้อมูลการจำหน่ายชัดเจน และมียอดจำหน่ายสะท้อนความนิยมของผู้บริโภคในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล จากการสำรวจเบื้องต้นพบผลิตภัณฑ์ที่เข้าเกณฑ์จำนวน 10 รายการ อย่างไรก็ตาม มีผลิตภัณฑ์จำนวน 2 รายการที่เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันหรือมีลักษณะซ้ำกับตัวอย่างที่คัดเลือกไว้แล้ว จึงไม่นำมานับซ้ำ และมีผลิตภัณฑ์จำนวน 1 รายการที่มียอดจำหน่ายน้อยกว่า 50 ชิ้น รวมทั้งไม่มีความเคลื่อนไหวของช่องทางการจำหน่ายเป็นระยะเวลานาน จึงไม่นำมาเป็นตัวอย่างในการศึกษา

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงคัดเลือกผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดจำนวน 7 ตัวอย่าง ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเน้นผลิตภัณฑ์ที่มียอดจำหน่ายสูง สามารถเข้าถึงได้จริงในตลาดออนไลน์ และมีข้อมูลประกอบการจำหน่ายเพียงพอ เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างสะท้อนผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

ผู้วิจัยสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยตนเองในเดือนมกราคม พ.ศ. 2569 และเตรียมตัวอย่างตามข้อกำหนดของห้องปฏิบัติการ พร้อมกำหนดรหัสตัวอย่าง A–G เพื่อป้องกันความลำเอียงในการวิเคราะห์ อนึ่ง ข้อมูลเลขล็อตการผลิต วันผลิตและวันหมดอายุ ตลอดจนสภาพการเก็บรักษาระหว่างการขนส่งของผลิตภัณฑ์ออนไลน์บางรายการไม่ได้ระบุครบถ้วนบนฉลาก จึงไม่ได้บันทึกอย่างเป็นระบบในการศึกษานี้ และถือเป็นข้อจำกัดด้านข้อมูลที่ควรปรับปรุงในการศึกษาต่อไป

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมดำเนินการด้วยเทคนิค Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry (ICP-MS) ผลการวิเคราะห์รายงานเป็นหน่วยมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) พร้อมค่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ (Limit of Detection; LOD) โดยค่า LOD ของตะกั่วและแคดเมียมเท่ากับ 0.040 และ 0.020 mg/kg ตามลำดับ โดยตัวอย่างผ่านการย่อยด้วยกรด (acid digestion) ก่อนนำเข้าวิเคราะห์ ทั้งนี้ รายละเอียดเชิงตัวเลขของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (method validation) เช่น ค่า LOQ ร้อยละการคืนกลับจากตัวอย่างเติมสาร (spiked sample) หรือวัสดุอ้างอิงรับรอง (certified reference material; CRM) ช่วงการสอบเทียบ และค่าความเป็นเส้นตรง ไม่ได้ระบุไว้ในรายงานผลที่ผู้วิจัยได้รับ จึงนำเสนอในเชิงคุณภาพและระบุเป็นข้อจำกัดของการศึกษา

การตรวจวิเคราะห์ดำเนินการภายใต้ระบบประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ (Quality Assurance/Quality Control; QA/QC) ของห้องปฏิบัติการ โดยครอบคลุมการสอบเทียบเครื่องมือ การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ การประเมินความเที่ยงตรงของผลการวิเคราะห์ และการ

ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องมือก่อนการทดสอบ เพื่อให้ผลการตรวจวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือและเหมาะสม สำหรับการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยอาหาร ทั้งนี้ กระบวนการควบคุมคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองยังครอบคลุมการตรวจสอบร้อยละการคืนกลับ (recovery) เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 มาตรฐาน Codex Alimentarius และแนวทางของ WHO/FAO เพื่อประเมินระดับความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทย เนื่องจากผลการตรวจวัดของทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัด (left-censored data) การวิเคราะห์จึงใช้อัตราการตรวจพบและอัตราการผ่านเกณฑ์มาตรฐานเป็นหลัก โดยไม่สามารถคำนวณค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) ได้ เพราะไม่มีค่าความเข้มข้นเชิงตัวเลขที่วัดได้เหนือค่า LOD

ผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณสารโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทย จำนวน 7 ตัวอย่าง พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างไม่ตรวจพบการปนเปื้อนของตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) โดยมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ (Limit of Detection; LOD) ซึ่งสำหรับตะกั่วมีค่า LOD เท่ากับ 0.040 mg/kg และแคดเมียมมีค่า LOD เท่ากับ 0.020 mg/kg ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 มาตรฐาน Codex Alimentarius (CXS 193-1995) และแนวทางขององค์การอนามัยโลกและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (WHO/FAO) พบว่าผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่ศึกษามีความปลอดภัยด้านการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งสองชนิด เมื่อสรุปในเชิงปริมาณ พบว่าอัตราการตรวจพบเท่ากับร้อยละ 0 (0/7 ตัวอย่าง) และทุกตัวอย่างผ่านเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย คิดเป็นร้อยละ 100 (7/7 ตัวอย่าง) โดยค่าที่รายงานเป็นขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ (method LOD) ซึ่งเป็นค่าของวิธี ไม่ใช่ของตัวเครื่องมือ ทั้งนี้ การศึกษาได้ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างละ 1 ครั้ง โดยไม่มีการวิเคราะห์ซ้ำ (replicate) ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดประการหนึ่ง อนึ่ง ผลการตรวจที่ระบุว่า “ไม่พบ” ไม่ได้หมายความว่าตัวอย่างปราศจากสารปนเปื้อนโดยสิ้นเชิง แต่หมายถึงปริมาณที่มีอยู่ (หากมี) อยู่ในระดับต่ำกว่าที่วิธีวิเคราะห์จะตรวจจับได้ อย่างไรก็ตาม การยืนยันความน่าเชื่อถือของค่า “< LOD” ยังจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เช่น ค่า LOQ ร้อยละการคืนกลับ ค่าความเที่ยง (RSD) และค่าความไม่แน่นอนของการวัด ซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในรายงานผลที่ได้รับในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์

ผลิตภัณฑ์	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	ผลการประเมิน
A	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์
B	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์
C	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์
D	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์
E	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์
F	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์
G	<0.040	<0.020	ผ่านเกณฑ์

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์จำนวน 7 ตัวอย่าง ไม่ตรวจพบการปนเปื้อนของตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในระดับที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ โดยค่าที่ตรวจวัดได้ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ และต่ำกว่าค่ามาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 มาตรฐาน Codex Alimentarius และแนวทาง WHO/FAO ผลดังกล่าวอาจสะท้อนว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษามีการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบและกระบวนการผลิตในระดับที่เหมาะสม จึงไม่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักทั้งสองชนิดในตัวอย่างที่ศึกษา

อย่างไรก็ตาม ในการแปลผลจำเป็นต้องพิจารณาศักยภาพและข้อจำกัดของวิธีวิเคราะห์ประกอบด้วย แม้เทคนิค ICP-MS จะมีความไวสูงและสามารถตรวจวัดโลหะหนักในระดับไมโครกรัมต่อกิโลกรัมได้ แต่ผลลัพธ์ที่เป็นค่า “< LOD” ทั้งหมดยังมีโอกาสเกิดผลลบลวง (false negative) ได้ หากตัวอย่างมีการปนเปื้อนจริงในระดับที่ต่ำกว่าค่า LOD ของวิธีการตรวจ ด้วยเหตุนี้ ผลการศึกษาจึงบ่งชี้ได้เพียงว่าการปนเปื้อน (หากมี) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าค่าดังกล่าว แต่ยังไม่อาจยืนยันได้ว่าผลิตภัณฑ์ปราศจากตะกั่วและแคดเมียมโดยสิ้นเชิง

เมื่อพิจารณาร่วมกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าผลการศึกษามีความสอดคล้องกับรายงานของ Mania และคณะ Islam และคณะ และ Tchounwou และคณะ ที่ระบุว่าระดับการปนเปื้อนของโลหะหนักในพืชและผลิตภัณฑ์จากผลไม้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ คุณภาพของดิน แหล่งน้ำ สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก แหล่งที่มาของวัตถุดิบ และกระบวนการผลิต ดังนั้น การไม่พบตะกั่วและแคดเมียมในการศึกษาครั้งนี้จึงอาจเกิดจากวัตถุดิบมีการปนเปื้อนต่ำ หรือผลิตภัณฑ์มีการควบคุมคุณภาพที่ดี อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้สะท้อนเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจวิเคราะห์เท่านั้น ไม่สามารถสรุปแทนผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดทั้งหมดที่จำหน่ายในประเทศไทยได้ เมื่อเปรียบเทียบเชิงปริมาณ ผลการศึกษานี้ที่ตรวจไม่พบตะกั่วและแคดเมียมในทุกตัวอย่าง (0/7) สอดคล้องกับแนวโน้มของงานวิจัยก่อนหน้าที่รายงานว่าการปนเปื้อนโลหะหนักในผลไม้และผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีการควบคุมคุณภาพมักอยู่ในระดับต่ำและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

ในด้านการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค แม้ผลการตรวจวิเคราะห์ตะกั่วและแคดเมียมในผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดทุกตัวอย่างจะต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ แต่เพื่อพิจารณาในด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเพิ่มเติม การศึกษานี้จึงประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นโดยใช้ค่า LOD เป็นค่าความ

เข้มข้นสูงสุดที่อาจพบได้ของโลหะหนักในผลิตภัณฑ์ ภายใต้สมมติฐานการบริโภคผงอะโวคาโด 20 กรัมต่อวัน ในน้ำหนักตัวผู้ใหญ่ 60 กิโลกรัม ผลการประเมินค่า Estimated Daily Intake (EDI), Target Hazard Quotient (THQ) และ Hazard Index (HI) พบว่า ค่า THQ ของตะกั่วและแคดเมียมมีค่าน้อยกว่า 1 และค่า HI รวมเท่ากับ 0.0100 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ที่ใช้บ่งชี้ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในอาหาร

ตารางที่ 2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเบื้องต้นจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโด

โลหะหนัก	ความเข้มข้นที่ใช้ประเมิน (mg/kg)	EDI (mg/kg bw/day)	THQ	การแปลผล
ตะกั่ว (Pb)	0.040	1.33×10^{-5}	0.0033	ไม่เกินเกณฑ์ที่ใช้บ่งชี้ความเสี่ยงต่อสุขภาพ
แคดเมียม (Cd)	0.020	6.67×10^{-6}	0.0067	ไม่เกินเกณฑ์ที่ใช้บ่งชี้ความเสี่ยงต่อสุขภาพ

อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านการคัดเลือกตัวอย่าง เนื่องจากใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ โดยคัดเลือกเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่สามารถสั่งซื้อได้จริง มียอดจำหน่าย สะท้อนความนิยม และมีข้อมูลการจำหน่ายชัดเจน ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะซ้ำกัน มีข้อมูลยอดจำหน่ายไม่เพียงพอต่อการสะท้อนความนิยมของผู้บริโภค หรือไม่มีความเคลื่อนไหวของช่องทางการจำหน่ายเป็นระยะเวลานาน จึงไม่ถูกนำมาศึกษาดังนั้น

ผลการวิจัยจึงสะท้อนเฉพาะกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกในช่วงเวลาที่ศึกษาและยังไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดทั้งหมดที่จำหน่ายในประเทศไทยได้ ทั้งนี้ การกำหนดจำนวนตัวอย่างเท่ากับ 7 ตัวอย่าง เป็นไปตามลักษณะของการศึกษาเชิงสำรวจเบื้องต้น (exploratory survey) และสะท้อนจำนวนผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่เข้าเกณฑ์และมีจำหน่ายจริงในตลาดออนไลน์ในช่วงเวลาที่ศึกษาซึ่งยังมีจำนวนจำกัด จึงถือเป็นข้อจำกัดด้านขนาดตัวอย่างที่ควรขยายให้ครอบคลุมมากขึ้นในการศึกษาต่อไป

แม้ผลการศึกษาจะอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย แต่ผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์มีความหลากหลายด้านแหล่งผลิต แหล่งวัตถุดิบ และมาตรฐานการควบคุมคุณภาพ อีกทั้งผลิตภัณฑ์บางรายการยังไม่มีข้อมูลแหล่งที่มาหรือการรับรองมาตรฐานอย่างชัดเจนจึงควรมีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักอย่างต่อเนื่อง รวมถึงส่งเสริมระบบตรวจสอบย้อนกลับ เพื่อเพิ่มความโปร่งใสและสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดที่จำหน่ายผ่านช่องทางออนไลน์ในประเทศไทยจำนวน 7 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณตะกั่วและแคดเมียมในทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ (ตะกั่ว < 0.040 และแคดเมียม < 0.020 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) คิดเป็นอัตราการตรวจพบร้อยละ 0 และผ่านเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยครบทุกตัวอย่าง (ร้อยละ 100) สอดคล้องกับผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพเบื้องต้นที่มีค่า Hazard Index น้อยกว่า 1 บ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มตัวอย่างมีความปลอดภัยเฉพาะด้านการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมภายใต้ขอบเขตของการศึกษา และเนื่องจากขนาดตัวอย่างที่จำกัด ผลการศึกษาจึงยังไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดทั้งหมดในตลาดได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้และการศึกษาต่อยอดในอนาคต ดังต่อไปนี้

ประการแรก ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดให้ครอบคลุมหลายยี่ห้อ หลายแหล่งผลิต หลายล็อตการผลิตและหลายช่วงเวลาการผลิต เพื่อให้ผลการศึกษาสามารถสะท้อนสถานการณ์การปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้นและลดข้อจำกัดจากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงในงานวิจัยครั้งนี้

ประการที่สอง ควรขยายการตรวจวิเคราะห์ไปยังโลหะหนักชนิดอื่น เช่น สารหนู (As) และปรอท (Hg) รวมทั้งสารปนเปื้อนอื่นที่อาจพบได้ในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป เพื่อให้การประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ผงอะโวคาโดมีความสมบูรณ์มากขึ้น

อีกทั้งในการศึกษาต่อไปควรขอข้อมูลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (method validation) จากห้องปฏิบัติการให้ครบถ้วน ได้แก่ ค่า LOQ ร้อยละการคืนกลับ (recovery) จากตัวอย่างเติมสารหรือวัสดุอ้างอิงรับรอง ช่วงการสอบเทียบ ค่าความเที่ยง (RSD) และค่าความไม่แน่นอนของการวัด รวมทั้งจัดให้มีการวิเคราะห์ซ้ำ (replicate) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและยืนยันผลการตรวจที่มีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัด

นอกจากนี้ ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการแสดงข้อมูลบนฉลากอย่างชัดเจน เช่น แหล่งผลิต แหล่งที่มาของวัตถุดิบ เลขทะเบียนผลิตภัณฑ์ และมาตรฐานการรับรองที่เกี่ยวข้อง รวมถึงพัฒนาระบบตรวจสอบย้อนกลับ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภคและสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพให้มีคุณภาพและความปลอดภัยอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. Huang KM, Guan Z, Blare T, Hammami AM. Global avocado boom. Choices. 2023;38(4):1-9. doi:10.22004/ag.econ.338212.
2. Kader AA, editor. Postharvest technology of horticultural crops. 3rd ed. Oakland (CA): University of California, Agriculture and Natural Resources; 2002 [cited 2025 Mar 14]. Available from: https://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2030
3. Yahia EM, editor. Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Volume 2: Acai to citrus. Cambridge (UK): Woodhead Publishing; 2011. doi:10.1533/9780857092885.
4. Jaishankar M, Tseten T, Anbalagan N, Mathew BB, Beeregowda KN. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdiscip Toxicol. 2014;7(2):60-72. doi:10.2478/intox-2014-0009.
5. Al-Othman ZA, Ali R, Naushad M. Heavy metals in fruits and vegetables: contamination and health risk. Arab J Chem. 2016;9(S1):S1556-S1564. doi:10.1016/j.arabjc.2014.11.023.
6. Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. Food Chem Toxicol. 2009;47(3):583-591. doi:10.1016/j.fct.2008.12.016.
7. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. In: Molecular, Clinical and Environmental Toxicology. Volume 3: Environmental Toxicology. Andreas Luch, editor. Basel: Springer; 2012. p. 133-164. doi:10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
8. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report. Geneva: World Health Organization; 2011. (WHO Technical Report Series; No. 960).
9. Mania M, Rebeniak M, Chabros E, Orshulyak O, Postupolski J. The content of lead, cadmium, arsenic, mercury and tin in fruit and their products based on monitoring studies: exposure assessment. Rocz Panstw Zakl Hig. 2021;72(4):353-360. doi:10.32394/rpzh.2021.0188.
10. Islam MH, Nowar A, Islam S, Nayan MM, Jubayer A. A systematic review on heavy metals contamination in Bangladeshi fruits and their associated health risks. Environ Health Insights. 2024;18:11786302241309280. doi:10.1177/11786302241309280.

11. Thomas R. Practical guide to ICP-MS: a tutorial for beginners. 2nd ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2008.
12. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. รายงานสรุปผลการดำเนินงานอาหารปลอดภัย (Food Safety) ประจำปีงบประมาณ 2564. นนทบุรี: สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์; 2565.

การตรวจหาปริมาณวิตามิน B12 ในเทมเป้ที่ขายในตลาดกรุงเทพฯและออนไลน์

SURVEY AND MEASUREMENT OF VITAMIN B12 CONTENT IN TEMPEH SOLD IN BANGKOK AND ONLINE MARKET

อาณัติ อธิคมปัญญาวงศ์*

ARNAT ATHIKOMPANYAWONG

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: arnata@yahoo.com

เอกราช บำรุงพืชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน กระแสการบริโภคอาหารมังสวิรัติ วีแกน และเจ มีความนิยมเพิ่มมากขึ้นที่ไม่รับประทานผลิตภัณฑ์ที่มาจากสัตว์ เช่น นม ไข่ เนื้อสัตว์ ทำให้เกิดสภาวะขาดวิตามิน B12 ที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายในเรื่องของระบบเลือดและระบบประสาท ซึ่งจากค้นคว้างานวิจัยพบว่าในเทมเป้ มีปริมาณวิตามิน B12 อยู่ ซึ่งจะเป็นทางเลือกที่ดี ที่ทำให้คนที่รับประทานอาหารแนวนี้ มีทางเลือกที่มากขึ้น และมีรสชาติที่อร่อย วัตถุประสงค์คือเพื่อตรวจหาปริมาณวิตามิน B12 ในเทมเป้ เมื่อเทียบกับปริมาณที่ Recommended Dietary Allowance หรือ RDA กำหนดไว้คือ 2.4 ไมโครกรัม/วัน โดยเก็บตัวอย่างเทมเป้ที่วางขายในตลาด กทม. และออนไลน์ โดยเน้นผลิตภัณฑ์ที่สามารถระบุผู้ผลิตได้ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณวิตามิน B12 ด้วยเทคนิควิธี LC-MS ซึ่งมีความน่าเชื่อถือ ทั้งเทมเป้สดและเทมเป้อบกรอบ จำนวน 7 ตัวอย่าง โดยไม่ได้สุ่มตัวอย่าง เป็นการเก็บตัวอย่างทั้งหมดที่มีขายในตลาด ตรวจพบว่าปริมาณวิตามิน B12 ตั้งแต่ 0.00–0.00744 ไมโครกรัม/100 กรัมในเทมเป้สด และ 0.01413-0.09154 ไมโครกรัม/100 กรัม ในเทมเป้กรอบ เมื่อเทียบกับปริมาณที่ RDA กำหนดไว้ต่อวัน คือ 2.4 ไมโครกรัม ผลการศึกษาครั้งนี้ ทำให้รับรู้ว่า ปริมาณวิตามิน B12 ในเทมเป้ มีปริมาณที่น้อยมาก ดังนั้นคนที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ วีแกน และเจ ถ้าต้องการวิตามิน B12 ควรจะมีแหล่งอาหารอื่นๆ เพื่อชดเชยปริมาณวิตามิน B12 ที่ขาดแคลนจากอาหาร

คำสำคัญ: เทมเป้ วิตามิน B12

Abstract

Currently, the trend of consuming vegetarian, vegan, and “Jay” (Thai Buddhist vegan) diets is increasing. These diets exclude animal products such as milk, eggs, and meat, leading to a higher risk of vitamin B12 deficiency, a vitamin essential for the circulatory and nervous systems. Research indicates that tempeh contains vitamin B12, making it a potentially good alternative that offers variety and good taste for those following these dietary paths. The objective is to determine the amount of vitamin B12 in tempeh and compare it with the Recommended Dietary Allowance (RDA) of 2.4 micrograms per day. Tempeh samples sold in Bangkok markets and online channels were collected, focusing on products with identifiable manufacturers, not random. A total of 7 samples, comprising both fresh and crispy tempeh, were analyzed by the technique LC-MS to determine their Vitamin B12 content. Vitamin B12 was detected from 0.00-0.00744 micrograms per 100 grams in fresh tempeh and 0.01413-0.09154 micrograms per 100 grams in crispy when compared to the daily RDA of 2.4 micrograms. The results of this study indicate that the vitamin B12 content in tempeh is minimal. Therefore, individuals following vegetarian, vegan, and Jay diets who require vitamin B12 should seek other food sources to compensate for vitamin B12 deficiency in their diet.

Keywords: Tempeh, Vitamin B12

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน คนไทยที่หันมารับประทานอาหาร ประเภทมังสวิรัติ เจ หรือ วีแกน มากขึ้น เหตุผลส่วนหนึ่งมาจากได้รับอิทธิพลจากแนวความคิดของชาติตะวันตก ที่หันมานิยมบริโภควีแกน ที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ที่มาจากสัตว์ เช่น ไข่ นม น้ำผึ้ง ด้วยเหตุผลด้านสุขภาพ และเหตุผลด้านจริยธรรม คุณธรรม การไม่เบียดเบียนสิ่งมีชีวิต และใส่ใจสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ดี การกินอาหารมังสวิรัติและเจนั้น มีมานานนับพันปี ในแนวความคิดของชาวตะวันออก เช่น อินเดียและจีนโบราณ สำหรับอาหารเจ ที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์ นมและไข่แล้ว ยังไม่รับประทานพืชบางชนิด ที่ทำให้จิตและสมาธิไม่มั่นคง เช่น หอม กระเทียม ใบกุ้ยช่าย ส่วนชาวอินเดีย อาหารมังสวิรัติสามารถจะมีหอม กระเทียมและนม แต่ไม่มีไข่ เนื่องจากรับประทานนมได้ ดังนั้น ในกลุ่มชาวอินเดีย จึงไม่มีปัญหาการขาดวิตามิน B12 เพราะ B12 นั้นมีมากในนมวัว อย่างไรก็ดี ปัญหาสำคัญของคนกลุ่มเจและวีแกน คือ มักจะพบปัญหาการขาดวิตามิน B12 หรือ Cobalamin[1]

ข้อมูลโภชนาการ
เต็มเป

แหล่งข้อมูลประกอบ: USDA

ปริมาณต่อ 100 g			
แคลอรี (kcal) 192			
ไขมันทั้งหมด 11 g			
ไขมันอิ่มตัว 2.2 g			
คอเลสเตอรอล 0 mg			
โซเดียม 9 mg			
โพแทสเซียม 412 mg			
คาร์โบไฮเดรต 9 g			
โปรตีน 19 g			
วิตามินซี	0 mg	แคลเซียม	111 mg
เหล็ก	2.7 mg	วิตามินดี	0 IU
วิตามินบี6	0.2 mg	วิตามินบี12	0.1 µg
แมกนีเซียม	81 mg		

ภาพที่ 1 ข้อมูลโภชนาการ เต็มเป้

จากข้อมูลของ USDA พบปริมาณวิตามิน B12 ในปริมาณ 0.1 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม จากภาพที่ 1

อาการของคนที่ขาด Vitamin B12 คือ มีอาการซีดจากภาวะโลหิตจาง หรือมีอาการตัวเหลือง, การทำงานของระบบประสาทผิดปกติ, มีการรับรู้ช้าลง, หลงลืมได้ง่าย, มีอาการชาตามปลายมือปลายเท้า, อ่อนเพลีย ไม่มีแรง, เบื่ออาหาร คนที่รับประทานอาหารแบบปกติ มักจะได้รับวิตามิน B12 จาก เนื้อสัตว์, ปลา, หอย, นม, โยเกิร์ต, ไข่, ชีส, สาหร่าย[2] แต่สำหรับคนที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ ถ้าไม่มี นมและไข่ จะได้รับ B12 จากอาหารหมักดอง, Nutrition Yeast, สาหร่ายโนริ, เห็ด Shitake, และเทมเป้[3] ยกตัวอย่าง เช่น สาหร่ายวากาเมะ 0.08 mcg/100g, เห็ดชิตาเกะ 5.61 mcg/100g, กิมจิ 0.06-0.86 mcg/100g, Soy

Yogurt 18 mcg/100g, ซีอิ๊วขาว 0.0-0.04 mcg/100g, เทมเป้ถั่วเหลือง 0.4-6.3 mcg/100g, เทมเป้ถั่วลิมปิม 33.7-123 mcg/100g, ในถั่วเหลืองและเต้าหู้ ไม่พบ B12[4]

ในเทมเป้ถั่วเหลือง มีวิตามิน B12 มากที่สุดในแง่ของอาหารคาว และเหมาะกับอาหารมังสวิรัติของอินเดียบางกลุ่มที่ไม่กินเห็ด จึงเลือกเทมเป้ถั่วเหลืองมาทำการวิจัย เนื่องจาก เทมเป้ทำมาจากถั่วเหลือง มีรสชาติหอมอร่อย เป็นที่ชื่นชอบของคนกินมังสวิรัติ เจและวีแกนอยู่แล้ว ปัจจุบัน เทมเป้ เริ่มเป็นที่รู้จักในเมืองไทยมาเป็นเวลา 4-5 ปีที่ผ่านมาเท่านั้น (จากการสังเกตด้วยตัวผู้วิจัยเอง) แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายหรือเป็นที่รู้จักมากนัก ในซุปเปอร์มาร์เก็ตในเขตกรุงเทพฯ ยังไม่มีวางจำหน่าย รวมทั้งพนักงานเอง ก็ไม่รู้จัก เท่าที่สำรวจในตลาดกรุงเทพ มีเพียง Lemon Farm, Gourmet Market (The Mall), Golden Place และที่ร้านค้าของชุมชนสันติอโศก เพื่อเป็นอาหารอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับคนกินมังสวิรัติ เจและวีแกน ที่ไม่ต้องรับประทานพวก Ultra High Process Plant Base Meet ที่มีสารเคมีปรุงแต่งและขั้นตอนการผลิตมากมาย ไม่เป็นผลดีต่อสุขภาพ สำหรับเทมเป้ ที่ผู้วิจัยเลือกศึกษานั้น ผู้วิจัยเลือกศึกษาเทมเป้จากตลาดที่เข้าถึงง่าย มียี่ห้อที่ชัดเจน ระบุผู้ผลิตได้ รวมถึงอาจจะมีเลขสารบบของ อย. ก็จะทำให้ตรวจสอบได้ง่ายยิ่งขึ้น เพราะโรงงานผู้ผลิตจะต้องมีใบอนุญาตเป็นผู้ผลิตอาหาร ผ่านระบบ GMP420

การที่ร่างกายมีวิตามิน B12 ที่พอเพียง ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องสุขภาพ รวมทั้งการที่ได้รับวิตามิน B12 ที่มาจากอาหารที่มาจากพืช จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ที่รับประทานอาหาร เจ วีแกน หรือมังสวิรัติ เพื่อการรักษาจิตวิญญาณที่ไม่ฆ่าสัตว์ เพื่อการเข้าถึงสมาธิได้ดีและมีสุขภาพที่ดี

วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาปริมาณวิตามิน B12 ในผลิตภัณฑ์เทมเป้ จากแหล่งต่างๆ

วิธีดำเนินงานวิจัย

การเก็บตัวอย่าง

การคัดเลือกตัวอย่าง ใช้หลักเกณฑ์ดังนี้

1. มีตราผลิตภัณฑ์ชัดเจน
2. ระบุชื่อ/ที่อยู่ผู้ผลิต
3. เป็นเทมเป้ที่ผลิตจากถั่วเหลืองเท่านั้น เพราะ เป็นที่นิยมและมีจำหน่ายมากที่สุด

การสำรวจตลาดในกรุงเทพ และออนไลน์ ในตลาดที่ในซุปเปอร์มาร์เก็ต พบผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จำหน่าย มีเพียง 4 ตราผลิตภัณฑ์ ที่เป็นเทมเป้สด ที่ขายในซุปเปอร์มาณเก็ต และ 3 ตราผลิตภัณฑ์ ที่เป็นเทมเป้อบแห้ง ส่วนอีก 1 ตราผลิตภัณฑ์ เป็นเพียงชนิดเดียวของเทมเป้สดที่ขายในออนไลน์ ที่ผู้วิจัย รู้จักผู้ผลิตรายนี้ นอกนั้นในตลาดออนไลน์ จะไม่ได้ระบุชื่อผู้ผลิต ทั้งหมดนี้ จึงไม่ได้เป็นการสุ่มตัวอย่าง แต่เป็นการเก็บตัวอย่างทั้งหมดที่มีตามเงื่อนไข

โดยหลังจากที่ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดแล้ว ไม่ได้มีการสุ่ม จะทำการปิดตราผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

1. ทำการแบ่งวิเคราะห์เป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กลุ่มเทมเป้สดที่ผลิตจากโรงงานผลิตและอาจมีเลขสารบบของ อย. กลุ่มเทมเป้สดที่ผลิตขายออนไลน์แบบโฮมเมด และ 2. กลุ่มเทมเป้อบกรอบเป็นสแน็ค โดยทำการปิดสลากยี่ห้อและตราผลิตภัณฑ์ ก่อนส่งบริษัทเพื่อตรวจสอบปริมาณ B12

	Sample No.	ปริมาณ B12 (Microgram/100G)
1.	เทมเป้สด A	
2.	เทมเป้สด B	
3.	เทมเป้สด C	
4.	เทมเป้สด D	
5.	เทมเป้กรอบ E	
6.	เทมเป้กรอบ F	
7.	เทมเป้กรอบ G	

2. จัดส่งเทมเป้สดและอบกรอบ ทั้ง 7 ตัวอย่าง ไปที่

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสมุทรสาคร
23/13 หมู่ 9 ต.โคกขาม อ.เมืองสมุทรสาคร จ.สมุทรสาคร 74000 สาขาที่ 00004
เบอร์โทร : 034 410 881-3 มือถือ: 086 341 9269 แฟกซ์ : 034 410 884
http://www.centrallabthai.com
อีเมล์: support_ss@centrallabthai.com , customer_ss@centrallabthai.com

ขั้นตอนการวิจัย

1. ทำการแบ่งกลุ่ม เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเทมเป้สด และ เทมเป้อบกรอบ
2. จัดส่งตัวอย่างเทมเป้ ทั้ง 7 ตัวอย่าง ไปยัง บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสมุทรสาคร
3. รอผลการตรวจวิเคราะห์ Vitamin B12 Cobalamin ด้วยวิธี LC-MS in house method based on Analytica Chimica Acta659 (2006) 169-175

สถานที่ทำการทดสอบ

บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสมุทรสาคร
23/13 หมู่ 9 ต.โคกขาม อ.เมืองสมุทรสาคร จ.สมุทรสาคร 74000 สาขาที่ 00004
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี TAX ID 0105546096453
เบอร์โทร : 034 410 881-3 มือถือ: 086 341 9269 แฟกซ์ : 034 410 884 http://www.centrallabthai.com
อีเมล์ : support_ss@centrallabthai.com , customer_ss@centrallabthai.com
บัญชีออมทรัพย์ ธนาคารกรุงเทพ สาขาบางเขน เลขที่ 161-5-54505-8 ชื่อบัญชี บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

ผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามิน B12 ในผลิตภัณฑ์เทมเป้ โดยการตรวจหาปริมาณวิตามิน B12 ในเทมเป้ที่ขายในตลาด กทม./ออนไลน์ จำนวน 7 ตัวอย่าง โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เทมเป้สด (จำนวน 4 ตัวอย่าง) และเทมเป้ชนิดกรอบ snack (จำนวน 3 ตัวอย่าง) และ

นำส่งตรวจทั้งหมด ไปที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด การตรวจวิเคราะห์ Vitamin B12 Cobalamin ด้วยวิธี LC-MS in house method based on Analytica Chimica Acta659 (2006) 169-175 โดยผลการวิเคราะห์แสดงผลเป็นดังนี้:

ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

ผู้ศึกษาได้กำหนดรหัสแทนชื่อประเภทของตัวอย่างผลิตภัณฑ์แต่ละแบบ ดังนี้ คือ A B C D E F และ G ดังที่แสดงใน ตารางที่ 1 โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวระบุไว้ด้วย

1. กลุ่มเทมเป้สด
   ทั้ง 4 ตัวอย่างไม่พบปริมาณวิตามิน B12 พบว่าไม่มีสัญญาณของวิตามิน B12 ในค่าที่ตรวจจับได้ และมีเพียงตัวอย่างเดียว ที่พบวิตามิน B12 ในปริมาณที่น้อยมาก คือ 0.00744 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม คือ ทั้งนี้ตัวอย่างทั้งหมดถูกแช่แข็งก่อนนำมาตรวจวิเคราะห์
2. กลุ่มเทมเป้แบบกรอบ
   พบวิตามิน B12 ในระดับเล็กน้อยในทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยอยู่ในช่วง 0.01413 - 0.01954 ไมโครกรัมต่อ 100 กรัม เทมเป้ชนิดกรอบ snack ไม่ผ่านการแช่แข็งก่อนการตรวจวิเคราะห์ เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง

ตารางที่ 1 สรุปผลการตรวจวิเคราะห์วิตามิน B12: จำนวน 7 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

เทมเป้ตัวอย่าง	การเก็บรักษาก่อนตรวจ	ปริมาณวิตามิน B12 ที่ตรวจพบ (µg/100g)
เทมเป้สด A	แช่แข็ง	Not Detected
เทมเป้สด B	แช่แข็ง	Not Detected
เทมเป้สด C	แช่แข็ง	Not Detected
เทมเป้สด D	แช่แข็ง	0.00744
เทมเป้กรอบ E	อุณหภูมิห้อง	0.09154
เทมเป้กรอบ F	อุณหภูมิห้อง	0.01413
เทมเป้กรอบ G	อุณหภูมิห้อง	0.01476

สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามิน B12 ในผลิตภัณฑ์เทมเป้สดและเทมเป้กรอบที่จำหน่ายในกรุงเทพฯและช่องทางออนไลน์ โดยใช้เทคนิค LC-MS ซึ่งมีความแม่นยำสูง ผลการตรวจพบว่าเทมเป้สดส่วนใหญ่ไม่พบวิตามิน B12 หรือพบในปริมาณต่ำมาก (สูงสุด 0.00744 µg/100g) ขณะที่เทมเป้กรอบมีการตรวจพบในทุกตัวอย่าง แต่ยังอยู่ในระดับต่ำมาก (0.01413–0.09154 µg/100g) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Recommended Dietary Allowance (RDA) 2.4 µg/วัน พบว่าปริมาณวิตามิน B12 ที่ตรวจพบไม่สามารถตอบสนองความต้องการต่อวันได้

ดังนั้น เทมเป้ที่จำหน่ายในประเทศไทยไม่สามารถเป็นแหล่งหลักของวิตามิน B12 สำหรับผู้บริโภคที่รับประทานอาหารมังสวิรัติ วีแกน และอาหารเจ ผู้บริโภคกลุ่มนี้ควรพิจารณาแหล่งอาหารอื่นที่มีวิตามิน B12 สูงกว่า หรือใช้ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อป้องกันภาวะขาดวิตามิน

อภิปรายผล

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า เช่น Watanabe (2007) และ Brito et al. (2022) ที่รายงานว่าอาหารหมักบางชนิดอาจมีวิตามิน B12 แต่ในปริมาณต่ำและไม่สม่ำเสมอ ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ ได้แก่:

1. กระบวนการเก็บรักษา เทมเป้สดที่ผ่านการแช่แข็งก่อนตรวจอาจทำให้วิตามิน B12 สลายตัว เนื่องจากวิตามินนี้ไวต่ออุณหภูมิ แสง และออกซิเจน ขณะที่เทมเป้กรอบที่เก็บในอุณหภูมิห้องอาจคงปริมาณได้ดีกว่า แม้จะยังอยู่ในระดับต่ำ
2. สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก งานวิจัยบางชิ้นระบุว่า Rhizopus oligosporus และจุลินทรีย์บางสายพันธุ์สามารถผลิตวิตามิน B12 ได้ แต่ไม่ใช่ทุกสายพันธุ์ที่มีความสามารถนี้ ซึ่งอาจอธิบายความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง

ข้อจำกัดของการศึกษา

- จำนวนตัวอย่างค่อนข้างน้อย (7 ตัวอย่าง) และไม่ได้สุ่มเชิงสถิติ
- ไม่ได้ควบคุมสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก
- ไม่มีการเปรียบเทียบก่อนและหลังการแช่แข็งอย่างเป็นระบบ

สาเหตุที่ไม่พบวิตามิน B12 ในเทมเป้สด อาจเกิดจากกระบวนการแช่แข็ง (freeze) ที่ส่งผลให้วิตามิน B12 ซึ่งไวต่อความอุณหภูมิ แสง และออกซิเจน สลายตัวไปก่อนการตรวจวิเคราะห์ ในทางกลับกัน เทมเป้กรอบแบบ snack ซึ่งไม่ผ่านการแช่แข็ง อาจคงปริมาณวิตามิน B12 ได้ดีกว่า แม้จะอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยบางชิ้นที่ระบุว่า การแช่แข็งและการเก็บรักษานานมีผลต่อการคงอยู่ของวิตามิน B12

อีกปัจจัยหนึ่งที่อาจมีผลคือสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเทมเป้ ซึ่งบางสายพันธุ์สามารถผลิตวิตามิน B12 ได้ ในขณะที่บางสายพันธุ์ไม่สามารถผลิตได้เลย

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษาผลของกระบวนการแช่แข็งต่อการสลายของวิตามิน B12 โดยเปรียบเทียบตัวอย่างก่อนและหลังการแช่แข็ง
- ควรศึกษาการผลิตเทมเป้โดยใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ที่สามารถผลิตวิตามิน B12 ได้
- ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่าง และควบคุมตัวแปรให้ชัดเจน เช่น วิธีการเก็บรักษา อายุการเก็บ และชนิดของถั่วที่ใช้ผลิตเทมเป้

เอกสารอ้างอิง

1. Wolfgang Herrmann. Vitamin B12 Deficiency in Vegetarians. Science Direct. 2017, 791-808.
2. Fumio Watanabe. Vitamin B12 sources and bioavailability. Exp Biol Med (Maywood). 2007.
3. Natalie Silver. Vitamin B12 Foods for Vegetarians. [Internet]. (2020). Available from https://www.healthline.com/health/vitamin-b12-foods-for-vegetarians
4. Beatriz Marques de Brito, Vinícius de Menezes Campos, Félix Jesus Neves, Luiz Roberto Ramos, Luciana Yuki Tomita. Vitamin B12 sources in non-animal foods. Crit Rev Food Sci Nutr. 2022.
5. ผศ. ดร.ภญ.จิราพร เลื่อนผลเจริญชัย, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. เทมเป้ (Tempeh) อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ. [Internet]. เข้าถึงได้จาก https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/687//
6. POBPAD. [Internet]. (2022). เข้าถึงได้จาก https://www.pobpad.com/%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B9%89-%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%B8%E0%B8%82%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%9E
7. Nature Kombucha. วิธีทำ เทมเป้ (Tempeh) 101 ฉบับมือใหม่. [Internet]. (2565). เข้าถึงได้จาก https://www.naturekombuchath.com/post/%E0%B8%A7%E0%B8%B4%E0%B8%98%E0%B8%B5%E0%B8%97%E0%B8%B3-%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A1%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B9%89-tempeh-101-%E0%B8%89%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%88
8. โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์. วิตามินบี 12 เสี่ยงขาดได้ แบบไม่รู้ตัว. [Internet]. (2563) เข้าถึงได้จาก https://www.bumrungrad.com/th/health-blog/may-2020/vitamin-b12-deficiency
9. Beatriz Marques de Brito, Vinícius de Menezes Campos, Félix Jesus Neves , Luiz Roberto Ramos and Luciana Yuki Tomita. Vitamin B12 sources in non-animal foods: a systematic review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.2023, VOL. 63, NO. 26, 7853–7867
10. Sant Chaiyodsilp, MD; Sirada Phuriwattanapong, MD; Weerapong Chaiyaphak, MD; Somwong Chaiyodsilp, MD; Phasuk Pruisart, MSc. Determination of Vitamin B12 Deficiency Status in Vegan and Non-Vegan Thais by Assessment of Homocysteine Level. The Bangkok Medical Journal Vol. 17, No.1; February 2021
11. Suvit Areekul, Cheeraratana Cheeramakara, Somsee Nitayapabskoon, The Source and Content of Vitamin B12 of the Tempeh. 1989.

ภาวะอ้วนและพฤติกรรมการนอนหลับปัจจัยเสี่ยงต่ออาการหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้นในประชากรไทย

OBESITY AND SLEEP HABITS AS RISK FACTORS FOR OBSTRUCTIVE SLEEP APNEA IN THE THAI POPULATION

ณภัทร สุวรรณรุจิ*
NAPHAT SUWANRUJI
โรงเรียนนานาชาติกรุงเทพฯ*
International School Bangkok
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*
High School Student
อีเมล: naphatsuwanruji@gmail.com

ภูวศิษฏ์ พจน์อนันต์*
PHUWASIT POACHANUNT
โรงเรียนนานาชาติแอ๊ดเวนต์รามคำแหง*
Ramkhamhaeng Advent International School
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*
High School Student
อีเมล: phuwasit.mk@gmail.com

รุจินาภาว์ ฤทัยสิริโรจน์*
RUJINAPHA RUTAISIRIROJ
โรงเรียนสตรีวิทยา*
Satriwithaya School
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*
High School Student
อีเมล: fayguss2010@gmail.com

บทคัดย่อ

ภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น (OSA) เป็นโรคความผิดปกติเกี่ยวกับการนอนหลับที่พบได้บ่อยและส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจในระหว่างนอนหลับ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะอ้วน (วัดจากดัชนีมวลกายหรือ BMI) พฤติกรรมการนอนหลับ และอาการแสดงที่เกี่ยวข้องกับภาวะ OSA งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสำรวจแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional survey research design) ในกลุ่มตัวอย่างประชากรไทยจำนวน 362 ราย โดยจัดเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามและวิเคราะห์ผลเชิงสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ผลการวิจัยพบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับปานกลางระหว่างพฤติกรรมการนอนหลับที่ไม่ดีและอาการแสดงของภาวะ OSA ($r = 0.52$, p-value < 0.001) และพบความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างดัชนีมวลกาย (BMI) ที่สูงและอาการแสดงของภาวะ OSA เช่นกัน ($r = 0.49$, p-value < 0.001) ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าทั้งพฤติกรรมการนอนหลับที่ไม่เหมาะสมและดัชนีมวลกายที่สูงล้วนมีความเชื่อมโยงอย่างระบบต่อการเพิ่มขึ้นของอาการแสดงภาวะ OSA งานวิจัยชิ้นนี้เสนอแนะแนวทางเชิงนโยบายสาธารณสุขในการบูรณาการข้อคำถามคัดกรองความเสี่ยงภาวะ OSA เบื้องต้นเข้าสู่ระบบบริการปฐมภูมิและการตรวจร่างกายประจำปี เพื่อส่งเสริมการคัดกรองเชิงรุกร่วมกับการสร้างความตระหนักรู้ด้านสุขอนามัยการนอนหลับและการควบคุมน้ำหนักในประชากรไทยต่อไป

คำสำคัญ: ภาวะหยุดหายใจขณะหลับจากการอุดกั้น, โรคความผิดปกติเกี่ยวกับการนอนหลับ, พฤติกรรมการนอนหลับ, ภาวะอ้วน, ดัชนีมวลกาย

Abstract

Obstructive sleep apnea (OSA) is a common sleep disorder that affects breathing during sleep. Factors such as obesity and sleeping habits may increase the risk of developing obstructive sleep apnea. This study aims to examine the relationship between obesity (measured by BMI), sleeping habits, and their effect on the likelihood of developing OSA. This research uses a survey research method with a cross-sectional design. Data were collected from 362 participants using a questionnaire that measured BMI, sleeping habits, and symptoms related to OSA. The responses were analysed by using statistical packages for the social sciences (SPSS) program to determine whether there is a relationship between these variables. The results showed a statistically significant relationship between sleeping habits and OSA ($r = 0.52$, p-value < 0.001), indicating that individuals with poor sleeping habits are more likely to report symptoms associated with OSA. In addition, a statistically significant relationship was found between obesity (BMI) and OSA ($r = 0.49$, p-value < 0.001), suggesting that people with higher BMI have a greater likelihood of experiencing OSA symptoms. These findings demonstrate that both unhealthy sleeping habits and higher BMI may contribute to the risk and severity of OSA. In the future, we hope that this research will raise awareness about the importance of healthy sleeping habits and healthy body weight to reduce the risk of OSA.

Keywords: Obstructive sleep apnea, Sleep disorder, Sleeping habits, Obesity, BMI.

Introduction

Obstructive sleep apnea (OSA) is a common, chronic sleep disorder characterized by the repeated collapse of the upper airway during sleep, causing breathing pauses[1]. While many adults ranging from 9% to 38% globally have been suffering from OSA, and 11.4% prevalence in Thailand, it remains one of the most underdiagnosed chronic conditions, posing a severe impact on overall health, with roughly 80% of the cases being unrecognized[2]. Many methods of treatment have been proposed to treat OSA: changing lifestyle, being involved in physical exercise, going through positional therapy, and surgeries; however, the current "gold standard" treatment for OSA is continuous positive air pressure (CPAP), which delivers a positive airway pressure pneumatically to help stabilize the upper airway[3]. An untreated OSA could lead to many harmful consequences individuals tend to overlook. These sequelae can lie in many fields, ranging from medical consequences, transportation consequences, workplace consequences, and even economic consequences[4]. For the medical field in particular, OSA has a high association with cardiovascular diseases, metabolic disorders, strokes, type II diabetes, and depression[4]. This is evidenced in a study where the researchers found 60% of OSA patients also having metabolic syndrome in the United States in 2007[5]. Multiple factors can be a leading cause or a factor contributing to OSA, including factors individuals have control over and ones that they do not, for instance, age, gender, structure of airway, family history, smoking and alcohol use, medical condition, obesity, and sleep habits[6].

Obesity is a chronic and complex disease where excessive body fat accumulates in the body, negatively affecting a person's overall health, quality of life, self-esteem, and mental health[7]. The main way to measure obesity is using the body mass index (BMI). This is calculated by dividing a person's weight in kilograms by the square of their height in meters. A BMI over 25 is considered overweight, while a BMI over 30 is labeled as obese[8]. Worldwide, about 12% of the population has obesity. More people struggle with extra weight than with being underweight in most areas. In Thailand, approximately 42-48% of adults are categorized as overweight or obese in 2025, making it the second most affected country in ASEAN[8]. Managing obesity effectively requires healthier eating, exercising for at least 150 minutes each week, and collaborating with healthcare professionals to identify personal triggers and follow a structured treatment plan[9]. If not treated, obesity can lead to severe health issues, such as heart disease, stroke, kidney disease, high blood pressure, blindness, amputation, and numbness[10]. Previous studies have shown that people with a BMI higher than 30 are

affected by heart disease and stroke at as high as 2.57 times the risk in adult populations[11]. Obesity usually doesn't have a single cause. Poor eating habits, emotional eating, lack of activity, genetics, and some medications all contribute[12].

Sleep habits are simply the regular behaviors, routines, and environmental factors surrounding an individual's sleep, which may include the timing of sleep, pre-sleep eating, erratic sleep schedules, the level of pillow support or height, and the engagement in stimulating activities before bed (using cellphones, exercising, etc.). The result of poor sleeping disorders may cause unconventional sleeping patterns; this could also be associated with difficulty in breathing during sleep, leading to OSA, a sleeping disorder where breathing is blocked during sleep. For instance, irregular sleep patterns and staying up late can disrupt the normal circadian rhythm of the body, which may worsen the symptoms of OSA[13], and eating just before bed may produce irritation that further hinders breathing during sleep. Poor pillow support may also aid in the positioning of the head and neck, which may end up constricting the airway.

Globally, OSA remains a major health concern, affecting hundreds of millions of adults, with research estimating that around one billion adults worldwide may suffer from OSA, and many cases remain undiagnosed[14]. If left untreated, OSA can lead to serious health consequences, including chronic fatigue, reduced concentration, and an increased risk of cardiovascular diseases such as hypertension, heart failure, and stroke[15]. Despite its significant health impact, many individuals remain unaware that common symptoms such as loud snoring, poor sleep quality, or persistent daytime tiredness may be warning signs of a serious condition, leading to delayed diagnosis and treatment. Therefore, increasing awareness and understanding of risk factors such as sleeping habits and obesity is essential for early detection and prevention of OSA[16].

Although the relationship between obesity and obstructive sleep apnea (OSA) has been extensively documented in international literature, epidemiological data tailored specifically to the Thai population often remain confined to clinical case-based contexts or high-risk cohorts. This study addresses this critical gap in knowledge by investigating how daily, modifiable behavioral factors (sleeping habits) interact alongside physical metrics (BMI) within the general Thai population. By establishing this localized rationale, this study provides a more comprehensive understanding of how lifestyle and physical characteristics collectively influence initial OSA symptom susceptibility in a Thai demographic.

This study is constructed upon the epidemiological premise that Obstructive Sleep Apnea (OSA) symptoms (the endpoint) are collectively influenced by two distinct primary determinants: anthropometric indicators, represented by obesity (measured via Body Mass Index ranges), and behavioral factors, represented by poor sleep habits (such as irregular sleep schedules, late-night eating, and improper pillow height). These two independent variables are tested through correlation analyses to evaluate their respective associations with the reported severity of OSA symptoms among the participants (Figure 1).

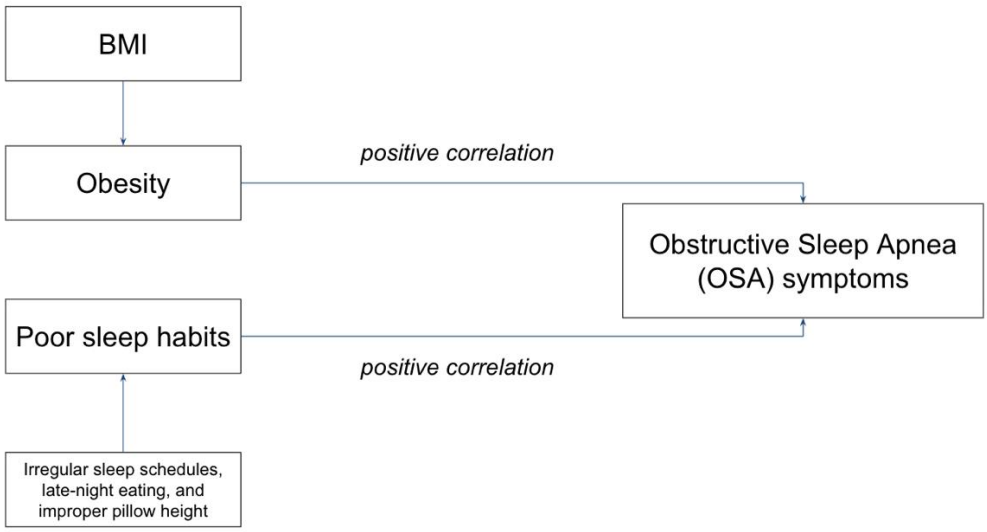


Figure 1 A diagram representing the conceptual framework in this study

Methodology

The survey research was carried out to examine the correlation between obesity and sleep habits on obstructive sleep apnea (OSA) among Thai citizens. The questionnaires consisted of 4 parts specifically: 1) General Information, 2) Sleep Habits, 3) Obesity, and 4) Symptoms of OSA. The responses were generally gathered using a 5-point Likert scale, consisting of ratings from 1 to 5, including strongly disagree, disagree, neutral, agree, and strongly agree, correspondingly. Furthermore, as the result of the sampling method, the survey used a convenience sampling method to confirm the correlation. Each question was evaluated by 3 experts, achieving item-objective congruence (IOC) index scores higher than 0.5. Additionally, Cronbach's alpha was used to assess the reliability of the questionnaire, resulting in a value of 0.849, indicating high internal consistency[17].

In terms of data collection, the survey was distributed through Google Forms via Instagram, Facebook, and Line between January and February 2026, with a total of 362 participants. Strict ethical standards were maintained throughout the process; the

introductory section of the electronic survey explicitly detailed the research objectives, guaranteed absolute data confidentiality, and required all participants to provide electronic informed consent voluntarily before proceeding to the questionnaire items. For data analysis, the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) version 31.0.2.0 (126) was utilized. An independent t-test was used to compare differences between 2 groups, a one-way ANOVA (F-test) was conducted to analyze differences among more than two groups, and a Pearson correlation (r-value) was applied to determine relationships between variables.

Instruments

This assessment instrument consists of 27 items designed to collect data across four distinct categories to evaluate an individual's health profiles related to sleep and weight. It begins with a General Information section capturing fundamental demographics, physical attributes, and genetic predispositions, including gender, age, smoking status, weight, height, sleeping hours, and family histories of obesity and Obstructive Sleep Apnea (OSA). The Sleep Habits section examines behavioral disruptions to healthy sleep hygiene, such as irregular bedtimes, late-night eating, improper pillow height, and stimulating pre-bed activities. Next, the Obesity section evaluates dietary quality and sedentary behavior, focusing on frequent consumption of high sugar, high sodium, oily, processed, and calorie dense foods alongside sitting for eight or more hours a day. Finally, the Obstructive Sleep Apnea (OSA) section screens for key symptoms and nocturnal disruptions, assessing sleep onset latency, midnight awakenings, snoring, daytime fatigue, choking episodes, and morning headaches.

Results

Data were collected from a total of 362 participants to evaluate their general background and physical attributes. The sample consisted primarily of female respondents, who accounted for 238 individuals (65.7 percent), followed by 118 male respondents (32.6 percent) and 6 individuals identifying as other genders (1.7 percent). In terms of age distribution, the largest segment fell between 41 and 60 years old with 172 participants (47.5 percent), whereas the youngest cohort under 21 years old comprised the smallest segment at 38 participants (10.5 percent). The remaining groups included 110 individuals aged between 21 and 40 (30.4 percent) and 42 individuals above 60 years old (11.6 percent). Tobacco use was relatively uncommon among the sample, as only 22 participants (6.1 percent) reported that they smoke, compared to 340 non-smokers (93.9 percent).

Body Mass Index (BMI) groupings showed that 116 participants (32.0 percent) had a BMI between 23.0 and 25.9, representing the largest portion of the sample. This was followed by 101 individuals with a BMI below 20.0 (27.9 percent), 59 individuals between 20.0 and 22.9 (16.3 percent), 56 individuals between 26.0 and 28.9 (15.4 percent), and 30 individuals with a BMI of 29.0 and above (8.3 percent). Daily sleep duration patterns indicated that a clear majority of 248 people (68.5 percent) typically slept between 6 and 8 hours, while 109 people (30.1 percent) recorded 4 to 6 hours, and a small minority of 5 people (1.4 percent) slept between 9 and 10 hours. Finally, evaluating genetic background trends revealed that most of the study population lacked a family record of these specific chronic conditions, with 284 people (78.5 percent) reporting no familial history of obesity and 294 people (81.2 percent) reporting no familial history of obstructive sleep apnea (OSA).

Table 1 Descriptive statistics

	N	Mean	Standard Deviation
Sleep Habits	362	2.88	0.809
Obesity	362	2.77	0.911
Obstructive Sleep Apnea	362	2.46	0.693

Table 1 illustrates the mean score and standard deviation on sleep habits, obesity, and OSA. The mean scores are between 1 and 5; where 1 indicates better sleep habits, low risk of obesity, and low risk of OSA, while 5 indicates worse sleep habits, high risk of obesity, and high risk of OSA.

To explore the factors influencing obstructive sleep apnea (OSA), a series of group comparisons and correlation analyses were conducted. First, an independent samples t-test was utilized to compare the risk of OSA between individuals with and without a family history of obesity. The results revealed a statistically significant difference ($t = 2.040$, $p < 0.05$), where individuals with a family history of obesity exhibited higher risk scores ($M = 2.60$, $SD = 0.691$) than those without a family history ($M = 2.42$, $SD = 0.689$). This indicates that while familial obesity is notably associated with an elevated risk of OSA, symptoms can still manifest in patients without a genetic predisposition.

Table 2 One-way ANOVA Results for Sleep Habits and Obstructive Sleep Apnea Risks

Dependent Variable	Source of Variation	SS	df	MS	F	P
Sleep habits *(by Age Group)*	Between groups	11.575	3	3.858	6.141***	<0.001
	Within groups	224.948	358	0.628		
	Total	236.523	361			
Obstructive sleep apnea *(by BMI Range)*	Between groups	11.402	4	2.850	6.286***	<0.001
	Within groups	161.876	357	0.453		
	Total	173.278	361			
Obstructive sleep apnea *(by Sleep Hours)*	Between groups	11.939	2	5.970	13.283***	<0.001
	Within groups	161.338	359	0.449		
	Total	173.278	361			

***. The difference is significant at the 0.001 level (2-tailed)

Next, separate one-way ANOVA tests were implemented to evaluate how demographics and lifestyle choices impact sleep habits and OSA development (Table 2). A comparison of sleep habits across different age groups yielded a highly significant difference ($p < 0.001$), confirming that daily sleep behaviors vary dynamically across different age categories. Similarly, a one-way ANOVA comparing the risk of OSA among individuals within different BMI brackets demonstrated a highly significant variance ($p < 0.001$), showing that the risk of developing symptoms is distinctly influenced by body mass index ranges. Sleep duration also proved to be an essential factor, as a one-way ANOVA showed that the risk of developing OSA was significantly different depending on a participant's typical daily sleeping hours ($p < 0.001$).

Table 3 Pearson's Correlation Matrix Among Study Variables

Variables	(1) OSA	(2) Sleeping habits	(3) Obesity
(1) OSA	1		
(2) Sleeping habits	0.520***	1	
(3) Obesity	0.490***	—	1

***. Correlation is significant at the 0.001 level (2-tailed)

Finally, Pearson's correlation coefficients (r) were calculated to assess the underlying relationships between the primary variables and OSA (Table 3). The correlation between overall sleep habits and obstructive sleep apnea was statistically significant ($r = 0.520$, $p < 0.001$), demonstrating a moderate positive correlation which implies that poorer sleep hygiene is systematically tied to higher occurrences of OSA symptoms. Furthermore, the relationship between obesity and obstructive sleep apnea also achieved statistical significance ($r = 0.490$, $p < 0.001$), pointing to a weak positive correlation and establishing that a higher risk profile for obesity matches an increased likelihood of experiencing OSA.

Discussion

Obstructive sleep apnea (OSA) remains a major, underdiagnosed chronic health concern that individuals frequently mistake for harmless sleep variations. While the baseline data initially points to a low overall prevalence of high-risk profiles among the Thai population sample, these metrics must be viewed within the context of systemic global underdiagnosis where roughly 80% of cases remain unrecognized. The low observed rate of obesity risks may be partially attributed to localized public health initiatives, such as the Thailand Ministry of Public Health's targeted campaign promoting nutritional awareness among working-age individuals ("Healthy Canteen, Smart Eating: Thailand's Road to Healthy Lives"). Similarly, the minor overall presence of high-risk breathing profiles reflects general trends documented[1,2], where the condition often escapes early clinical detection.

Although a higher Body Mass Index (BMI) holds a statistically validated relationship with breathing disruptions, the broader evidence indicates that a severe weight profile is not an absolute requirement for developing the disorder. Individuals frequently present with significant symptoms despite lacking a genetic family history of obesity, and clear risks remain prevalent even in cohorts maintaining a low or standard BMI. This suggests that upper airway obstruction is a universal vulnerability independent of total fat deposition, mirroring a previous study[18] which suggests that the natural biological structure of the individual's upper airway plays a central role. This outcome is also in line with a multi-cohort individual participant data meta-analysis of 12,860 adults by Esmaeili and his team[19], which confirmed that most adults with OSA do not have obesity.

Beyond mass, behavioral modifications and sleep timing variables play a dominant role in predicting symptom expression. Irregular rest cycles and drastically shortened sleep windows show a direct path to worsening respiratory instability, a finding that expands upon previous research[20] linking erratic sleep schedules to a doubling of OSA odds and severe apnea presentation. These behavioral patterns are deeply connected to age, aligning with physiological timeline trends noted by previous studies[21,22] regarding circadian rhythm shifts across a lifespan. While younger demographics face behavioral risks due to poorer sleep hygiene routines, older populations face unique physiological barriers. As highlighted by the National Institute on Aging[23], older adults may maintain disciplined baseline habits but experience inferior overall sleep quality due to frequent nocturnal awakenings, chronic illness, or medical prescriptions that regularly disturb their rest architecture. Mechanistically, the prominent association between sleep habits and OSA symptoms observed in this study

can be attributed to immediate anatomical and physiological disruptions. For instance, improper pillow support alters the cervical spine alignment, causing an immediate narrowing of the upper airway during recumbency. Furthermore, late-night eating can induce nocturnal fluid shifts and localized inflammation around the pharyngeal tissues. Unlike obesity, which requires prolonged adipose tissue accumulation around the neck to manifest as an airway obstruction, these behavioral disruptions can trigger acute upper airway instability and respiratory symptoms instantaneously during sleep.

In terms of practical and public health applications within the Thai context, these findings highlight an urgent need for actionable policy integration. Rather than relying solely on specialized sleep clinics, the Ministry of Public Health should implement a standardized screening protocol within the primary healthcare system (such as local health fund centers and sub-district health promoting hospitals). Specifically, a simplified, culturally adapted version of OSA symptom questionnaires could be integrated into routine annual physical check-ups for working-age and elderly populations. By utilizing frontline healthcare workers to identify high-risk individuals based on combined physical metrics (BMI ranges) and sleep hygiene assessments, the healthcare system can establish an effective triage mechanism, enabling early intervention and reducing the long-term economic burden of untreated cardiovascular complications in Thailand.

This study has several limitations. First, the small sample size may not fully represent the broader Thai population, potentially limiting the generalizability of the findings. Second, the cross-sectional design captures data at a single point in time, preventing the determination of clear cause-and-effect relationships. Third, calculating BMI by manually converting reported height and weight ranges into numerical values deviated from standard continuous classifications and introduced potential inaccuracies. Fourth, additional analysis on the effect size both for the correlational and comparative studies can provide insightful information for generalisation. Additionally, the data collection relied on a convenience sampling method without a prior power analysis to justify the sample size of 362 participants. Most importantly, the assessment instrument utilized for evaluating OSA was a self-developed questionnaire screening for general clinical symptoms rather than a validated standard tool (such as the STOP-BANG or Berlin questionnaires), and the outcomes were not validated against a clinical gold standard like polysomnography (PSG). Therefore, the findings reflect subjective symptom reporting and potential risk trends rather than formal medical diagnoses. Finally, the study evaluated a limited set of variables (sleep habits and obesity),

omitting other established OSA risk factors such as age, gender, airway structure, family history, smoking, alcohol use, and underlying medical conditions.

To address these limitations, future research should extend the data collection period to achieve a larger, more representative sample size. Utilizing an experimental or longitudinal research design instead of a cross-sectional approach would help establish definitive cause-and-effect relationships. For greater accuracy, the questionnaire should include a built-in BMI formula allowing respondents to report their precise BMI rather than selecting broad ranges. Lastly, subsequent studies should incorporate objective data such as clinical sleep tests and airway structure measurements, and expand the scope of variables to include age, gender, and other confounding physiological or lifestyle factors.

Conclusion

In conclusion, there is a moderate correlation between sleep habits and OSA, and a small correlation between obesity and OSA. Although the correlation coefficient for sleep habits ($r = 0.520$) was slightly higher than that of obesity ($r = 0.490$) in this sample, it is critical to note that Pearson's correlation merely establishes a statistical association rather than a causal relationship. Because the difference between these correlation coefficients was not formally statistical tested, it cannot be definitively concluded that sleeping behaviors hold a significantly 'stronger' or more meaningful causal impact than obesity. Instead, both factors should be viewed as vital, interrelated components in public health screening and awareness campaigns.

References

1. Iannella, G., Pace, A., Bellizzi, M. G., Magliulo, G., Greco, A., Virgilio, D., Croce, E., Gioacchini, F. M., Re, M., Costantino, A., Casale, M., Moffa, A., Lechien, J. R., Cocuzza, S., Vicini, C., Caranti, A., Aragona, M., Lentini, M., & Maniaci, A. (2025). The global burden of obstructive sleep apnea. Diagnostics, 15(9), 1088. https://doi.org/10.3390/diagnostics15091088
2. Neruntarat, C., & Chantapant, S. (2011). Prevalence of sleep apnea in HRH princess maha chakri srinthorn medical center, Thailand. Sleep Breath, 15(4), 641–648. https://doi.org/10.1007/s11325-010-0412-x
3. Pavwoski, P., & Shelgikar, A. V. (2017). Treatment options for obstructive sleep apnea. Neurology: Clinical Practice, 7(1), 77–85. https://doi.org/10.1212/CPJ.0000000000000320
4. Knauert, M., Naik, S., Gillespie, M. B., & Kryger, M. (2015). Clinical consequences and economic costs of untreated obstructive sleep apnea syndrome. World Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, 1(1), 17–27. https://doi.org/10.1016/j.wjorl.2015.08.001
5. Parish, J. M., Adam, T., & Facchiano, L. (2007). Relationship of metabolic syndrome and obstructive sleep apnea. Journal of Clinical Sleep Medicine, 3(05), 467-472
6. Yayan, J., & Rasche, K. (2024). A systematic review of risk factors for sleep apnea. Preventive Medicine Reports, 42, 102750. https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2024.102750
7. Chang, S. H., Stoll, C. R. T., Song, J., Varela, J. E., Eagon, C. J., & Colditz, G. A. (2014). The effectiveness and risks of bariatric surgery: An updated systematic review and meta-analysis, 2003-2012. JAMA Surgery, 149(3), 275-287. https://doi.org/10.1001/jamasurg.2013.3654
8. Boutari, C., & Mantzoros, C. S. (2022). A 2022 update on the epidemiology of obesity and a call to action: As its twin COVID-19 pandemic appears to be receding, the obesity and dysmetabolism pandemic continues to rage on. Metabolism, 133, 155217. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155217
9. Bae, J. H., et al. (2024). 2024 Clinical practice guidelines for the diagnosis and pharmacologic treatment of overweight and obesity by the Korean Society for the Study of Obesity. Journal of Obesity & Metabolic Syndrome, 33(4), 312-328. https://doi.org/10.7570/jomes24052

10. Elmaleh-Sachs, A., Schwartz, J. L., Bramante, C. T., Nicklas, J. M., Gudzune, K. A., & Jay, M. (2023). Obesity management in adults: A review. JAMA, 330(20), 2000-2011. https://doi.org/10.1001/jama.2023.19897
11. Kamaluddin Latief, Dieta Nurrika, Tsai, M.-K., & Gao, W. (2023). Body Mass Index Asian populations category and stroke and heart disease in the adult population: A longitudinal study of the Indonesia Family Life Survey (IFLS) 2007 and 2014. BMC Public Health, 23(1). https://doi.org/10.1186/s12889-023-17126-0
12. Islam, A. N. M. S., Sultana, H., Refat, M. N. H., Farhana, Z., Kamil, A. B., & Rahman, M. M. (2024). The global burden of overweight-obesity and its association with economic status, benefiting from STEPs survey of WHO member states: A meta-analysis. Preventive Medicine Reports, 46, 102882. https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2024.102882
13. Pinilla, L., Lechat, B., Scott, H., Reynolds, A. C., Manners, J., Sansom, K., Adams, R., Escourrou, P., Catcheside, P., & Eckert, D. J. (2025). “Social apnea”: Obstructive sleep apnea is exacerbated on weekends. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 211(12), 2402–2404. https://doi.org/10.1164/rccm.202505-1184rl
14. Benjafield, A. V., Ayas, N. T., Eastwood, P. R., Heinzer, R., Ip, M. S. M., Morrell, M. J., Nunez, C. M., Patel, S. R., Penzel, T., Pépin, J. L., Peppard, P. E., Sinha, S., Tufik, S., Valentine, K., & Malhotra, A. (2019). Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: A literature-based analysis. The Lancet Respiratory Medicine, 7(8), 687–698. https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30198-5
15. DiCaro, M. V., Lei, K., Yee, B., & Tak, T. (2024). The effects of obstructive sleep apnea on the cardiovascular system: A comprehensive review. Journal of Clinical Medicine, 13(11), 3223. https://doi.org/10.3390/jcm13113223
16. Rivas, M., Ratra, A., & Nugent, K. (2015). Obstructive sleep apnea and its effects on cardiovascular diseases: A narrative review. Anatolian Journal of Cardiology, 15(11), 944–950. https://doi.org/10.5152/AnatolJCardiol.2015.6607
17. Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach’s Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. Research in Science Education, 48(6), 1273–1296. https://link.springer.com/article/10.1007/S11165-016-9602-2
18. Owens, Robert L et al. (2015). An Integrative Model of Physiological Traits Can be Used to Predict Obstructive Sleep Apnea and Response to Non Positive Airway Pressure Therapy. Sleep, 38(6), 961-70. 1 Jun. https://doi.org/10.5665/sleep.4750

19. Esmaeili, N., et al. (2025). The relationship between obesity and obstructive sleep apnea in four community-based cohorts: An individual participant data meta-analysis of 12,860 adults. EClinicalMedicine, 83, 103221. https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2025.103221
20. Huang, Y., Cistulli, P. A., & colleagues. (2024). The interrelationships between sleep regularity, obstructive sleep apnea, and hypertension in a middle-aged community population. Sleep. https://doi.org/10.1093/sleep/zsad380
21. Li, J., Vitiello, M. V., & Gooneratne, N. S. (2018). Sleep in normal aging. Sleep Medicine Clinics, 13(1), 1–11. https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2017.09.001
22. Huang, Y. L., Liu, R. Y., Wang, Q. S., Van Someren, E. J. W., Xu, H., & Zhou, J. N. (2002). Age-associated difference in circadian sleep–wake and rest-activity rhythms. Physiology & Behavior, 76(4–5), 597–603. https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00733-3
23. Edwards, B. A., O'Driscoll, D., Ali, A., Jordan, A. S., Trinder, J., & Malhotra, A. (2010). Aging and sleep: Physiology and pathophysiology. Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine, 31(5), 618-633. https://doi.org/10.1055/s-0030-1265902

การเปรียบเทียบผลของการบริโภคผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำก่อนการบริโภคข้าวต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหาร

COMPARATIVE EFFECTS OF LEAFY GREENS AND CRUCIFEROUS VEGETABLES CONSUMED BEFORE RICE ON POSTPRANDIAL GLUCOSE LEVELS

พลธวัช ลาภประกอบกิจ*

PONTAWAT LABPRAGOBGIT

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66100202@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย**

PHAWIT NORCHAI

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com

บทคัดย่อ

ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงหลังมื้ออาหารเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อภาวะดื้อต่ออินซูลินและโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง แม้มีหลักฐานว่าการบริโภคผักก่อนคาร์โบไฮเดรตช่วยลดระดับน้ำตาลหลังมื้ออาหารได้ แต่ส่วนใหญ่ศึกษาผักแบบผสมหลายชนิด ยังไม่มีการเปรียบเทียบผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำซึ่งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่างกันโดยตรง การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการบริโภคผักทั้งสองชนิดก่อนข้าวต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหาร การวิจัยใช้รูปแบบการทดลองแบบสุ่มและไขว้ในอาสาสมัครสุขภาพดี 12 คน อายุ 18–50 ปี แต่ละคนเข้ารับการทดลองครบ 3 เงื่อนไข ได้แก่ ข้าวเปล่า ผักใบเขียว (ปวยเล้งลวก) ก่อนข้าว และผักตระกูลกะหล่ำ (บรอกโคลีลวก) ก่อนข้าว ปริมาณผักและข้าวอย่างละ 150 กรัม โดยบริโภคผัก 10–15 นาทีก่อนข้าว มีช่วงพักล้างผลอย่างน้อย 7 วัน วัดระดับน้ำตาลปลายนิ้วขณะอดอาหารและที่ 30, 60, 90 และ 120 นาที วิเคราะห์ด้วย Two-way Repeated Measures ANOVA และวิธีบอนเฟอร์โรนี ผลการศึกษาพบว่าการบริโภคผักก่อนข้าวทั้งสองชนิดช่วยลดระดับน้ำตาลที่ 30 นาทีอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับข้าวเปล่า (ผักใบเขียวลด 21.92 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร, p-value = 0.003 และผักตระกูลกะหล่ำลด 19.58 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร, p-value = 0.009) หรือคิดเป็นการลดการพุ่งขึ้นของน้ำตาลในช่วงต้นประมาณร้อยละ 36–40 อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผักทั้งสองชนิดในทุกช่วงเวลา ผลการศึกษาจึงไม่สนับสนุนสมมติฐานหลักที่ว่าผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำให้ผลต่อระดับน้ำตาลแตกต่างกัน โดยสรุปการบริโภคผักก่อนข้าวไม่ว่าชนิดใดสามารถลดการพุ่งขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดในช่วงต้นได้ใกล้เคียงกัน จึงเป็นแนวทางที่เรียบง่ายและปฏิบัติได้จริงในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ทั้งนี้ ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กและการวัดผลแบบมื้อเดียว ผลการศึกษาจึงควรตีความอย่างระมัดระวัง

คำสำคัญ: ผักใบเขียว, ผักตระกูลกะหล่ำ, ระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหาร, ใยอาหาร

Abstract

Postprandial glucose spikes are a key risk factor for insulin resistance and non-communicable diseases. Although consuming vegetables before carbohydrates lowers postprandial glucose, most studies used mixed vegetables, with no direct comparison of leafy green and cruciferous vegetables. This study compared the effects of these two vegetable types consumed before rice on postprandial blood glucose. Using a randomized crossover design, 12 healthy volunteers aged 18–50 years completed three conditions—rice only, blanched spinach before rice, and blanched broccoli before rice (150 g each of vegetable and rice; vegetable eaten 10–15 minutes before rice; washout ≥7 days). Capillary glucose was measured at fasting and at 30, 60, 90, and 120 minutes and analyzed using two-way repeated measures ANOVA with Bonferroni comparisons. Both vegetables significantly reduced glucose at 30 minutes versus rice alone (leafy greens by 21.92 mg/dL, p-value = 0.003; cruciferous by 19.58 mg/dL, p-value = 0.009; an approximately 36–40% reduction in the early glucose rise). However, no significant difference was found between the two vegetable types at any time point; the primary hypothesis that leafy green and cruciferous vegetables differ in their effect on postprandial glucose was therefore not supported. In conclusion, eating either type of vegetable before rice reduces the early postprandial glucose spike to a comparable degree, offering a simple and practical strategy for preventing non-communicable diseases. However, given the small sample and single-meal design, the findings should be interpreted with caution.

Keywords: leafy green vegetables, cruciferous vegetables, postprandial blood glucose, dietary fiber

บทนำ

ภาวะน้ำตาลในเลือดสูงหลังมื้ออาหาร (postprandial hyperglycemia) เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน การอักเสบ และความผิดปกติของผนังหลอดเลือด ซึ่งนำไปสู่ภาวะดื้อต่ออินซูลินและโรคหัวใจและหลอดเลือด[1,2] โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCDs) โดยเฉพาะโรคเบาหวานชนิดที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก[3] เช่นเดียวกับในประเทศไทยที่พบความชุกของโรคเบาหวานและปัจจัยเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้น[4] การควบคุมการพุ่งขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหารจึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการป้องกันโรคเหล่านี้

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรไทยและมีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index) สูง[5,6] การบริโภคข้าวจึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดพุ่งสูงอย่างรวดเร็ว แนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจคือการปรับลำดับการบริโภคอาหาร (food order) โดยการบริโภคผักก่อนคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีงานวิจัยแสดงว่าสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหารได้ทั้งในผู้ป่วยเบาหวานและผู้ที่มีสุขภาพดี[7-9] กลไกสำคัญเชื่อว่าเกิดจากใยอาหาร (dietary fiber) โดยเฉพาะชนิดที่ละลายน้ำ ซึ่งเพิ่มความหนืดในทางเดินอาหาร ชะลอการระบายอาหารออกจากกระเพาะ (gastric emptying) และชะลอการดูดซึมกลูโคส[10,11]

ผักแต่ละชนิดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน ผักใบเขียว เช่น ผักปวยเล้ง อุดมไปด้วยใยอาหาร โพลีฟีนอล และสารต้านอนุมูลอิสระ[12] ในขณะที่ผักตระกูลกะหล่ำ เช่น บรอกโคลี อุดมไปด้วยซัลโฟราเฟน (sulforaphane) ซึ่งมีรายงานว่ามีฤทธิ์ต้านเบาหวานผ่านกลไกระดับเซลล์[13-15] ความแตกต่างของสารออกฤทธิ์เหล่านี้นำไปสู่สมมติฐานว่าผักทั้งสองกลุ่มอาจให้ผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหารแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่ศึกษาผักแบบผสมหลายชนิดรวมกัน[7-9] และยังไม่มีการเปรียบเทียบผลของผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำโดยตรง การศึกษานี้จึงมุ่งเปรียบเทียบผลของผักทั้งสองกลุ่มเมื่อบริโภคก่อนข้าวต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหาร ทั้งนี้ การกำหนดปริมาณผัก 150 กรัม และการบริโภคก่อนข้าวประมาณ 10–15 นาที เป็นสัดส่วนและช่วงเวลาที่สอดคล้องกับการบริโภคจริงในชีวิตประจำวัน จึงมีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติ อนึ่ง กลไกจำเพาะของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้มักต้องอาศัยการบริโภคต่อเนื่องและการวัดผลระยะยาว มากกว่าจะปรากฏชัดในการทดลองมื้อเดียว

คำถามและวัตถุประสงค์

คำถามการวิจัย การบริโภคผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำก่อนข้าวให้ผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหารแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลของการบริโภคผักใบเขียว (ผักปวยเล้ง) และผักตระกูลกะหล่ำ (บรอกโคลี) ก่อนการบริโภคข้าวต่อระดับน้ำตาลในเลือดหลังมื้ออาหารในอาสาสมัครสุขภาพดี

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยนี้เป็นการทดลองแบบสุ่มและไขว้ (randomized crossover trial) รายงานผลตามแนวทาง CONSORT 2010 ฉบับขยายสำหรับการทดลองแบบไขว้[16] โดยอาสาสมัครแต่ละคนได้รับครบทั้งสามเงื่อนไขการทดลองและเป็นกลุ่มควบคุมของตนเอง

อาสาสมัคร เป็นผู้ใหญ่สุขภาพดีอายุ 18–50 ปี ดัชนีมวลกาย 18.5–25 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร เกณฑ์คัดออกได้แก่ การมีโรคประจำตัว (เช่น เบาหวานหรือโรคเมตาบอลิก) การตั้งครรภ์ โรคระบบทางเดินอาหารที่มีผลต่อการย่อยและดูดซึม การใช้ยาหรืออาหารเสริมที่มีผลต่อระดับน้ำตาล และการแพ้ผักหรือข้าวที่ใช้ในการทดลอง การกำหนดขนาดตัวอย่างคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ โดยอ้างอิงค่าขนาดอิทธิพลจากการศึกษาของ Imai และคณะ[7] ได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำ 11 ราย ที่อำนาจการทดสอบ (power) 0.80 และระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเผื่อการถอนตัวร้อยละ 10 จึงกำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 12 ราย ทั้งนี้จากผู้เข้ารับการคัดกรอง 14 ราย มีผู้ไม่ผ่านเกณฑ์ 2 ราย (ดัชนีมวลกายเกินเกณฑ์) คงเหลืออาสาสมัครที่นำมาวิเคราะห์ 12 ราย โดยไม่มีผู้ถอนตัว

การสุ่มและลำดับการทดลอง อาสาสมัครได้รับการสุ่มจัดเข้าสู่ลำดับการได้รับเงื่อนไขการทดลอง 3 ลำดับ ลำดับละ 4 ราย ตามแบบจัตุรัสละติน (Latin square) เพื่อสมดุลผลของลำดับการได้รับเงื่อนไข อาสาสมัครได้รับคำแนะนำให้รับประทานอาหารตามปกติและเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการกินอย่างชัดเจนในช่วงพักล้างผล และงดอาหารอย่างน้อย 8 ชั่วโมงก่อนการทดสอบแต่ละครั้ง การจัดลำดับด้วย Latin square ร่วมกับช่วงพักล้างผลอย่างน้อย 7 วัน ช่วยลดผลของลำดับและผลตกค้าง (carryover/period effect)

เงื่อนไขการทดลอง มี 3 เงื่อนไข ได้แก่ (1) ข้าวสวยเพียงอย่างเดียว 150 กรัม เป็นเงื่อนไขควบคุม (2) ผักปวยเล้งลวก 150 กรัม ก่อนข้าว และ (3) บรอกโคลีลวก 150 กรัม ก่อนข้าว ในเงื่อนไขที่มีผักอาสาสมัครบริโภคผักก่อนข้าว 10–15 นาที ระหว่างแต่ละเงื่อนไขมีช่วงพักล้างผลอย่างน้อย 7 วัน

การวัดผลลัพธ์ วัดระดับน้ำตาลในเลือดจากปลายนิ้ว (capillary blood glucose) ด้วยเครื่องตรวจระดับน้ำตาลในเลือดชนิดพกพา (Accu-Chek Instant, Roche) โดยใช้เครื่องรุ่นและเครื่องเดียวกัน ร่วมกับแผ่นตรวจ (test strips) จากผู้ผลิตรายเดียวกันตลอดการศึกษา และดำเนินการวัดโดยบุคลากรทางการแพทย์ชุดเดิม เพื่อให้การวัดเป็นมาตรฐานเดียวกันในทุกครั้งและทุกอาสาสมัคร ทำการวัดขณะอดอาหาร และที่ 30, 60, 90 และ 120 นาทีหลังเริ่มมื้ออาหาร

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้สถิติพรรณนาในการอธิบายคุณลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และเปรียบเทียบระดับน้ำตาลในเลือดด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง (two-way repeated measures ANOVA) ตรวจสอบข้อตกลงเรื่องความเป็นทรงกลม (sphericity) ด้วย Mauchly’s test และปรับค่าด้วยวิธี Greenhouse-Geisser เมื่อจำเป็น พร้อมเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีบอนเฟอร์โรนี กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

จริยธรรมการวิจัย งานวิจัยนี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (เลขที่รับรอง COA No. 027/68; รหัสโครงการ DPUHREC036/67FB)

ผลการวิจัย

อาสาสมัครจำนวน 12 ราย เป็นเพศชายและหญิงอย่างละ 6 ราย อายุเฉลี่ย 31.0 ± 4.5 ปี ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 21.8 ± 2.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารเฉลี่ย 91.3 ± 4.2 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร โดยทุกรายไม่มีโรคประจำตัว ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร (n = 12)

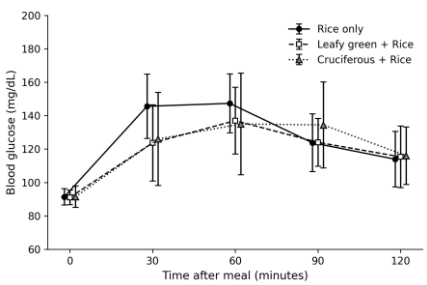
คุณลักษณะ	ค่า
เพศชาย, n (%)	6 (50.0)
อายุ (ปี), Mean ± SD	31.0 ± 4.5
น้ำหนัก (กิโลกรัม), Mean ± SD	59.2 ± 9.8
ส่วนสูง (เซนติเมตร), Mean ± SD	164.2 ± 8.7
ดัชนีมวลกาย (กก./ม²), Mean ± SD	21.8 ± 2.0
น้ำตาลในเลือดขณะอดอาหาร (มก./ดล.), Mean ± SD	91.3 ± 4.2
มีโรคประจำตัว, n (%)	0 (0.0)

ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดในแต่ละเงื่อนไขและช่วงเวลาแสดงดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1 พบว่าในเงื่อนไขข้าวเพียงอย่างเดียว ระดับน้ำตาลพุ่งขึ้นสูงสุดที่ 30–60 นาที (145.58 และ 147.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) ในขณะที่เงื่อนไขที่บริโภคผักก่อนข้าวทั้งสองชนิดมีระดับน้ำตาลที่ 30 นาทีต่ำกว่าอย่างชัดเจน (ผักใบเขียว 123.67 และผักตระกูลกะหล่ำ 126.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับน้ำตาลในเลือด (มก./ดล.) จำแนกตามเงื่อนไขและเวลา

เวลา (นาที)	ระดับน้ำตาลในเลือด (มก./ดล.)		
	ข้าวเปล่า	ผักใบเขียว + ข้าว	ผักกะหล่ำ + ข้าว
0	91.42 ± 4.83	91.08 ± 4.38	91.50 ± 6.38
30	145.58 ± 19.23	123.67 ± 22.81	126.00 ± 27.83
60	147.33 ± 17.65	137.00 ± 19.97	135.00 ± 30.45
90	123.75 ± 17.27	124.00 ± 14.25	134.42 ± 25.76
120	113.92 ± 16.62	115.33 ± 18.45	116.00 ± 17.25

หมายเหตุ: ค่าเป็น Mean ± SD



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยของระดับน้ำตาลในเลือดระหว่างเงื่อนไขการทดลอง จำแนกตามจุดเวลาหลังมื้ออาหาร (แท่งคลาดเคลื่อนแสดงค่า ± 1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทางพบว่า ปัจจัยด้านเวลามีผลต่อระดับน้ำตาลอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 34.62$, $p < 0.001$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเงื่อนไขการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 3.74$, $p = 0.001$, partial $\eta^2 = 0.254$) แสดงว่าผลของเงื่อนไขการทดลองต่อระดับน้ำตาลแตกต่างกันตามช่วงเวลา ส่วนผลหลักของเงื่อนไขการทดลองโดยรวมไม่มีนัยสำคัญ ($F = 1.18$, $p = 0.325$) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำสองทาง (Two-way Repeated Measures ANOVA)

แหล่งความแปรปรวน	F	p-value	Partial η^2
เงื่อนไขการทดลอง (Conditions)	1.18	0.325	0.097
เวลา (Time)	34.62	< 0.001*	0.759
เวลา × เงื่อนไข (Time × Conditions)	3.74	0.001*	0.254

หมายเหตุ: * $p < 0.05$

การเปรียบเทียบรายคู่พบว่า ที่ 30 นาที การบริโภคผักก่อนข้าวทั้งสองชนิดลดระดับน้ำตาลลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับข้าวเพียงอย่างเดียว โดยผักใบเขียวลดลง 21.92 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ($p = 0.003$) และผักตระกูลกะหล่ำลดลง 19.58 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ($p = 0.009$) คิดเป็นการลดการพุ่งขึ้นของน้ำตาลในช่วงต้นประมาณร้อยละ 36–40 อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำในทุกช่วงเวลา (ผลต่างที่ 30 นาที 2.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร, $p = 1.000$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงว่าการบริโภคผักก่อนข้าวทั้งผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำสามารถลดการพุ่งขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดในช่วงต้น (30 นาที) ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการบริโภคข้าวเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ศึกษาผลของลำดับการบริโภคอาหาร[7-9]

อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างผักใบเขียวและผักตระกูลกะหล่ำในทุกช่วงเวลา จึงไม่สนับสนุนสมมติฐานหลักที่ตั้งไว้ว่าผักทั้งสองกลุ่มจะให้ผลแตกต่างกัน ผลนี้บ่งชี้ว่ากลไกหลักที่ทำให้ระดับน้ำตาลลดลงในระยะเฉียบพลันน่าจะเป็นผลเชิงกายภาพของใยอาหารที่เพิ่มความหนืดและชะลอการระบายอาหารออกจากกระเพาะและการดูดซึมกลูโคส[10,11] ซึ่งเป็นคุณสมบัติร่วมของผักทั้งสองกลุ่ม มากกว่าจะเป็นผลจากสารออกฤทธิ์เฉพาะ เช่น โพลีฟีนอล[17] หรือซัลโฟราเฟน[13,14] ที่อาจมีบทบาทเด่นชัดกว่าในการควบคุมระดับน้ำตาลในระยะยาวหรือเรื้อรัง[18]

ผลที่พบว่าความแตกต่างกระจุกตัวอยู่ที่ช่วง 30 นาทีแรกสอดคล้องกับกลไกการชะลอการระบายอาหารออกจากกระเพาะ ซึ่งมีผลเด่นชัดในช่วงต้นของการดูดซึม ในเชิงปฏิบัติ ผลการศึกษานี้ชี้ว่าการบริโภคผักก่อนข้าวเป็นวิธีที่เรียบง่าย ต้นทุนต่ำ และนำไปใช้ได้จริงในการลดการพุ่งขึ้นของระดับน้ำตาลหลังมื้ออาหาร โดยสามารถเลือกชนิดของผักได้ตามความสะดวกและความชอบของแต่ละบุคคล

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการทบทวนอย่างเป็นระบบล่าสุดที่สรุปว่าการบริโภคคาร์โบไฮเดรตเป็นลำดับท้ายของมื้อมีแนวโน้มช่วยลดการพุ่งขึ้นของระดับน้ำตาลและอินซูลินในระยะเฉียบพลัน[19] อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้ทำในอาสาสมัครสุขภาพดีและวัดผลเพียงมื้อเดียว การสรุปผลไปถึง

การป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในระยะยาวจึงต้องทำอย่างระมัดระวัง และควรได้รับการยืนยันด้วยการศึกษาระยะยาว

จุดแข็งของการศึกษานี้คือการใช้รูปแบบการทดลองแบบสุ่มและไขว้ (randomized crossover) ที่ให้อาสาสมัครแต่ละคนเป็นกลุ่มควบคุมของตนเอง จึงลดความแปรปรวนระหว่างบุคคลและเพิ่มความแม่นยำในการเปรียบเทียบ อีกทั้งยังเป็นการเปรียบเทียบผลของผักใบเขียวกับผักตระกูลกะหล่ำโดยตรงภายใต้การควบคุมชนิด ปริมาณ วิธีเตรียม และเวลาการบริโภคอย่างเป็นมาตรฐาน และรายงานผลตามแนวทาง CONSORT ส่วนจุดอ่อนคือกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (12 ราย) ศึกษาเฉพาะในผู้ใหญ่สุขภาพดีและเป็นการวัดผลแบบเฉียบพลันในมื้อเดียว ใช้การวัดระดับน้ำตาลจากปลายนิ้วซึ่งแปรปรวนมากกว่าการตรวจในพลาสมา และไม่ได้วัดระดับอินซูลินหรือคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ (AUC) จึงยังไม่สามารถอธิบายกลไกและการตอบสนองของฮอร์โมนได้อย่างครบถ้วน

สรุปผลการวิจัย

การบริโภคผักก่อนข้าวไม่ว่าจะเป็นผักใบเขียวหรือผักตระกูลกะหล่ำสามารถลดการพุ่งขึ้นของระดับน้ำตาลในเลือดในช่วงต้นได้ใกล้เคียงกัน (ประมาณร้อยละ 36–40) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างผักทั้งสองชนิด จึงเป็นแนวทางการบริโภคที่เรียบง่ายและปฏิบัติได้จริงสำหรับการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ด้วยข้อจำกัดข้างต้น โดยเฉพาะขนาดตัวอย่างที่เล็กและการเป็นการทดลองแบบเฉียบพลันในผู้ใหญ่สุขภาพดี ผลการศึกษาจึงอาจไม่สามารถสรุปไปยังประชากรกลุ่มอื่นหรือผลในระยะยาวได้โดยตรง

งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น รวมถึงผู้ที่มีภาวะก่อนเบาหวานหรือเบาหวาน ศึกษาผลในระยะยาว เปรียบเทียบผักชนิดและปริมาณที่หลากหลายขึ้น ตลอดจนวัดตัวชี้วัดเพิ่มเติม เช่น ระดับอินซูลินและฮอร์โมน GLP-1[17] เพื่อให้เข้าใจกลไกได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Node K, Inoue T. Postprandial hyperglycemia as an etiological factor in vascular failure. Cardiovasc Diabetol. 2009;8:23. doi:10.1186/1475-2840-8-23
2. O'Keefe JH, Bell DS. Postprandial hyperglycemia/hyperlipidemia (postprandial dysmetabolism) is a cardiovascular risk factor. Am J Cardiol. 2007;100(5):899–904. doi:10.1016/j.amjcard.2007.03.107
3. International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 11th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2025. Available from: https://diabetesatlas.org
4. กรมควบคุมโรค. รายงานสถานการณ์โรค NCDs: เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2563.
5. Truong TH, Yuet WC, Hall MD. Glycemic index of American-grown jasmine rice classified as high. Int J Food Sci Nutr. 2014;65(4):435–442. doi:10.3109/09637486.2013.869797
6. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. Am J Clin Nutr. 2002;76(1):5–56. doi:10.1093/ajcn/76.1.5
7. Imai S, Fukui M, Kajiyama S. Effect of eating vegetables before carbohydrates on glucose excursions in patients with type 2 diabetes. J Clin Biochem Nutr. 2014;54(1):7–11. doi:10.3164/jcbn.13-67
8. Nishino K, Sakurai M, Takeshita Y, Takamura T. Consuming carbohydrates after meat or vegetables lowers postprandial excursions of glucose and insulin in nondiabetic subjects. J Nutr Sci Vitaminol. 2018;64(5):316–320. doi:10.3177/jnsv.64.316
9. Tanaka T, Sakamoto H, Matsuoka R, Utsunomiya K. Ingestion of vegetable salads before rice inhibits the increase in postprandial serum glucose levels in healthy subjects. Biosci Biotechnol Biochem. 2023;87(10):1212–1218. doi:10.1093/bbb/zbad085
10. Repin N, Duss R, Wolever TMS. Investigation of mechanisms involved in postprandial glycemia and insulinemia attenuation with dietary fibre consumption. Br J Nutr. 2017;118(8):553–560. doi:10.1017/S0007114517002342
11. Ou S, Kwok KC, Li Y, Fu L. In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose. J Agric Food Chem. 2001;49(2):1026–1029. doi:10.1021/jf000574n
12. Sah AK, Raj S, Khatik GL, Vyas M. Nutritional profile of spinach and its antioxidant & antidiabetic evaluation. Int J Green Pharm. 2017;11(3):192–197. doi:10.22377/ijgp.v11i03.1132

13. Mirmiran P, Bahadoran Z, Hosseinpanah F, Keyzad A, Azizi F. Effects of broccoli sprout with high sulforaphane concentration on inflammatory markers in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. Food Funct. 2012;3(8):802–807. doi:10.1039/c2fo30061f
14. Tubbs E, Axelsson AS, Vial G, Wollheim CB, Rieusset J, Rosengren AH. Sulforaphane improves disrupted ER-mitochondria interactions and suppresses exaggerated hepatic glucose production. Mol Cell Endocrinol. 2018;461:205–214. doi:10.1016/j.mce.2017.09.016
15. Kim JK, Park SU. Current potential health benefits of sulforaphane. EXCLI J. 2016;15:571–577. doi:10.17179/excli2016-485
16. Dwan K, Li T, Altman DG, Elbourne D. CONSORT 2010 statement: extension to randomised crossover trials. BMJ. 2019;366:l4378. doi:10.1136/bmj.l4378
17. Jung CH, Kim JH, Park SJ, Jun JG. The antidiabetic mechanisms of polyphenols related to increased glucagon-like peptide-1 (GLP-1) and insulin signaling. Molecules. 2017;22(6):903. doi:10.3390/molecules22060903
18. Jia X, Chen Y, Wang J, Chen L. Consumption of citrus and cruciferous vegetables with incident type 2 diabetes mellitus based on a meta-analysis of prospective study. J Diabetes Investig. 2017;8(4):514–522. doi:10.1111/jdi.12611
19. Ferguson BK, Wilson PB. Ordered eating and its effects on various postprandial health markers: a systematic review. J Am Nutr Assoc. 2023;42(8):746–757. doi:10.1080/27697061.2022.2161664

การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันคาโนลาที่วางจำหน่ายในประเทศไทย

DETERMINATION OF RESIDUAL HEXANE LEVELS IN CANOLA OIL MARKETED IN THAILAND

ปิยวรรณ โรจนธีรไพศาล*

PIYAWAN ROJANATHEEREPAISAN

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130713@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย, พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์** และ กฤชมงคล กมลสุวรรณ****

PHAWIT NORCHAI, PANSAK SUKRAROEK, KRITMONGKHON KAMONSUWAN

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor,

Assistant Professor Pansak Sukraroek, M.D., Kritmongkhon Kamonsuwan, Ph.D., Co-Advisors

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com, pansak@bumrungraddoctor.com and kritmongkhon.kam@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

น้ำมันพืชที่ผลิตในระดับอุตสาหกรรมมักใช้เฮกเซน (Hexane) เป็นตัวทำละลายในกระบวนการสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืช เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงและช่วยเพิ่มผลผลิตทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม เฮกเซนเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสในระยะยาว โดยเฉพาะต่อระบบประสาท ระบบทางเดินหายใจ และระบบสืบพันธุ์ จึงมีการกำหนดมาตรฐานควบคุมปริมาณสารตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อคุ้มครองผู้บริโภค การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาที่จำหน่ายในประเทศไทย และประเมินความสอดคล้องของระดับสารตกค้างกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของสหภาพยุโรปตามข้อกำหนด Directive 2009/32/EC ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาที่วางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 6 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนตกค้างด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างน้ำมันคาโนลาทั้ง 6 ตัวอย่างมีอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของ n-hexane และสารมาตรฐานภายใน (n-heptane) ในระดับต่ำมาก โดยเมื่อนำข้อมูลไปคำนวณจากสมการมาตรฐานเชิงเส้น พบว่าไม่ตรวจพบปริมาณเฮกเซนตกค้าง (Not Detected) ในทุกตัวอย่าง ทั้งนี้ปริมาณเฮกเซนที่ตรวจวัดได้อยู่ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของวิธีวิเคราะห์ และต่ำกว่าค่าสูงสุดที่กฎหมายสหภาพยุโรปตาม Directive 2009/32/EC กำหนดไว้ที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษามีระดับเฮกเซนตกค้างอยู่ในเกณฑ์ความปลอดภัยที่กำหนด และสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเฝ้าระวังคุณภาพและความปลอดภัยของน้ำมันพืชในประเทศไทยได้

คำสำคัญ: เฮกเซนตกค้าง, น้ำมันพืช, น้ำมันคาโนลา, เฮดสเปซแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี, ความปลอดภัยด้านอาหาร

Abstract

Vegetable oils produced on an industrial scale commonly utilize hexane as an extraction solvent due to its high extraction efficiency and economic advantages in oil recovery. However, hexane is a volatile organic compound that may pose adverse health effects following long-term exposure, particularly on the nervous, respiratory, and reproductive systems. Consequently, regulatory limits for residual hexane in food products have been established to ensure consumer safety. This study aimed to analyze the level of residual hexane in canola oil products marketed in Thailand and to evaluate the compliance of these residue levels with the safety standards established by the European Union under Directive 2009/32/EC. Six canola oil samples available in supermarkets within the Bangkok Metropolitan Area were included in this study. All samples were analyzed for residual hexane content using Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS). The results showed that all six canola oil samples exhibited very low peak area ratios of *n*-hexane to the internal standard (*n*-heptane). Quantitative analysis based on the linear calibration equation indicated that residual hexane was not detected (Not Detected) in any of the samples. The measured hexane concentrations were below the limit of detection of the analytical method and lower than the maximum residue limit of 1 mg/kg established by the European Union under Directive 2009/32/EC. These findings suggest that the products within the studied sample group had residual hexane levels within the specified safety requirements, which can serve as baseline information for future quality monitoring and safety surveillance of edible vegetable oils in Thailand.

Keywords: Residual Hexane, Vegetable Oil, Canola Oil, Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry, Food Safety

บทนำ

น้ำมันพืชเป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการประกอบอาหารตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนถึงอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร และความต้องการใช้ยังคงเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตามการขยายตัวของประชากรและรายได้ต่อหัว โดยฐานข้อมูลการตลาดประเมินว่าการบริโภคน้ำมันพืชทั่วโลกเติบโตเฉลี่ยราวร้อยละ 2.5 ต่อปีในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา[1] ขณะที่น้ำมันคาโนลาเป็นกลุ่มที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ด้วยอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีประมาณร้อยละ 4 ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการที่ผู้บริโภคให้น้ำหนักกับคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะสัดส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สูงและกรดไขมันอิ่มตัวที่ต่ำกว่าน้ำมันพืชหลายชนิด[2,4]

การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ตัวทำละลายอินทรีย์อย่างเฮกเซน เพราะให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าและสูญเสียน้อยกว่าการบีบอัดเชิงกล จึงคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากกว่า[3] อย่างไรก็ตาม เฮกเซนเป็นสารระเหยง่ายและติดไฟได้ดี ทั้งยังมีข้อมูลพิษวิทยาบ่งชี้ว่าการสัมผัสต่อเนื่องสามารถส่งผลต่อระบบประสาทส่วนปลาย ระบบทางเดินหายใจ และระบบสืบพันธุ์ได้[6] กลไกความเป็นพิษสำคัญเกิดจากการที่ตับเปลี่ยน n-hexane ไปเป็น metabolite ที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทคือ 2,5-hexanedione ซึ่งสร้างพันธะกับโปรตีนของเส้นใยประสาทและรบกวนการขนส่งภายในแอกซอน นำไปสู่ภาวะเส้นประสาทส่วนปลายเสื่อม[7,8]

ด้วยเหตุนี้องค์กรกำกับดูแลจึงกำหนดปริมาณสารตกค้างในน้ำมันบริโภค โดยสหภาพยุโรปได้กำหนดผ่านข้อกำหนด Directive 2009/32/EC ให้เฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชที่เหมาะสมต่อการบริโภคไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[11] สอดคล้องกับที่ประเทศไทยออกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 461 พ.ศ. 2568 เรื่องสารทำละลายที่ใช้ในการสกัดสำหรับการผลิตอาหาร ซึ่งกำหนดปริมาณเดียวกันที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ยังคงมีหน่วยงานด้านความปลอดภัยอาหารยุโรป ได้เรียกร้องให้มีการประเมินความปลอดภัยของการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายสกัดซ้ำอีกครั้ง เนื่องจากยังมีช่องว่างด้านการประเมินความเสี่ยงต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะในกลุ่มเปราะบาง[12]

แม้จะมีงานวิจัยในต่างประเทศที่ตรวจวัดเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชด้วยเทคนิคที่ไวและจำเพาะ แต่ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาที่จำหน่ายจริงในประเทศไทยยังมีจำกัด เห็นได้จากในประเทศไทยเพิ่งจะมีการประกาศข้อกำหนดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันที่ใช้บริโภคในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 461 พ.ศ. 2568 ช่องว่างดังกล่าวมีนัยสำคัญในมุมของเวชศาสตร์ชะลอวัย เพราะหลักฐานปัจจุบันชี้ว่าสารพิษจากสิ่งแวดล้อมและตัวทำละลายอินทรีย์สามารถเร่งกระบวนการเสื่อมของเซลล์ผ่านความเครียดออกซิเดชันและการกระตุ้นภาวะเซลล์ชรา[10] การจัดทำข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับระดับสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคไทยใช้จริง จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญต่อการเฝ้าระวังคุณภาพและการกำหนดมาตรการความปลอดภัยอาหารที่เหมาะกับบริบทของประเทศ

คำถามงานวิจัย

ผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาที่จำหน่ายในประเทศไทยมีปริมาณเฮกเซนตกค้างอยู่ในระดับใดเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HS-GC/MS และระดับดังกล่าวสอดคล้องกับเกณฑ์ความปลอดภัยของสหภาพยุโรปตามข้อกำหนด Directive 2009/32/EC หรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาที่วางจำหน่ายในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS)
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเฮกเซนตกค้างที่ตรวจวัดได้กับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยของสหภาพยุโรปตามข้อกำหนด Directive 2009/32/EC
3. เพื่อประเมินความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษากับเกณฑ์มาตรฐานด้านสารตกค้างจากตัวทำละลายที่กำหนดโดยสหภาพยุโรป

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

น้ำมันคาโนลาสกัดจากเมล็ดพืชสกุล Brassica มีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อน พร้อมสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น วิตามินอี สเตอรอลพืช และสารต้านอนุมูลอิสระอื่น หลักฐานจากการทดลองเชิงควบคุมและการวิเคราะห์อภิมานบ่งชี้ว่า การบริโภคน้ำมันคาโนลาช่วยลดคอเลสเตอรอลและ LDL-C เมื่อเทียบกับน้ำมันพืชบางชนิด จึงให้ผลดีต่อดัชนีความเสี่ยงของระบบหัวใจและหลอดเลือด[4,5] คุณสมบัติที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพเหล่านี้เป็นเหตุผลหนึ่งที่ผลักดันให้กลุ่มคนที่รักสุขภาพบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลา

ในด้านกระบวนการผลิต การสกัดด้วยตัวทำละลายให้ผลผลิตสูงกว่าการบีบอัดเชิงกลอย่างชัดเจน แต่จำเป็นต้องมีขั้นตอนการกำจัดตัวทำละลายและการกลั่นที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดสารตกค้างก่อนถึงผู้บริโภค การจำแนกน้ำมันที่ผ่านการบีบเชิงกลออกจากน้ำมันที่สกัดด้วยตัวทำละลายสามารถทำได้ด้วยเทคนิค HS-GC-MS โดยอาศัยเกณฑ์ปริมาณตัวทำละลายตกค้างรวม กล่าวคือ น้ำมันบีบเชิงกลมักมีตัวทำละลายตกค้างรวมต่ำกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[13]

หลักฐานทางคลินิกและอาชีวเวชศาสตร์ยืนยันความเชื่อมโยงระหว่างการสัมผัสเฮกเซนเกินมาตรฐานกับภาวะเส้นประสาทส่วนปลายอักเสบทั้งสองข้าง (peripheral neuropathy) ซึ่งตรวจพบความผิดปกติของเส้นประสาทสั่งการและรับความรู้สึกได้จากการตรวจวินิจฉัยคลื่นไฟฟ้า และมีแนวโน้มฟื้นตัวได้เมื่อยุติการสัมผัสสารดังกล่าว[9] การสะสมของเฮกเซนในร่างกาย แม้ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดโรคในทันที สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว การลดการสัมผัสกับสารนี้ในสิ่งแวดล้อมและสถานที่ทำงานจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทและความเสื่อมของเซลล์การศึกษาทางพิษวิทยาพบว่า การสัมผัสเฮกเซนที่มีความเข้มข้นสูงในระยะสั้น (acute exposure) อาจทำให้เกิดอาการเฉียบพลัน เช่น ระคายเคืองต่อดวงตาและทางเดินหายใจ ส่วนการสัมผัสในระดับต่ำแต่ต่อเนื่อง (chronic exposure)

สามารถนำไปสู่ผลกระทบที่ไม่แสดงอาการชัดเจนในทันที แต่แสดงผลสะสมในระยะยาว เช่น การเสื่อมของระบบประสาทส่วนปลาย (*peripheral neuropathy*) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารเมตาโบไลต์ของเฮกเซน เช่น 2,5-hexanedione ที่มีความเป็นพิษต่อเซลล์ประสาท[9] ในมุมของเวชศาสตร์ชะลอวัย สารพิษสิ่งแวดล้อม รวมถึงตัวทำละลายอินทรีย์ถูกเสนอว่าเป็นปัจจัยเร่งความเสื่อมของเซลล์ ผ่านความไม่สมดุลของระบบรีดอกซ์ การสะสมอนุมูลอิสระ และการกระตุ้นภาวะเซลล์ชรา ซึ่งสัมพันธ์กับโรคที่พบตามวัย[10] ภาพรวมขององค์ความรู้จึงสนับสนุนความจำเป็นในการเฝ้าระวังสารตกค้างในอาหารอย่างต่อเนื่อง

จากกรอบหลักฐานข้างต้น ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาที่วางจำหน่ายในประเทศไทยมีปริมาณเฮกเซนตกค้างอยู่ในระดับที่สอดคล้องกับเกณฑ์ความปลอดภัยของสหภาพยุโรปตามข้อกำหนด Directive 2009/32/EC

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสังเกตภาคตัดขวางในห้องปฏิบัติการ (laboratory-based cross-sectional observational study) ด้วยการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ประชากรเป้าหมายคือน้ำมันคาโนลาผ่านกรรมวิธีชนิดบรรจุขวดขนาด 1 ลิตรที่จำหน่ายในประเทศไทยภายใต้การควบคุมตามกฎหมายอาหาร และเก็บตัวอย่างด้วยวิธีไม่อาศัยความน่าจะเป็นแบบเลือกตามสะดวก จากซูเปอร์มาร์เก็ตในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 6 ผลิตภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์ละ 1 ตัวอย่าง) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาทั้งหมดที่สำรวจได้ในเขตกรุงเทพมหานคร

เกณฑ์การคัดเลือกและการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่นำเข้าวิเคราะห์ต้องเป็นขวดบรรจุ 1 ลิตรที่ปิดสนิทไม่มีความเสียหาย มีฉลากระบุยี่ห้อ ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้า เลขสารบบอาหาร วันที่ผลิตและวันหมดอายุครบถ้วน และมีอายุการเก็บเหลืออย่างน้อย 6 เดือนนับจากวันเก็บตัวอย่างเพื่อลดผลของการเสื่อมคุณภาพตามอายุสินค้า เมื่อได้ตัวอย่างแล้วผู้วิจัยบันทึกข้อมูลผลิตภัณฑ์ ถอดฉลากและกำหนดรหัสแบบปิดบังชื่อยี่ห้อ (de-identification) จัดเก็บในที่แห้งที่อุณหภูมิห้อง หลีกเลี่ยงความร้อน แสง และความชื้น จนถึงวันส่งวิเคราะห์

เครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้คอลัมน์ TG-624 (30 เมตร × 0.25 มิลลิเมตร × 1.4 ไมโครเมตร) วิธีการวิเคราะห์ดัดแปลงจากวิธีของ Jeong และคณะ[14] มีการปรับ Column temperature และ Inlet temperature เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือโดยปรับอุณหภูมิคอลัมน์และอุณหภูมิช่องนำเข้าสารตามข้อจำกัดของเครื่องมือ และแสดงผลในรูปแบบ Chromatogram ดังสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Chromatography system

Instrument	: Gas chromatograph-Mass Spectrometer (GC/MS; Thermo Scientific: Trace1310 – TSQ9000 Equipped with TriPlus RSH)
Column	: TG-624 (30 m x 0.25 mm I.D. x 1.4 µm)
Column temperature	: คงอุณหภูมิที่35°C เป็นเวลา 10 นาทีหลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น220°C ที่อัตรา 25°C/min เป็นเวลา 5 นาที
Column flow	: 1.0 mL/min
Inlet temperature	: 220°C
Analysis mode	: Scanning และ selected ion monitoring (SIM)
Headspace oven temperature	: 100°C
Syring temperature	: 120°C
Equilibration time	: 30 min

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและการสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานหลัก n-hexane (99%) ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารมาตรฐานภายใน n-heptane (99%) ที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ N,N-dimethylacetamide (99.5%) เป็นตัวทำละลายปรับปริมาตร จากนั้นเจือจางสารละลายมาตรฐานหลักเป็นชุดความเข้มข้น 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร พร้อมเติมสารมาตรฐานภายในปริมาตรเท่ากันทุกหลอด แล้วถ่ายลง headspace vial เพื่อวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างและการแปลผล

ปิเปตตัวอย่างน้ำมันปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรลงใน headspace vial ผลิตภัณฑ์ละ 3 ซ้ำ เติมสารมาตรฐานภายในแล้วปรับปริมาตรด้วย N,N-dimethylacetamide จากนั้นวิเคราะห์ด้วย HS-GC/MS ในโหมด SIM โดยติดตามไอออนจำเพาะของ n-hexane ที่ m/z 57, 41, 43 และ n-heptane ที่ m/z 43, 71, 57 บันทึกพื้นที่พีคของ n-hexane (A_{hexane}) และของสารมาตรฐานภายใน (A_{IS}) แล้วคำนวณอัตราส่วนพื้นที่พีคเป็นร้อยละตามสมการ $\%R = (A_{hexane} / A_{IS}) \times 100$ นำค่า %R ไปแทนในสมการกราฟมาตรฐานเพื่อหาความเข้มข้นของเฮกเซน (มิลลิกรัมต่อลิตร) แล้วคำนวณเทียบกับมวลเพื่อรายงานเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของสหภาพยุโรป ผลนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ตัวอย่างน้ำมันคาโนลาทั้ง 6 ผลิตภัณฑ์ (กำหนดรหัส A–F) มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกัน คือเป็นของเหลวสีเหลืองใสหนืด บรรจุภัณฑ์ปิดสนิทไม่รั่วซึม และมีอายุการเก็บเหลือเพียงพอตามเกณฑ์ รายละเอียดของตัวอย่างแสดงในตารางที่ 2

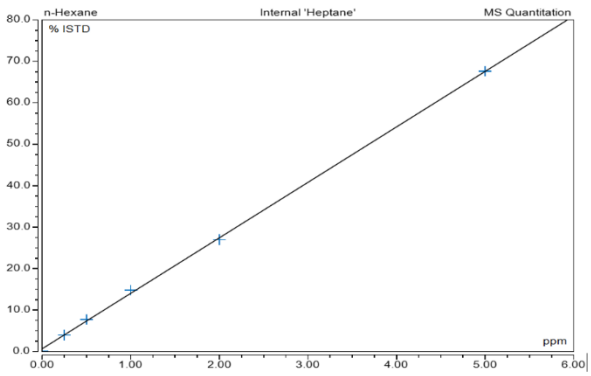
ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างน้ำมันคาโนลาจำนวน 6 ตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะตัวอย่าง	บรรจุภัณฑ์	วันที่ผลิต	วันหมดอายุ
A	สีเหลืองใส หนืด	ปิดสนิท ไม่รั่วซึม	22/02/2569	22/02/2571
B	สีเหลืองใส หนืด	ปิดสนิท ไม่รั่วซึม	27/01/2569	26/07/2570
C	สีเหลืองใส หนืด	ปิดสนิท ไม่รั่วซึม	08/02/2568	07/08/2570
D	สีเหลืองใส หนืด	ปิดสนิท ไม่รั่วซึม	12/12/2568	13/12/2570
E	สีเหลืองใส หนืด	ปิดสนิท ไม่รั่วซึม	16/12/2568	17/06/2570
F	สีเหลืองใส หนืด	ปิดสนิท ไม่รั่วซึม	21/11/2568	21/11/2570

กราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารละลายมาตรฐานในช่วง 0–5 มิลลิกรัมต่อลิตรแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ดีมาก ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 1 โดยได้สมการถดถอย $y = 13.383x + 0.6894$ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9996 ซึ่งยืนยันว่าระบบการวิเคราะห์ให้การตอบสนองเชิงเส้นที่เชื่อถือได้ในช่วงความเข้มข้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3 อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟต่อความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

ความเข้มข้น hexane (mg/L)	อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟ (ร้อยละ)
0.00 (Blank)	0.13
0.25	3.98
0.50	7.74
1.00	14.77
2.00	26.99
5.00	67.62



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่พีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฮกเซน

จากการทดสอบตรวจวัดหาปริมาณเฮกเซนในน้ำมันคาโนลาผ่านกรรมวิธีแบบบรรจุขวดที่จำหน่ายในประเทศไทย พบว่าใน 6 ตัวอย่าง ได้แก่ A, B, C, D, E และ F มีอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟจุดสูงสุดของ hexane (A_{hexane}) และ heptane (A_{IS}) ปริมาณเล็กน้อย (Trace)

ตารางที่ 4 อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟของน้ำมันคาโนลาจำนวน 6 ตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	อัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟ (ร้อยละ)			Mean±SD
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	
A	ND*	0.24	0.11	-**
B	ND*	0.08	ND*	-
C	0.11	ND*	ND*	-
D	ND*	ND*	ND*	-
E	0.09	ND*	ND*	-
F	ND*	ND*	ND*	-

*หมายเหตุ: ND = Not Detected (ไม่พบสารตกค้าง)

**หมายเหตุ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ประกอบด้วยตัวอย่างที่รายงานผลเป็น ไม่ตรวจพบ (Not Detected; ND) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเป็น ข้อมูลต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัด (left-censored data) และการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ดำเนินการหาค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และค่าขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) ของวิธีวิเคราะห์ จึงไม่สามารถกำหนดค่าทดแทน (substitution value) สำหรับข้อมูลดังกล่าวได้อย่างเหมาะสมตามหลักสถิติ ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) ได้

เมื่อนำข้อมูลอัตราส่วนพื้นที่ใต้กราฟมาเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณเฮกเซนตกค้างจากสมการ ถดถอยเชิงเส้น y = 13.383x + 0.6894 ให้ผลเป็นค่าติดลบในทุกตัวอย่างและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานสหภาพ ยุโรป (1 mg/kg) ตามข้อกำหนด Directive 2009/32/EC ทุกตัวอย่าง ดังสรุปในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดปริมาณเฮกเซนในน้ำมันคาโนลาจำนวน 6 ตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	ปริมาณเฮกเซน (mg/kg)			เทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน EU
	ขวดที่ 1	ขวดที่ 2	ขวดที่ 3	
A	ND*	ND*	ND*	ต่ำกว่ามาตรฐาน
B	ND*	ND*	ND*	ต่ำกว่ามาตรฐาน
C	ND*	ND*	ND*	ต่ำกว่ามาตรฐาน
D	ND*	ND*	ND*	ต่ำกว่ามาตรฐาน
E	ND*	ND*	ND*	ต่ำกว่ามาตรฐาน
F	ND*	ND*	ND*	ต่ำกว่ามาตรฐาน

หมายเหตุ: ND = Not Detected (ไม่พบสารตกค้าง)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ น้ำมันคาโนลาที่จำหน่ายในประเทศไทยทั้ง 6 ตัวอย่างมีปริมาณเฮกเซนตกค้างต่ำกว่าเกณฑ์ของสหภาพยุโรปตามข้อกำหนด Directive 2009/32/EC ที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การที่ผลิตภัรฑ์ทุกตัวอย่างให้ผลไม่พบสารตกค้างสะท้อนว่ากระบวนการกำจัดตัวทำละลายและการกลั่นภายหลังการสกัดในระดับอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะลดเฮกเซนให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้สำหรับการบริโภค

ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Jeong และคณะที่ตรวจผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 60 ตัวอย่างด้วย HS-GC/MS และ HS-GC/FID และพบว่าระดับเฮกเซนตกค้างในกลุ่มน้ำมันส่วนใหญ่อยู่ในช่วงราว 0.39–0.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งยังต่ำกว่าเกณฑ์ของสหภาพยุโรป[14] เช่นเดียวกับ

การศึกษาของ Samsuri และคณะ ในน้ำมันบริโภคของประเทศมาเลเซีย ที่พบว่าน้ำมันส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ยกเว้นน้ำมันดอกทานตะวันบางตัวอย่างที่เกินเกณฑ์ บ่งชี้ว่าระดับสารตกค้างอาจแปรผันตามชนิดน้ำมันและกระบวนการผลิต[15] ในทำนองเดียวกัน Oh และคณะ ตรวจน้ำมันพืชเชิงพาณิชย์ 87 ตัวอย่าง พบเฮกเซนตกค้างเพียงประมาณร้อยละ 10 ของตัวอย่าง ซึ่งเป็นการตอกย้ำว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชส่วนใหญ่ในท้องตลาดผ่านเกณฑ์ความปลอดภัย[16]

ในเชิงวิธีวิเคราะห์ เทคนิค HS-GC/MS ที่ใช้ในการศึกษานี้มีความจำเพาะสูงในการระบุสาร จึงช่วยลดการรบกวนจากสารระเหยอื่นที่อาจปรากฏในส่วนประกอบของน้ำมัน แม้ว่ามาตรฐานสากลจำนวนมากจะนิยมใช้ HS-GC/FID ร่วมด้วย แต่แนวโน้มผลลัพธ์จากทั้งสองเทคนิคมักสอดคล้องกันเมื่อดำเนินการภายใต้สภาวะที่เหมาะสม[13,14] ในมุมของเวชศาสตร์ชะลอวัยและการดูแลสุขภาพเชิงป้องกัน ผลการศึกษานี้ให้ความมั่นใจเบื้องต้นว่าการบริโภคน้ำมันคาโนลาในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาไม่น่าจะเป็นแหล่งสำคัญของการได้รับเฮกเซนสะสม ซึ่งสอดรับกับความกังวลเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับบทบาทของสารพิษสิ่งแวดล้อมต่อความเครียดออกซิเดชันและภาวะเซลล์ชรา[10] อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์น้ำมันยังอาจได้รับผลกระทบจากระยะเวลาและสภาวะการเก็บรักษา จึงควรมีการติดตามคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการวิจัย

การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันคาโนลาที่จำหน่ายในประเทศไทยจำนวน 6 ตัวอย่างด้วยเทคนิค HS-GC/MS พบว่าทุกตัวอย่างให้ผลไม่พบสารตกค้าง (Not Detected) และมีระดับต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานด้านความปลอดภัยของสหภาพยุโรป ภายใต้ข้อกำหนด Directive 2009/32/EC คือต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์น้ำมันคาโนลาในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นไปตามเกณฑ์ความปลอดภัยสากลด้านสารตกค้างจากตัวทำละลาย และสะท้อนถึงประสิทธิภาพของกระบวนการกำจัดเฮกเซนในการผลิต ข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เบื้องต้นเพื่อเสริมความเชื่อมั่นต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเป็นฐานข้อมูลสำหรับการเฝ้าระวังความปลอดภัยอาหารของน้ำมันบริโภคในประเทศไทย

ข้อจำกัด ข้อเสนอแนะ และงานวิจัยในอนาคต

การศึกษานี้มีข้อจำกัดที่ควรคำนึงในการแปลผล (1) จำนวนตัวอย่างเพียง 6 ผลิตภัณฑ์และเก็บเพียงครั้งเดียว จึงไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และไม่สามารถอ้างเป็นตัวแทนของน้ำมันคาโนลาทั้งตลาดได้ (2) การเก็บเพียงครั้งเดียวอาจไม่สะท้อนความแปรปรวนระหว่างรุ่นการผลิตหรือช่วงเวลาผลิตที่ต่างกัน (3) การศึกษานี้ไม่ได้ดำเนินการหาค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (LOD) และขีดจำกัดการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ของวิธีที่ใช้ จึงยังยืนยันสมรรถนะของวิธีในการตรวจวัดที่ระดับความเข้มข้นต่ำได้ไม่ครบถ้วนตามหลักการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ผลที่รายงานจึงควรตีความภายใต้ข้อจำกัดนี้ (4) ปัจจัยด้านอุณหภูมิ แสง และความชื้นก่อนการเก็บตัวอย่างอาจส่งผลต่อผลการวิเคราะห์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ควบคุมสภาวะการเก็บรักษาหลังจากทำการตัวอย่างให้เหมือนกันตลอดการศึกษา

สำหรับการศึกษาในอนาคต ผู้วิจัยเสนอให้ (1) เพิ่มจำนวนและความหลากหลายของตัวอย่างให้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นทะเบียน เพื่อให้สามารถอนุมานสู่ระดับประชากรได้ (2) เก็บตัวอย่างจากหลายรุ่นการผลิตและหลายช่วงเวลาเพื่อประเมินความแปรปรวน และ (3) ดำเนินการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีอย่างเป็นระบบ รวมถึงการหาค่า LOD และ LOQ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการรายงานผลเชิงปริมาณ ทั้งนี้ การพัฒนาระบบเฝ้าระวังสารตกค้างอย่างต่อเนื่องจะช่วยคุ้มครองผู้บริโภคควบคู่ไปกับการส่งเสริมการเข้าถึงน้ำมันพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการอย่างปลอดภัย

เอกสารอ้างอิง

1. Statista. Global vegetable oil consumption from 2015 to 2025. Hamburg: Statista; 2024.
2. Fortune Business Insights. Rapeseed oil market size, share & COVID-19 impact analysis, by application, and regional forecast, 2023–2030. Pune: Fortune Business Insights; 2025.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Oilseed processing for small-scale producers. Rome: FAO; 2011.
4. Shen J, Liu Y, Wang X, Bai J, Lin L, Luo F, et al. A comprehensive review of health-benefiting components in rapeseed oil. Nutrients. 2023;15(4):999.
5. Amiri M, Raeisi-Dehkordi H, Sarrafzadegan N, Forbes SC, Salehi-Abargouei A. The effects of canola oil on cardiovascular risk factors: a systematic review and meta-analysis with dose-response analysis of controlled clinical trials. Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2020;30(12):2133–45.
6. Iwata M, Takeuchi Y, Hisanaga N, Ono Y. Changes of n-hexane neurotoxicity and its urinary metabolites by long-term co-exposure with MEK or toluene. Int Arch Occup Environ Health. 1984;54(4):273–81.
7. Cravotto C, Fabiano-Tixier AS, Claux O, Abert-Vian M, Tabasso S, Cravotto G, et al. Towards substitution of hexane as extraction solvent of food products and ingredients with no regrets. Foods. 2022;11(21):3412.
8. Spencer PS, Schaumburg HH. Experimental neuropathy produced by 2,5-hexanedione—a major metabolite of the neurotoxic industrial solvent methyl n-butyl ketone. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 1975;38(8):771–5.
9. Chang YC. Patients with n-hexane-induced polyneuropathy: a clinical follow up. Br J Ind Med. 1990;47(7):485–9.
10. Wise RM, Wise JP Jr, Andersen JK, Aschner M. Editorial: a toxic aging coin perspective to investigate the intersection of toxicology and aging. Front Toxicol. 2024;6:1527706.
11. European Parliament and Council. Directive 2009/32/EC of 23 April 2009 on the approximation of the laws of the Member States on extraction solvents used in the production of foodstuffs and food ingredients (Recast). Off J Eur Union. 2009;L141:3–11.
12. European Food Safety Authority (EFSA), Comandella D, Binaglia M, Fürst P, Grob K, Mengelers M, et al. Technical report on the need for re-evaluation of the safety of hexane used as an extraction solvent in the production of foodstuffs and food ingredients. EFSA Support Publ. 2024;21(9):EN-9001.

13. Liu Y, Chai Z, Yu H. Identification of pressed and extracted vegetable oils by headspace GC-MS. Heliyon. 2023;9(8):e18532.
14. Jeong EJ, Lee SH, Kim BT, Lee G, Yun SS, Lim HS, et al. An analysis method for determining residual hexane in health functional food products using static headspace gas chromatography. Food Sci Biotechnol. 2017;26(2):363–8.
15. Samsuri AH, Ang MY, Ng SY. Optimization of residual hexane in edible oils analysis using static headspace gas chromatography. Int J Anal Chem. 2021;2021:1941336.
16. Oh CH, Kwon YK, Jang YM, Lee DS, Park JS. Headspace analysis for residual hexane in vegetable oil. Food Sci Biotechnol. 2005;14:456–60.

การตรวจวัดปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่วางจำหน่ายในประเทศไทย

DETERMINATION OF RESIDUAL HEXANE LEVELS IN SOYBEAN OILS MARKETED IN THAILAND

ปณิตา อ่อนน้อม*

PANITA ONNOM

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 67130818@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย และ พันธ์ศักดิ์ ศุกระฤกษ์****

PHAWIT NORCHAI, PANSAK SUKRAROEK

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor,

Assistant Professor Pansak Sukraroek, M.D., Co-advisor

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com and pansak@bumrungraddoctor.com

บทคัดย่อ

น้ำมันถั่วเหลืองเป็นหนึ่งในน้ำมันพืชที่มีการผลิตและบริโภคอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยในกระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรมมักใช้ n-hexane เป็นตัวทำละลายในการสกัดน้ำมัน เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการสกัดสูง แม้ว่ากระบวนการกลั่นจะสามารถกำจัดตัวทำละลายส่วนใหญ่ได้ แต่ยังอาจพบสารเฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้ในบางกรณี ซึ่งการได้รับเฮกเซนในปริมาณสูงหรือเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะระบบประสาท ด้วยเหตุนี้ หลายประเทศจึงได้กำหนดค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหาร การศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณเฮกเซนตกค้าง (n-hexane residue) ในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทย และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (Maximum Residue Limit; MRL) ตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสังเกตภาคตัดขวางเชิงห้องปฏิบัติการแบบพรรณนา โดยคัดเลือกตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองบรรจุขวดที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาและวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ยี่ห้อ ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ตัวอย่างทั้งหมดถูกนำมาวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนตกค้างด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) โดยวิเคราะห์ซ้ำจำนวน 3 ครั้งต่อตัวอย่าง (n = 3) ผลการศึกษาพบว่า ไม่ตรวจพบเฮกเซนตกค้างในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 5 ตัวอย่างภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษา และไม่พบหลักฐานของการปนเปื้อนในระดับที่สามารถตรวจวัดได้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้างตามมาตรฐานสหภาพยุโรปที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่พบตัวอย่างใดที่มีผลบ่งชี้ถึงการไม่เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว ผลการศึกษานี้ให้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทย ซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าระวังและประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองบริโภคในอนาคต

คำสำคัญ: เฮกเซนตกค้าง, น้ำมันถั่วเหลือง, Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry, ความปลอดภัยอาหาร, ตัวทำละลายสกัด

Abstract

Soybean oil is one of the most widely produced and consumed vegetable oils worldwide. In industrial production processes, n-hexane is commonly used as an extraction solvent due to its high efficiency. Although the refining process can eliminate most of the solvent, residual hexane may still remain in the finished product in some cases. High or prolonged exposure to hexane can affect health, particularly the nervous system. Consequently, many countries have established maximum residue limits for food products. This independent study aimed to determine the levels of n-hexane residue in soybean oils marketed in Thailand and to compare the analytical results with the Maximum Residue Limit (MRL) specified by the European Union standard. This study was conducted as an observational, cross-sectional, laboratory-based descriptive study. Five brands of bottled soybean oil products, registered with the Thai Food and Drug Administration (FDA) and available in supermarkets within the Bangkok Metropolitan Area, were selected using purposive sampling. All samples were analyzed for residual hexane content using Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) in triplicate (n = 3 for each sample).The results showed that residual n-hexane was not detected in any of the five soybean oil samples under the analytical conditions employed in this study, and no evidence of contamination at detectable levels was observed. When compared with the European Union maximum residue limit, which is set at not exceeding 1 mg/kg, no sample indicated non-compliance with the established standard. These findings provide baseline information on residual hexane in soybean oils marketed in Thailand, which may be beneficial for future food safety surveillance and consumer safety assessments of edible soybean oil products.

Keywords: Residual Hexane, Soybean Oil, Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry, Food Safety, Extraction Solvent

บทนำ

น้ำมันพืชเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก เนื่องจากใช้เป็นส่วนประกอบหลักในการประกอบอาหาร การทอด และการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปหลายชนิด นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นที่มีบทบาทต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น กรดไลโนเลอิกและกรดอัลฟาไลโนเลนิก ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมและการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย น้ำมันพืชที่มีการผลิตและบริโภคอย่างแพร่หลาย ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันคาโนลา โดยเฉพาะ น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) ซึ่งเป็นหนึ่งในน้ำมันพืชที่มีปริมาณการผลิตสูงที่สุดในโลก เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่เหมาะสมต่อการแปรรูปอาหารและมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วนสูง[1,2] ในกระบวนการผลิตน้ำมันพืชระดับอุตสาหกรรม การสกัดน้ำมันจากเมล็ดพืชสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การบีบอัดเชิงกล (mechanical pressing) และการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ (solvent extraction) โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถสกัดน้ำมันออกจากวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการบีบอัด ตัวทำละลายที่ใช้มากที่สุดในการสกัดน้ำมันพืชคือ n-hexane ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในกลุ่มแอลเคนที่มีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว สามารถละลายสารกลุ่มลิพิดได้ดี และมีจุดเดือดต่ำ ทำให้สามารถแยกออกจากน้ำมันได้ง่ายผ่านกระบวนการระเหยและการกลั่น[3,4] แม้ว่ากระบวนการกลั่นน้ำมันในอุตสาหกรรม เช่น การกำจัดกัม (degumming) การทำให้เป็นกลาง (neutralization) การฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (deodorization) จะสามารถกำจัดตัวทำละลายส่วนใหญ่ที่ใช้ในกระบวนการสกัดออกจากผลิตภัณฑ์ได้ แต่ยังมีรายงานว่าสามารถตรวจพบ เฮกเซนตกค้าง (hexane residue) ในระดับต่ำในน้ำมันพืชบริโภคได้ในบางกรณี[3]

เฮกเซนจัดเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compound; VOC) และมีรายงานทางพิษวิทยาระบุว่าการได้รับ n-hexane ในระดับสูงหรือเป็นเวลานาน โดยเฉพาะจากการสัมผัสทางอาชีวอนามัย สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral neuropathy) ผ่านการเปลี่ยนแปลงเป็นเมแทบอไลต์ที่มีพิษ เช่น 2,5-hexanedione[5] ด้วยเหตุนี้ หลายประเทศและองค์กรระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานด้านความปลอดภัยอาหารเพื่อควบคุมระดับสารตกค้างของตัวทำละลายในผลิตภัณฑ์อาหาร ตัวอย่างเช่น สหภาพยุโรปได้กำหนดค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (Maximum Residue Limit; MRL) สำหรับเฮกเซนในน้ำมันและไขมันบริโภคไว้ไม่เกิน 1 mg/kg ภายใต้ Directive 2009/32/EC[6] ในประเทศไทยมีการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับสารทำละลายที่ใช้ในการสกัดสำหรับใช้ในการผลิตอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 461) พ.ศ. 2568 แล้ว อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับระดับเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่วางจำหน่ายในประเทศยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะข้อมูลจากการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้จริงในท้องตลาด ดังนั้น การเฝ้าระวังและการศึกษาระดับเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองจึงยังมีความสำคัญ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคและการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยอาหารต่อไป[7] ในช่วงที่ผ่านมา มีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์สารระเหย

ตกค้างในอาหารอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) ซึ่งมีความสามารถในการตรวจวิเคราะห์สารระเหยในระดับร่องรอย (trace level) ได้อย่างมีความไวและความจำเพาะสูง เทคนิคดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบสารตกค้างของตัวทำละลายในผลิตภัณฑ์อาหารและน้ำมันพืชอย่างแพร่หลายในงานวิจัยและการควบคุมคุณภาพ[6]

อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับระดับเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชที่จำหน่ายในประเทศไทย โดยเฉพาะน้ำมันถั่วเหลือง ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทย โดยใช้เทคนิค HS-GC/MS ในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับระดับสารตกค้างดังกล่าว และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากล อันจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคและการกำกับดูแลด้านความปลอดภัยอาหารในอนาคต

คำถามงานวิจัย

1. น้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทย มีปริมาณเฮกเซนตกค้างหรือไม่ อยู่ในระดับเท่าใด
2. ปริมาณเฮกเซนตกค้างที่ตรวจพบในน้ำมันถั่วเหลือง สอดคล้องกับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (maximum residue limit; MRL) ตามมาตรฐานสหภาพยุโรปหรือไม่ (Directive 2009/32/EC)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทยโดยใช้เทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS)
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเฮกเซนตกค้างที่ตรวจพบกับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (MRL) ตามมาตรฐานสหภาพยุโรป (Directive 2009/32/EC)

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า n-hexane เป็นตัวทำละลายที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันพืช โดยเฉพาะน้ำมันถั่วเหลือง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการละลายไขมันสูงและสามารถแยกออกจากน้ำมันได้ด้วยกระบวนการระเหยและการกลั่น[3,8] อย่างไรก็ตาม แม้กระบวนการผลิตและการกลั่นน้ำมันจะมีขั้นตอนในการลดปริมาณตัวทำละลายตกค้าง แต่ยังมีรายงานการตรวจพบเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชบางชนิดในระดับต่ำ[9,10]

หลักฐานทางพิษวิทยาระบุว่า n-hexane สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบประสาท โดยเฉพาะจากการสัมผัสทางอาชีวอนามัยในระดับสูงหรือเป็นเวลานาน ขณะที่ข้อมูลเกี่ยวกับการได้รับเฮกเซนผ่านอาหารในระดับต่ำยังมีจำกัด[5,11,12] นอกจากนี้ สหภาพยุโรปได้กำหนดค่าขีดจำกัดสูงสุดของเฮกเซนตกค้างในน้ำมันและไขมันบริโภคไว้ไม่เกิน 1 mg/kg ภายใต้ Directive 2009/32/EC เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหาร[10]

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการตรวจวัดเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยเทคนิค Gas Chromatography โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับเทคนิค Headspace และเครื่อง

ตรวจวัดชนิด Mass Spectrometry ซึ่งมีความไวและความจำเพาะสูง เหมาะสำหรับการวิเคราะห์สารระเหยในระดับร่องรอย[6,13-15]อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่มุ่งศึกษาปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทยยังมีอยู่อย่างจำกัด[14,16,17]

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงตั้งสมมติฐานว่า น้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทยมีปริมาณเฮกเซนตกค้างไม่เกินค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้างตามมาตรฐานสหภาพยุโรปที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1 mg/kg[10]

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงสังเกตภาคตัดขวางเชิงห้องปฏิบัติการแบบพรรณนา (observational cross-sectional laboratory-based descriptive study) เพื่อศึกษาปริมาณเฮกเซนตกค้าง (n-hexane residue) ในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทย โดยใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS)

ประชากรเป้าหมายคือน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีชนิดบรรจุขวดขนาด 1 ลิตรที่วางจำหน่ายในประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งเป็นวิธีการคัดเลือกตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (non-probability sampling) โดยเลือกผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ยี่ห้อ

ผลการวิเคราะห์ถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (Maximum Residue Limit; MRL) สำหรับเฮกเซนในน้ำมันและไขมันบริโภคตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป (Directive 2009/32/EC) ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 1 mg/kg

เกณฑ์การคัดเลือกและการเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีชนิดบรรจุขวดขนาด 1 ลิตร จำนวน 5 ยี่ห้อ ซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตภายในเขตกรุงเทพมหานคร เกณฑ์การคัดเลือกตัวอย่าง ได้แก่ เป็นน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีชนิดบรรจุขวดมีขนาดบรรจุ 1 ลิตร มีฉลากแสดงเลขสารบบอาหารอย่างชัดเจน อยู่ในช่วงอายุผลิตภัณฑ์ตามที่ผู้ผลิตกำหนด บรรจุภัณฑ์อยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่ชำรุดหรือรั่วซึม ตัวอย่างแต่ละยี่ห้อถูกกำหนดรหัสเป็น A, B, C, D และ E เพื่อปกปิดข้อมูลทางการค้า จากนั้นเก็บรักษาตามสภาพบรรจุภัณฑ์เดิมจนถึงเวลาทำการวิเคราะห์ ก่อนการวิเคราะห์ ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองแต่ละชนิดถูกนำมาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) และชั่งตัวอย่างตามปริมาณที่กำหนดสำหรับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HS-GC/MS โดยทำการวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้งต่อหนึ่งตัวอย่าง

เครื่องมือและสภาวะการวิเคราะห์ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS) ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้คอลัมน์ TG-624 (30 เมตร × 0.25 มิลลิเมตร × 1.4 ไมโครเมตร) วิธีกำรวิเคราะห์ดัดแปลงจำกวิธีของ

Jeong และคณะ[14] มีการปรับ Column temperature และ Inlet temperature เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือโดยปรับอุณหภูมิคอลัมน์ และอุณหภูมิช่องนำเข้าสารข้อจำกัดของเครื่องมือ และแสดงผลในรูปแบบ Chromatogram ดังสรุปใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Chromatography system

Instrument	Gas chromatograph-Mass Spectrometer (GC/MS;Thermo Scientific: Trace1310 –TSQ9000 Equipped with TriPlus RSH)
Column	TG-624 (30 m x 0.25 mm I.D. x 1.4 μm)
Column temperature	คงอุณหภูมิที่ 35°C เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 220°C ที่อัตรา 25°C/min
Column flow	1.0 mL/min
Inlet temperature	220°C
Analysis mode	Scanning และ selected ion monitoring (SIM)
Headspace oven temperature	100°C
Syring temperature	120°C
Equilibration time	30 min

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและการสร้างกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานหลัก n-hexane (99%) ที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารมาตรฐานภายใน n-heptane (99%) ที่ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้ N,N-dimethylacetamide (99.5%) เป็นตัวทำละลายปรับปริมาตร จากนั้นเจือจางสำรละลายมำตรฐำนหลักเป็นชุดควำมเข้มข้น 0.25, 0.50, 1.00,2.00 และ 5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร พร้อมเติมสารมาตรฐานภายในปริมาตรเท่ากันทุกหลอด แล้วถ่ายลง headspace vial เพื่อวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างและการแปลผล

ดูดตัวอย่างน้ำมันปริมาตร 1.5 มิลลิลิตรลงใน headspace vial ผลิตภัณฑ์ละ 3 ซ้ำ เติมสารมาตรฐานภายในแล้วปรับปริมาตรด้วย N,N-dimethylacetamide จากนั้น นำไปวิเคราะห์ด้วย HS-GC/MS โดยใช้ SIM mode ที่ไอออนเฉพาะของ n-hexane ที่ m/z 57, 41 และ 43 และ n-heptane ที่ m/z 43, 71 และ 57 (อ้างอิงจาก Jeong และคณะ, 2017[6]) ผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปแบบโครมาโตแกรม โดยแสดงพีคของ n-hexane และ n-heptane ที่เวลาเก็บกัก (Retention time; RT) ทั้งนี้ n-heptane ถูกเติมเป็นสารมาตรฐานภายใน (Internal Standard) เพื่อใช้ติดตามความสม่ำเสมอของระบบวิเคราะห์และการเตรียมตัวอย่าง โดยการคำนวณเชิงปริมาณในการศึกษาครั้งนี้ใช้พื้นที่พีคของ n-hexane จากกราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้นสำหรับการวิเคราะห์

ผลการวิจัย

จากการคัดเลือก 5 ตัวอย่าง ผู้วิจัยได้กำหนดรหัสแทนยี่ห้อของตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีแบบบรรจุขวด ขนาด 1 ลิตร ดังต่อไปนี้ A, B, C, D และ E ดังที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลือง จำนวน 5 ตัวอย่าง

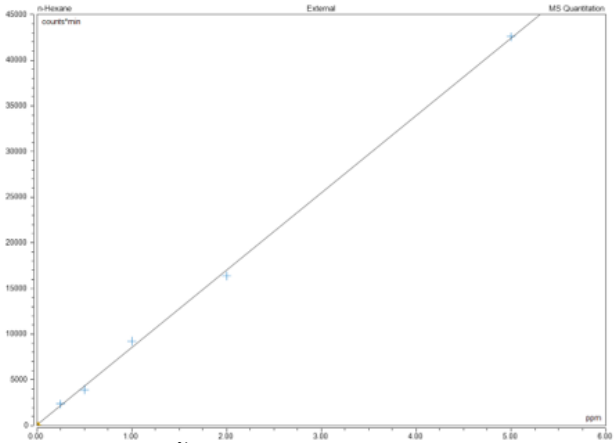
ตัวอย่าง	ขนาดบรรจุ(mL)	วันที่ผลิต	วันหมดอายุ	ราคา (บาท)	วันที่เก็บตัวอย่าง	สถานที่เก็บตัวอย่าง
A	1000	14/02/2569	14/02/2571	58	10/04/2569	ซูเปอร์มาร์เก็ต A
B	1000	17/03/2569	17/03/2571	50	10/04/2569	ซูเปอร์มาร์เก็ต A
C	1000	17/05/2568	17/05/2570	49	10/04/2569	ซูเปอร์มาร์เก็ต B
D	1000	04/02/2569	04/02/2571	48	10/04/2569	ซูเปอร์มาร์เก็ต C
E	1000	05/02/2569	05/02/2571	48	10/04/2569	ซูเปอร์มาร์เก็ต D

จากการเตรียมสารละลายมาตรบานเฮกเซนเพื่อสร้างกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 0-5 mg/L ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 พื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

ขวด	ความเข้มข้น hexane (mg/L)	พื้นที่ใต้กราฟ (count*min)
1	0.25	2369
2	0.50	3936
3	1.00	7177
4	2.00	15175
5	5.00	42560
6 (Blank)	0.00	83

เมื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟจุดสูงสุดของ n-hexane ความเข้มข้น n-hexane ช่วง 0-5 mg/L ได้สมการถดถอยเชิงเส้น y = 8467.1x + 73.493 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9991 ได้กราฟ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเฮกเซน

จากการตรวจวัดปริมาณเฮกเซนในน้ำมันถั่วเหลืองผ่านกรรมวิธีแบบบรรจุขวดที่จำหน่ายในประเทศไทย จำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่ A, B, C, D และ E พบว่าไม่ปรากฏพีคของ n-hexane ที่เวลาเก็บกัก (retention time) ตรงกับสารมาตรฐานในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด จึงรายงานผลเป็น ND (Not detected under the analytical conditions employed)

ตารางที่ 4 พื้นที่ใต้กราฟของน้ำมันถั่วเหลืองจำนวน 5 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	พื้นที่ใต้กราฟ (count*min)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
A	ND*	ND*	ND*
B	ND*	ND*	ND*
C	ND*	ND*	ND*
D	ND*	ND*	ND*
E	ND*	ND*	ND*

หมายเหตุ * คือ ND = Not detected under the analytical conditions employed.

เมื่อนำข้อมูลพื้นที่พีคของ n-hexane ไปเปรียบเทียบกับสมการกราฟมาตรฐาน พบว่าไม่ปรากฏพีคของ n-hexane ที่เวลาเก็บกัก (retention time) ตรงกับสารมาตรฐานในตัวอย่างทั้งหมด จึงรายงานผลเป็น ND (Not detected under the analytical conditions employed) และไม่พบหลักฐานของการปนเปื้อนเฮกเซนในระดับที่สามารถตรวจวัดได้ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ตารางที่ 5 ผลการตรวจวัดปริมาณเฮกเซนในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทยจำนวน 5 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ปริมาณเฮกเซน (mg/kg)			เทียบกับเกณฑ์มาตราฐานสหภาพยุโรป
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
A	ND*	ND*	ND*	ไม่เกินเกณฑ์
B	ND*	ND*	ND*	ไม่เกินเกณฑ์
C	ND*	ND*	ND*	ไม่เกินเกณฑ์
D	ND*	ND*	ND*	ไม่เกินเกณฑ์
E	ND*	ND*	ND*	ไม่เกินเกณฑ์

หมายเหตุ * คือ ND = Not detected under the analytical conditions employed.

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าตรวจไม่พบเฮกเซนตกค้างในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 5 ตัวอย่างภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยไม่พบพีคของ n-hexane ที่ตำแหน่ง retention time ตรงกับสารมาตรฐานในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ และไม่พบตัวอย่างใดที่มีผลบ่งชี้ถึงการไม่เป็นไปตามค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (Maximum Residue Limit; MRL) ตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป (Directive 2009/32/EC) ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1 mg/kg

ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yousefi และ Hosseini (2017) ซึ่งตรวจวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชเชิงพาณิชย์จำนวน 40 ตัวอย่างที่จำหน่ายในประเทศอิหร่าน พบว่าสามารถตรวจพบเฮกเซนในตัวอย่าง 36 ตัวอย่าง โดยมีปริมาณอยู่ในช่วงต่ำกว่า LOD ถึง 42.6 µg/kg และทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้างตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป[16] แม้ว่าการศึกษาดังกล่าวจะสามารถตรวจพบเฮกเซนได้ในบางตัวอย่าง แต่ระดับที่ตรวจพบอยู่ในระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยอาหาร ทั้งนี้ ผลการศึกษาครั้งนี้ยังแตกต่างจากการศึกษาของ Liu และคณะ ซึ่งรายงานการตรวจพบ n-hexane ในน้ำมันพืชบางตัวอย่างที่ผลิตด้วยกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยพบปริมาณสูงสุดประมาณ 8.998 mg/kg[18] ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากความแตกต่างของชนิดผลิตภัณฑ์ แหล่ง

วัตถุดิบ เทคโนโลยีการผลิต ระบบควบคุมคุณภาพ ตลอดจนความแตกต่างของวิธีวิเคราะห์และสภาวะการทดลองที่ใช้ในแต่ละการศึกษา

นอกจากการเปรียบเทียบผลการตรวจวัดกับงานวิจัยก่อนหน้าแล้ว วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการตรวจวิเคราะห์เฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืช โดย Oh CH และคณะ (2005) ได้ใช้เทคนิค Headspace Gas Chromatography–Flame Ionization Detection (HS-GC/FID) ในการวิเคราะห์เฮกเซนตกค้างในน้ำมันพืชเชิงพาณิชย์จำนวน 87 ตัวอย่าง และรายงานว่าวิธีดังกล่าวสามารถตรวจวัดเฮกเซนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม เครื่องตรวจวัดชนิด FID มีข้อจำกัดด้านความจำเพาะในการยืนยันชนิดของสาร เนื่องจากอาศัยการตรวจวัดสัญญาณจากการเผาไหม้ของสารประกอบอินทรีย์เป็นหลัก[17] ต่อมา Jeong และคณะ (2017) ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิค HS-GC/FID และ HS-GC/MS สำหรับการตรวจวิเคราะห์เฮกเซนตกค้างในอาหาร และพบว่า HS-GC/MS มีความจำเพาะและความแม่นยำสูงกว่า เนื่องจากสามารถยืนยันเอกลักษณ์ของสารจากมวลสเปกตรัม (mass spectrum) ได้โดยตรง พร้อมรายงานค่า recovery อยู่ในช่วงร้อยละ 96–120 และมีค่าความแปรปรวนต่ำ[6] ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้เทคนิค HS-GC/MS ซึ่งเป็นวิธีที่มีความไวและความจำเพาะสูง เหมาะสำหรับการตรวจวิเคราะห์เฮกเซนตกค้างในระดับร่องรอย และช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ที่รายงานว่าไม่ตรวจพบเฮกเซนในตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่ศึกษา

แม้ว่าผลการศึกษาครั้งนี้จะตรวจไม่พบเฮกเซนตกค้างในตัวอย่างที่ศึกษา แต่ควรพิจารณาข้อจำกัดของงานวิจัยร่วมด้วย เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการสำรวจผลิตภัณฑ์เพียง 5 ยี่ห้อ และเก็บตัวอย่างจากช่วงเวลาเดียว จึงอาจยังไม่สามารถเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์น้ำมันถั่วเหลืองทั้งหมดที่จำหน่ายในประเทศไทยได้ นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ดำเนินการหาค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) และค่าขีดจำกัดการหาปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) ของวิธีวิเคราะห์ภายใต้สภาวะที่ใช้ในการศึกษา ดังนั้นผลที่รายงานว่า “ไม่ตรวจพบ” จึงหมายถึงไม่ตรวจพบภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ และไม่สามารถสรุปได้ว่าไม่มีเฮกเซนตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์โดยสมบูรณ์

จากมุมมองของเวชศาสตร์ชะลอวัย การลดการสัมผัสสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมและอาหารเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพระยะยาว เนื่องจากมีรายงานว่าสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds; VOCs) หลายชนิดสามารถเกี่ยวข้องกับการเกิด oxidative stress และความผิดปกติของการทำงานของไมโทคอนเดรีย ซึ่งเป็นกลไกที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการชราและโรคเรื้อรังต่าง ๆ[19-21] แม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะไม่สามารถสรุปได้ว่าไม่มีเฮกเซนตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์โดยสมบูรณ์ แต่ผลการวิเคราะห์ที่ไม่ตรวจพบเฮกเซนภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองที่ศึกษามีระดับเฮกเซนต่ำกว่าขีดความสามารถในการตรวจวัดของวิธีที่ใช้ และไม่พบหลักฐานของการปนเปื้อนในระดับที่ตรวจวัดได้ ซึ่งอาจเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สนับสนุนการประเมินความปลอดภัยของผู้บริโภคในระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณเฮกเซนตกค้าง (n-hexane residue) ในน้ำมันถั่วเหลืองที่จำหน่ายในประเทศไทย และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (Maximum Residue Limit; MRL) ตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป (Directive 2009/32/EC)

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยน้ำมันถั่วเหลืองบรรจุขวดที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และวางจำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ตในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 5 ยี่ห้อ โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จากนั้นนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณเฮกเซนตกค้างด้วยเทคนิค Headspace Gas Chromatography–Mass Spectrometry (HS-GC/MS)

ผลการศึกษาพบว่า ตัวอย่างน้ำมันถั่วเหลืองทั้ง 5 ตัวอย่าง ตรวจไม่พบเฮกเซนตกค้างภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (Not detected under the analytical conditions employed; ND) โดยไม่พบพีคของ n-hexane ที่ตำแหน่ง retention time ตรงกับสารมาตรฐานในตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าขีดจำกัดสูงสุดของสารตกค้าง (Maximum Residue Limit; MRL) ตามมาตรฐานของสหภาพยุโรป (Directive 2009/32/EC) ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 1 mg/kg ไม่พบหลักฐานของการปนเปื้อนเฮกเซนในระดับที่สามารถตรวจวัดได้ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ข้อจำกัด ข้อเสนอแนะ และงานวิจัยในอนาคต

ข้อจำกัดของการวิจัย (1) การศึกษาครั้งนี้มีจำนวนตัวอย่างเพียง 5 ยี่ห้อ จึงอาจยังไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่จำหน่ายในประเทศไทย (2) การเก็บตัวอย่างดำเนินการเพียงช่วงเวลาเดียวและจากผลิตภัณฑ์เพียงหนึ่งรุ่นการผลิตของแต่ละยี่ห้อ (3) การคัดเลือกตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จึงมีข้อจำกัดในการอ้างอิงผลไปยังประชากรทั้งหมด (4) การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ดำเนินการหาค่า LOD และ LOQ ของวิธีวิเคราะห์ภายใต้สภาวะที่ใช้ในการศึกษา

ข้อเสนอแนะ (1) ควรมีการเฝ้าระวังปริมาณเฮกเซนตกค้างในผลิตภัณฑ์น้ำมันพืชที่จำหน่ายในประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง (2) ผู้ผลิตควรควบคุมกระบวนการผลิตและการกำจัดตัวทำละลายให้สอดคล้องกับมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร

งานวิจัยในอนาคต (1) ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างและขยายพื้นที่เก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย (2) ควรศึกษาผลิตภัณฑ์จากหลายรุ่นการผลิต (production batch) ของแต่ละยี่ห้อ (3) ควรศึกษาน้ำมันพืชประเภทอื่น เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันดอกทานตะวัน และน้ำมันคาโนลา เพื่อเปรียบเทียบระดับเฮกเซนตกค้าง (4) ควรดำเนินการศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ (Method Validation) รวมถึงการหาค่า LOD และ LOQ (5) ควรศึกษาการได้รับเฮกเซนจากอาหารในระดับต่ำและระยะยาว รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพและตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

1. Shahidi F, Bailey AE. Bailey's industrial oil and fat products. New York: Wiley-Interscience; 2005. Available from: http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpBIOFPVE1/baileys-industrial-oil.
2. Gunstone F. Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses, Second Edition. 2011. p. 1-24.
3. Erickson DR. Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization.: Burlington : Elsevier Science; 1995.
4. Bockisch M. Fats and Oils Handbook. Champaign, Illinois: American Oil Chemists' Society (AOCS Press); 1998.
5. (US) AfTSaDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) Toxicological Profiles. Toxicological Profile for n-Hexane. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2025.
6. Jeong EJ, Lee SH, Kim BT, Lee G, Yun SS, Lim HS, et al. An analysis method for determining residual hexane in health functional food products using static headspace gas chromatography. Food Sci Biotechnol. 2017;26(2):363-8.
7. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 461) พ.ศ. 2568 เรื่อง สารทำละลายที่ใช้ในการสกัดสำหรับใช้ในการผลิตอาหาร. ราชกิจจานุเบกษา. 2568;142(ตอนพิเศษ 115 ง).
8. Johnson LA, Lusas EW. Comparison of alternative solvents for oils extraction. J Am Oil Chem Soc. 1983;60(2):229-42.
9. Codex Alimentarius Commission. Standard for Named Vegetable Oils (CXS 210-1999). Rome; 1999.
10. European Parliament and Council. Directive 2009/32/EC on extraction solvents used in the production of foodstuffs and food ingredients. Official Journal of the European Union. 2009;L141:3–11.
11. United States Environmental Protection Agency. Toxicological Review of n-Hexane. Washington (DC); 2005. Report No.: EPA/635/R-03/012F.
12. Spencer PS, Chen X. The Role of Protein Adduction in Toxic Neuropathies of Exogenous and Endogenous Origin. Toxics. 2021;9(5).
13. Michulec M, Wardencki W. Determination of Solvents Residues in Vegetable Oils and Pharmaceuticals by Headspace Analysis and Capillary Gas Chromatography. Chromatographia. 2004;60(S1).

14. Samsuri AH, Ang MY, Ng SY. Optimization of Residual Hexane in Edible Oils Analysis Using Static Headspace Gas Chromatography. Int J Anal Chem. 2021;2021:1941336.
15. Page BD, Lacroix G. Analysis of volatile contaminats in vegetable oils by headspace solid-phase microextraction with Carboxen-based fibers. J Chromatogr A. 2000;873:79-94.
16. Yousefi M, Hosseini H. Evaluation of Hexane Content in Edible Vegetable Oils Consumed in Iran. J Exp Clin Toxicol. 2017.
17. Oh C-H, Kwon YK, Jang YM, Lee DS, Park JS. Headspace analysis for residual hexane in vegetable oil. Food Sci Biotechnol. 2005;14:456-60.
18. Liu Y, Chai Z, Haixia Y. Identification of pressed and extracted vegetable oils by headspace GC-MS. Heliyon. 2023;9(8):e18532.
19. Sun N, Youle RJ, Finkel T. The Mitochondrial Basis of Aging. Mol Cell. 2016;61(5):654-66.
20. Riggs DW, Malovichko MV, Gao H, McGraw KE, Taylor BS, Krivokhizhina T, et al. Environmental exposure to volatile organic compounds is associated with endothelial injury. Toxicol Appl Pharmacol. 2022;437:115877.
21. Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Della-Morte D, et al. Oxidative stress, aging, and diseases. Clin Interv Aging. 2018;13:757-72.

การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่าง ๆ

COMPARATIVE STUDY OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF MATCHA PRODUCTS OF DIFFERENT GRADES

หนึ่งธิดา โสภณ*

NUENGTHIDA SOPHON

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 65130824@dpu.ac.th

เอกราช บำรุงพืชน์**

AKKARACH BUMRUNGPERT

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Associate Professor Akkarach Bumrungpert, Ph.D., Advisor

อีเมล: abnutrition@yahoo.com

บทคัดย่อ

มัตจะ (Matcha) หรือชาเขียวผง อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมาย โดยเฉพาะในกลุ่มคาเทชิน ช่วยเผาผลาญไขมัน กำจัดสารพิษ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ปัจจุบันแบ่งมัตจะออกเป็น 3 เกรดตามคุณภาพและการนำไปใช้ จากเกรดสูงสุดไปเกรดต่ำสุด ได้แก่ 1) เกรดพิธีการ 2) เกรดพรีเมียม และ 3) เกรดทำอาหาร โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่าง ๆ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) ด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คัดเลือกผลิตภัณฑ์มัตจะ 100% จำนวน 12 ตัวอย่าง (n = 12) แบ่งเป็น เกรดพิธีการ เกรดพรีเมียม และเกรดทำอาหาร เกรดละ 4 ตัวอย่าง วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีวัดความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วย One-way Analysis of Variance (One-way ANOVA) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วย Tukey's Honestly Significant Difference (Tukey's HSD) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ ของผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดพรีเมียม (6013.1 ± 1340.9 µmol Trolox/g DW) และผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดทำอาหาร (6360.1 ± 622.4 µmol Trolox/g DW) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์มัตจะทั้งสองเกรดนี้มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ สูงกว่าผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดพิธีการ (3402.3 ± 1187.1 µmol Trolox/g DW) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จึงสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่างกัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกันโดยผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดพรีเมียมและผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดทำอาหารมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดพิธีการ

คำสำคัญ: มัตจะ, เกรดมัตจะ, ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ,ความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ, คาเทชิน

Abstract

Matcha (green tea powder) is rich in a wide variety of antioxidants, particularly catechins, which play important roles in fat metabolism, detoxification, and immune enhancement. Matcha is generally classified into three grades based on quality and application, ranked from highest to lowest as follows: (1) ceremonial grade, (2) premium grade, and (3) culinary grade. The objective of this study was to compare the antioxidant activity among different grades of matcha products. A non-probability sampling method with purposive sampling was employed, and a total of 12 matcha samples were analyzed. The antioxidant capacity was evaluated using the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) assay. The results demonstrated that the mean ORAC values of premium grade matcha (6013.1 ± 1340.9 μmol Trolox/g DW) and culinary grade matcha (6360.1 ± 622.4 μmol Trolox/g DW) did not significantly differ ($p > 0.05$). However, both grades showed significantly higher ORAC values compared with ceremonial grade matcha (3402.3 ± 1187.1 μmol Trolox/g DW) ($p < 0.05$). In conclusion, premium and culinary grade matcha products exhibit significantly stronger antioxidant activity compared with ceremonial grade matcha.

Keywords: matcha, matcha grades, antioxidant activity, ORAC, catechins

บทนำ

อนุมูลอิสระ (Free radicals) คืออนุภาคหรือโมเลกุลที่ขาดอิเล็กตรอน ทำให้ไม่เสถียรและทำปฏิกิริยากับเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เซลล์เสื่อมสภาพและเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวาน โรคมะเร็ง และโรคหัวใจหลอดเลือด[1] ร่างกายกำจัดอนุมูลอิสระโดยใช้สารต้านอนุมูลอิสระจากอาหาร เช่น วิตามินซี วิตามินอี และคาเทชินจากชาเขียว[2]

มัตจะ (Matcha) หรือชาเขียวผง ทำจากใบต้นชา (Camellia sinensis L.) บดละเอียดโดยไม่แยกกาก มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยเผาผลาญไขมัน กำจัดสารพิษ และเสริมระบบภูมิคุ้มกัน[3] สาระสำคัญในมัตจะคือสารกลุ่มคาเทชิน (Catechins) โดยเฉพาะ Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการต้านอนุมูลอิสระ[4] ปัจจุบันแบ่งมัตจะออกเป็น 3 เกรด ได้แก่ เกรดพิธีการ เกรดพรีเมียม และเกรดทำอาหาร แต่ละเกรดมีองค์ประกอบสารต้านอนุมูลอิสระต่างกัน[5] มีรายงานว่าเกรดพิธีการมี L-theanine สูงสุดส่วนเกรดพรีเมียมและเกรดทำอาหารมี Catechins และ Polyphenols มากกว่า[6,7] แม้ว่าจะมีงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ศึกษาสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมัตจะรวมถึงรายงานความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมีในมัตจะแต่ละเกรด 6-9,55 แต่ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์มัตจะเชิงพาณิชย์ทั้ง 3 เกรดที่จำหน่ายในประเทศไทยด้วยวิธี Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC ค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ) การศึกษานี้จึงตั้งอยู่บนแนวคิดว่า ความแตกต่างของเกรดมัตจะอาจส่งผลต่อองค์ประกอบของสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ ผู้วิจัยจึงศึกษาเปรียบเทียบมัตจะทั้ง 3 เกรด เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเลือกบริโภคและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตการศึกษานี้ตั้งอยู่บนกรอบแนวคิดว่าความแตกต่างของเกรดมัตจะอาจส่งผลต่อองค์ประกอบของสารสำคัญเช่น catechins, polyphenols และ L-theanine ซึ่งสัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ที่ประเมินด้วยวิธีวัดความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ (ORAC) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษานี้เพื่อช่วยให้ผู้บริโภคเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มัตจะได้อย่างถูกต้องและมีประโยชน์ต่อสุขภาพสูงสุด

คำถามและวัตถุประสงค์

1. ผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่างกัน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกันหรือไม่
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่าง ๆ ด้วยวิธี ORAC

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และภาวะเครียดออกซิเดชัน

อนุมูลอิสระ (Free radicals) หมายถึงอนุภาคหรือโมเลกุลที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวทำให้ไม่เสถียรและทำปฏิกิริยาได้เร็วกับสารชีวโมเลกุลในเซลล์ เช่น ลิพิด โปรตีน และดีเอ็นเอ อนุมูลอิสระโดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Reactive Oxygen Species (ROS) ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกายผ่านกระบวนการหายใจของเซลล์[10,11] เมื่อร่างกายเสียสมดุลของสารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าสู่ภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress)[15] นำมาซึ่งความเสื่อมของเซลล์และเป็นสาเหตุของโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ และโรค

ความจำเสื่อม[16-19] สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) คือโมเลกุลที่มอบอิเล็กตรอนให้กับอนุมูลอิสระ ทำให้เกิดสมดุล และป้องกันการทำลายเซลล์[12] ร่างกายมีระบบสารต้านอนุมูลอิสระประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระชนิดเอนไซม์ (Enzymatic antioxidants) เช่น Catalase, SOD และ Glutathione peroxidase และสารต้านอนุมูลอิสระชนิดไม่ใช่เอนไซม์ (Non-enzymatic antioxidants) เช่น วิตามิน C, E, A, Beta-carotene และ Polyphenols

มัตจะ เกรดคุณภาพ และคุณสมบัติทางชีวภาพ

มัตจะ (Matcha) เป็นชาเขียวที่ทำจากใบต้นชา (Camellia sinensis L.) ผ่านกระบวนการปลูกแบบพิเศษ โดยปิดแสงให้ต้นชาเป็นเวลา 30 วันก่อนเก็บ เพื่อเพิ่มปริมาณ L-theanine และคลอโรฟิลล์หลังเก็บใบแล้วนำมานึ่งอบแห้ง และบดละเอียดทั้งใบโดยไม่แยกกาก[20,21] มัตจะมีสารสำคัญ คือ คาเทชิน (Catechins) โดย EGCG เป็นคาเทชินที่มีมากที่สุด (ร้อยละ 50-80) และมีบทบาทต้านอนุมูลอิสระสูงสุด[23,24] นอกจากนี้ยังมี L-theanine สูง ช่วยเพิ่มสมาธิและลดความเครียด[25] และมีคลอโรฟิลล์สูงถึง 10 mg ต่อการบริโภค 1 g[26]

มัตจะแบ่งออกเป็น 3 เกรด[22] ได้แก่ (1) เกรดพิธีการ (Ceremonial grade) ใช้ใบชาอ่อนที่สุดจากการเก็บเกี่ยวรอบแรก (Ichibancha) สีเขียวสดมรกต รสนุ่มนวล อูมามิสูง L-theanine สูง (2) เกรดพรีเมียม (Premium grade) จากการเก็บเกี่ยวรอบที่สอง (Nibancha) รสสมดุลระหว่างหวานและขม ดื่มง่าย และ (3) เกรดทำอาหาร (Culinary grade) จากการเก็บเกี่ยวรอบที่สองถึงสาม ใบแก่กว่า มี Catechins สูงกว่า เหมาะกับการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นอกจากวิธีวัดค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) แล้ว การประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระยังนิยมใช้วิธี DPPH และ FRAP ซึ่งมีกลไกการประเมินแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามวิธีวัดค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ(ORAC) สามารถประเมินความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิด peroxyl radicals ได้ จึงเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้ในการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของอาหารและผลิตภัณฑ์จากพืช[28,29] วิธีวัดค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) เป็นวิธีมาตรฐานที่นิยมวัด

ความสามารถต้านอนุมูลอิสระโดยวัดความเข้มของแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ลดลงเมื่อสารต้านอนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ผลลัพธ์รายงานเป็น µmol Trolox/g DW[28,29] Langley-Evans ศึกษาพบว่าชาเขียวมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าชาดำถึง 2.5 เท่า[30] สำหรับมัตจะในตลาดไทย สุทัตตา อุดมศิลป์ พบว่ามีค่าความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ ORAC เฉลี่ย 661.25 ± 31.37 mmol Trolox/g[9] Toniolo C. และคณะ เปรียบเทียบสารสำคัญในมัตจะทั้งสามเกรดโดยใช้เทคนิค HPTLC และ NMR พบว่าเกรดพรีเมียมและเกรดทำอาหารมี catechins และ polyphenols รวมสูงกว่าเกรดพิธีการ[6] Jakubczyk K. และคณะ ยืนยันว่าการเก็บใบชาในรอบที่ 2-3 ทำให้ใบแก่ขึ้นและมี Catechins สูงกว่า[7] Meyer BR และคณะ ศึกษาด้วยวิธี CUPRAC และ ORAC พบว่าเกรดทำอาหารมีสารฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเกรดพิธีการ[8] และ White HM และคณะ ยืนยันด้วยวิธี CUPRAC ว่าเกรดทำอาหารมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเกรดพิธีการ

อย่างมีนัยสำคัญ[33] จากหลักฐานข้างต้นจึงพัฒนาสมมติฐานว่าผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่างกันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกัน

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบงานวิจัยและตัวอย่าง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสำรวจและวิเคราะห์เชิงเคมีในห้องปฏิบัติการใช้วิธีสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คัดเลือกผลิตภัณฑ์มัตจะ 100% ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ร้านสะดวกซื้อ ห้างสรรพสินค้า และร้านค้าออนไลน์ โดยเลือกเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ระบุเกรดบนฉลากอย่างชัดเจนและบรรจุภัณฑ์ยังไม่เปิดใช้งานก่อนส่งตรวจวิเคราะห์ จำนวนรวม 12 ตัวอย่าง แบ่งตามเกรด ดังนี้ เกรดพิธีการ (A1-A4) จำนวน 4 ตัวอย่าง เกรดพรีเมียม (B1-B4) จำนวน 4 ตัวอย่าง และเกรดทำอาหาร (C1-C4) จำนวน 4 ตัวอย่าง

วิธีการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

ส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์มัตจะทั้งหมดไปตรวจวิเคราะห์ที่สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยใช้วิธี ORAC ตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2017[28,29] มีขั้นตอนหลักคือเตรียมสารละลาย ORAC buffer, Fluorescein working solution, AAPH และ Trolox standard solution ใส่ตัวอย่างมัตจะ 25 µL ในไมโครเพลทสีดำ 96 หลุม เติม Fluorescein 150 µL และ AAPH 25 mL วัดการเรืองแสงที่ความยาวคลื่น 485 nm (Excitation) และ 530 nm (Emission) ด้วย Microplate fluorescence reader วิเคราะห์ข้อมูลด้วย One-way ANOVA และ Tukey's HSD เพื่อเปรียบเทียบค่า ORAC ระหว่างมัตจะ 3 เกรด โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ การวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละผลิตภัณฑ์ดำเนินการวัดซ้ำ 3 ครั้ง (technical triplicate)

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC ในผลิตภัณฑ์มัตจะ 12 ตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าผลิตภัณฑ์มัตจะที่มีค่าเฉลี่ย ORAC สูงที่สุด คือเกรดทำอาหาร (C) ด้วยค่าเฉลี่ย 6360.1 ± 622.4 µmol Trolox/g DW รองลงมาคือเกรดพรีเมียม (B) ด้วยค่าเฉลี่ย 6013.1 ± 1340.9 µmol Trolox/g DW และเกรดพิธีการ (A) ด้วยค่าเฉลี่ย 3402.3 ± 1187.1 µmol Trolox/g DW ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC ในผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่าง ๆ ทั้งหมด 12 ตัวอย่าง (µmol Trolox/g DW)

เกรดของมัตจะ	รหัส	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	Mean±SD รวมแต่ละเกรด
เกรดพิธีการ (A)	A1	2184.39	2304.99	2168.03	2219.14	74.80	3402.3±1187.1[a]
	A2	2678.75	2724.69	2674.31	2692.58	27.89	
	A3	5190.65	5359.27	5293.49	5281.14	84.99	
	A4	3274.79	3025.76	3143.57	3148.04	124.58	
เกรดพรีเมียม (B)	B1	3488.82	3451.02	3619.57	3519.80	88.44	6013.1±1340.9[b]
	B2	6010.73	6103.25	6213.77	6109.25	101.65	
	B3	6719.99	6985.31	6844.04	6849.78	132.75	
	B4	6783.33	6798.27	6749.32	6776.97	25.09	

เกรดของมัตจะ	รหัส	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	SD	Mean±SD รวมแต่ละเกรด
เกรดทำอาหาร (C)	C1	6759.69	6765.69	6515.85	6680.41	142.54	6360.1±622.4[b]
	C2	7149.67	7095.28	7102.68	7115.88	29.50	
	C3	5704.50	5649.21	5528.85	5627.52	89.81	
	C4	5941.62	5946.68	5779.87	5889.39	94.88	

หมายเหตุ: ตัวอักษร a, b บ่งชี้ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ด้วย One-way ANOVA พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม ($p < 0.05$) และเมื่อวิเคราะห์รายคู่ด้วย Tukey's HSD พบว่า เกรดพิธีการ (A) กับเกรดพรีเมียม (B) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เกรดพิธีการ (A) กับเกรดทำอาหาร (C) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนเกรดพรีเมียม (B) กับเกรดทำอาหาร (C) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่ามัตจะเกรดทำอาหารและเกรดพรีเมียมมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเกรดพิธีการอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Jakubczyk K. และคณะที่ระบุว่ามัตจะเกรดทำอาหารเก็บใบชาในรอบที่ 2-3 ทำให้ใบแก่ขึ้นและมี Catechins มากกว่า โดย EGCG เป็นสารหลักที่ขจัดอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด จึงส่งผลให้ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเกรดพิธีการ[7] ผลนี้สอดคล้องกับ Toniolo C. และคณะ ที่พบว่าเกรดพรีเมียมและเกรดทำอาหารมี catechins และ polyphenols รวมสูงกว่าเกรดพิธีการ[6] Meyer BR และคณะพบว่าเกรดทำอาหารมีสารฟีนอลรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเกรดพิธีการ[8] และ White HM และคณะยืนยันด้วยวิธี CUPRAC ว่าเกรดทำอาหารมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าเกรดพิธีการอย่างมีนัยสำคัญ[33] ในแง่รสชาติและการใช้ประโยชน์ มัตจะเกรดพิธีการมี L-theanine สูง ให้รสนุ่มนวลและอูมามิสูง เหมาะสำหรับพิธีชงชาแบบดั้งเดิม ในขณะที่เกรดพรีเมียมและเกรดทำอาหารมีรสฝาดและขมกว่าเนื่องจากสาร phenolic สูงกว่า อย่างไรก็ตาม Catechins ที่สูงขึ้นอาจทำให้เกิดผลข้างเคียงหากบริโภคมากเกินไป เช่น การรบกวนการดูดซึมธาตุเหล็กจาก tannins หรืออาการจากคาเฟอีนในผู้ที่ไวต่อคาเฟอีน

ความแตกต่างอีกประการหนึ่งที่น่าสังเกตคือ ค่า SD ของเกรดพรีเมียม (SD = 1340.9) สูงกว่าเกรดอื่น สะท้อนความหลากหลายของคุณภาพระหว่างผลิตภัณฑ์ในเกรดเดียวกัน โดยเฉพาะตัวอย่าง B1 ที่มีค่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการดูดซับอนุมูลอิสระ ORAC ต่ำกว่ากลุ่มเดียวกันอย่างชัดเจนซึ่งอาจเกิดจากความแตกต่างของแหล่งผลิตกระบวนการแปรรูปหรือการเก็บรักษาของผู้ผลิตแต่ละรายทั้งนี้การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสม เช่น การสัมผัสแสงหรืออุณหภูมิสูง อาจทำให้ Catechins สลายตัวและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระลดลงได้

ผลการศึกษานี้มีนัยสำคัญต่อผู้บริโภคที่ต้องการใช้มัตจะเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพด้านสารต้านอนุมูลอิสระโดย เฉพาะในบริบทของการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพผู้บริโภคสามารถเลือกมัตจะเกรดพรีเมียมหรือเกรดทำอาหารซึ่งราคาเข้าถึงได้ง่ายกว่าเกรดพิธีการและยังให้สารต้านอนุมูลอิสระในระดับที่สูงกว่าทั้งนี้ควรบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงผลข้างเคียง

สรุปผลการวิจัย

ผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดต่างกันมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ต่างกันโดยผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดทำอาหารมีค่าเฉลี่ย ORAC สูงสุด (6360.1 ± 622.4 μmol Trolox/g DW) รองลงมาคือเกรดพรีเมียม (6013.1 ± 1340.9 μmol Trolox/g DW) และเกรดพิธีการ (3402.3 ± 1187.1 μmol Trolox/g DW) ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดพรีเมียมและเกรดทำอาหารมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าผลิตภัณฑ์มัตจะเกรดพิธีการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนระหว่างเกรดพรีเมียมและเกรดทำอาหารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ความแตกต่างนี้สัมพันธ์กับปริมาณ catechins และ polyphenols ที่แตกต่างกันในแต่ละเกรด ขึ้นอยู่กับรอบการเก็บเกี่ยวและอายุของใบชา งานวิจัยล่าสุดยังรายงานว่า แหล่งผลิต ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว และวิธีการเพาะปลูกมีผลต่อองค์ประกอบของสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมัตจะ ซึ่งสนับสนุนว่าปัจจัยดังกล่าวอาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ร่วมกับเกรดของมัตจะ[34,35] ศึกษาครั้งนี้ใช้วิธี ORAC เพียงวิธีเดียว และไม่ได้วิเคราะห์องค์ประกอบของสารสำคัญโดยตรง ดังนั้น ผลการศึกษาควรตีความภายใต้ขอบเขตของวิธีการศึกษา และควรใช้วิธี DPPH, FRAP หรือ ABTS ร่วมในการศึกษาครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

ผู้บริโภคที่ต้องการได้รับสารต้านอนุมูลอิสระในระดับสูงสามารถพิจารณาเลือกมัตจะเกรดทำอาหารหรือเกรดพรีเมียมซึ่งมีราคาเข้าถึงได้ง่ายกว่าเกรดพิธีการและยังให้สารต้านอนุมูลอิสระในระดับที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญผลการศึกษานี้ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการให้คำแนะนำด้านโภชนาการเกี่ยวกับการบริโภคมัตจะ และเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์มัตจะในอนาคต

ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรใช้วิธีการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหลายวิธีร่วมกัน เช่น FRAP, DPPH หรือ ABTS เพื่อประเมินกลไกการต้านอนุมูลอิสระที่หลากหลายและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา
2. ควรเพิ่มขนาดตัวอย่างและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ครอบคลุมแหล่งผลิต ยี่ห้อ และช่วงราคาที่หลากหลาย
3. ควรใช้วิธี DPPH, FRAP หรือ ABTS ร่วมกับ ORAC และวิเคราะห์องค์ประกอบของสารสำคัญเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา
4. ควรศึกษาปริมาณสาร catechins และ polyphenols แต่ละชนิดโดยใช้เทคนิค HPLC เพื่อยืนยันกลไกการต้านอนุมูลอิสระ และศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ เช่น แหล่งผลิต วิธีการเก็บรักษา อายุของผลิตภัณฑ์ ที่อาจส่งผลต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมัตจะ

เอกสารอ้างอิง

1. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health. Int J Biomed Sci. 2008 Jun;4(2):89-96.
2. Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacogn Rev. 2010 Jul;4(8):118-26.
3. Najman K, Sadowska A, Wolinska M, Starczewska K, Buczak K. The content of bioactive compounds and technological properties of matcha green tea. Molecules. 2023;28(20):7018.
4. Huang SC, Kao YH, Shih SF, Tsai MC, Lin CS, Chen LW, et al. Epigallocatechin-3-gallate exhibits immunomodulatory effects in human primary T cells. Biochem Biophys Res Commun. 2021;550:70-76.
5. Hadjipateras E. Quality & different grades of matcha green tea powder [Internet]. 2023 [cited 2025 Jul 4]. Available from: https://matcha.com/blogs/news/a-guide-to-different-matcha-grades-and-categories
6. Toniolo C, Patriarca A, De Vita D, Santi L, Sciubba F. A comparative multianalytical approach to the characterization of different grades of matcha tea (Camellia sinensis (L.) Kuntze). Plants. 2025;14(11):1631.
7. Jakubczyk K, Kochman J, Kwiatkowska A, Antoniewicz J, Dec K, Kawczuga D, et al. Antioxidant properties and nutritional composition of matcha green tea. Foods. 2020;9(4):483.
8. Meyer BR, White HM, McCormack JD, Niemeyer ED. Catechin composition, phenolic content, and antioxidant properties of commercially-available bagged, gunpowder, and matcha green teas. Plant Foods Hum Nutr. 2023;78(4):662-669.
9. สุทัตตา อุดมศิลป์. การศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์มัตจะ [สารนิพนธ์ทางอินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ; 2567 [เข้าถึงเมื่อ 3 กรกฎาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก:https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Napasasi.Sur.pdf
10. Phaniendra A, Jestadi DB, Periyasamy L. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. Indian J Clin Biochem. 2015;30(1):11-26.
11. Halliwell B. Free radicals and other reactive species in disease. Encyclopedia of Life Sciences. 2010;1-7.
12. Lobo V, Patil A, Phatak A, Chandra N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. Pharmacogn Rev. 2010 Jul;4(8):118-26.

13. Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O. Oxidative stress and antioxidant defense. World Allergy Organ J. 2012;5(1):9-19.
14. Jebur AB, Mokhamer MH, El-Demerdash FM. A review on oxidative stress and role of antioxidants in diabetes mellitus. Austin Endocrinology and Diabetes Case. 2016;1(1):01-06.
15. Pisoschi AM, Pop A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. Eur J Med Chem. 2015;97:55-74.
16. Roberts RA, Smith RA, Safe S, et al. Toxicological and pathophysiological roles of reactive oxygen and nitrogen species. Toxicology. 2010;276(2):85-94.
17. Dhawan V. Reactive oxygen and nitrogen species: General considerations. 2014;27-47.
18. Sarms AD, Mallick AR, Ghosh AK. Free radicals and their role in different clinical conditions. International Journal of Pharma Sciences and Research (IJPSR). 2010;1(3):185-192.
19. Rahman T, Hosen I, Towhidul Islam MM, et al. Oxidative stress and human health. Advances in Bioscience and Biotechnology. 2012;3:997-1019.
20. Kika J, Jakubczyk K, Ligenza A, Maciejewska-Markiewicz D, Szymczykowska K, Janda-Milczarek K. Matcha green tea: chemical composition, phenolic acids, caffeine and fatty acid profile. Foods. 2024;13(8):1167.
21. ธีรพงษ์ เทพกรณ์. ชา: กระบวนการผลิต และองค์ประกอบทางเคมีจากการหมัก. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2555;17:189-196.
22. Hadjipateras E. Quality & different grades of matcha green tea powder [Internet]. 2023 [cited 2025 Jul 4]. Available from: https://matcha.com/blogs/news/a-guide-to-different-matcha-grades-and-categories
23. Kochman J, Jakubczyk K, Antoniewicz J, Mruk H, Janda K. Health benefits and chemical composition of matcha green tea: A review. Molecules. 2020;26(1):85.
24. Sokary S, Al-Asmakh M, Zakaria Z, Bawadi H. The therapeutic potential of matcha tea: A critical review. Curr Res Food Sci. 2022;6:100396.
25. Dietz C, Dekker M, Piqueras-Fiszman B. An intervention study on the effect of matcha tea on mood and cognitive performance. Food Res Int. 2017;99:72-83.
26. Kolackova T, Kolofikova K, Sytarova I, Snopek L, Sumczynski D, Orsavova J. Matcha tea: Analysis of nutritional composition, phenolics and antioxidant activity. Plant Foods Hum Nutr. 2020;75(1):48-53.

27. Pisoschi AM, Pop A. The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review. Eur J Med Chem. 2015;97:55-74.
28. Ou B, Huang D, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Deemer EK. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing ORAC and FRAP assays: A comparative study. J Agric Food Chem. 2002;50(11):3122-8.
29. Huang D, Ou B, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Prior RL. High-throughput assay of ORAC using a multichannel liquid handling system in 96-well format. J Agric Food Chem. 2002;50(16):4437-44.
30. Langley-Evans SC. Antioxidant potential of green and black tea determined using the ferric reducing power (FRAP) assay. Int J Food Sci Nutr. 2000;51(3):181-8.
31. Lee KW, Lee HJ, Lee CY. Antioxidant activity of black tea vs. green tea. J Nutr. 2002;132(4):785.
32. เอกราช บำรุงพืชน์, ทิพยาภรณ์ ประใจ, วิสมนทิพย์ ถิ่นทวี, และคณะ. การศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและสารฆ่าแมลงตกค้างในผลิตภัณฑ์ชาพร้อมดื่ม. วารสารโภชนาการ. 2558;1:1-10.
33. White H, Meyer B, McCormack J, Lawson H, Niemeyer E. Comparison of culinary and ceremonial matcha green teas: relationship between phytochemical composition and antioxidant properties. J Food Meas Charact. 2025;1-10.
34. Ye JH, Chen XQ, Zhang Y, et al. A comprehensive review of matcha: production, food application, potential health benefits, and gastrointestinal fate of main phenolics. Crit Rev Food Sci Nutr. 2023.
34. Jakubczyk K, Antoniewicz J, Mruk H, et al. Exploring the influence of origin, harvest time, and cultivation method on antioxidant capacity and bioactive compounds of matcha teas. Foods. 2024;13(8):1270.

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อในประเทศไทย

DETERMINATION OF FLUORIDE CONTENT IN BOTTLED MINERAL DRINKING WATER SOLD IN SUPERMARKETS AND CONVENIENCE STORES IN THAILAND

อรทัย ตั้งนภากร*

ORATHAI THANGNAPAKORN

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 68130680@dpu.ac.th

ภาวิต หน่อไชย**

PHAWIT NORCHAI

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ ปริญญาเอก และอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science, Phawit Norchai, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: dr.arkanay@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงสำรวจ เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด ที่จำหน่ายอยู่ในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อชื่อดังของประเทศไทย 9 แบรนด์ คือ ท็อป (Tops), บิ๊กซี (Big C), โลตัส (Lotus's), แม็คโคร (Makro), กูร์เมต์ มาร์เก็ต (Gourmet Market), ร้าน 7-eleven, Lotus's Go Fresh, Mini Big C และ CJ More ศึกษาสำรวจน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด จำนวน 20 ยี่ห้อตามเกณฑ์การคัดเลือก สุ่มเก็บตัวอย่างยี่ห้อละ 2 ตัวอย่าง (จาก 2 ร้านค้า ร้านค้าละ 1 ตัวอย่าง) และตั้งฉลากรหัส รวมทั้งสิ้น 40 ตัวอย่าง การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ใช้วิธีตรวจแบบ Ion-selective electrode (เครื่อง OrionTm 96-09BN) ด้วยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ทำการทดสอบทั้งหมด ตัวอย่างละ 3 ครั้งแล้ว รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้ง 20 ยี่ห้อ พบว่าน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อ MN 22, MN 22A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.0526 ± 0.0002 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด ยี่ห้อ MN 12, MN 12A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.1200 ± 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ยของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้งหมด 20 ยี่ห้อในงานวิจัยนี้ มีค่าเท่ากับ 0.3019 ± 0.3187 มิลลิกรัมต่อลิตร และสถานที่จัดซื้อน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดไม่ได้ทำให้ค่าปริมาณสารฟลูออไรด์ของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของข้อมูลรวมเฉลี่ย 40 ตัวอย่าง (Mean %RSD) เท่ากับ 1.8 % ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของข้อมูลรวมเฉลี่ยทั้งระบบ (Pooled RSD) เท่ากับ 1.3 % น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 2 ยี่ห้อ คือ MN6, MN6A และ MN12, MN12A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยเท่ากับ 0.9610 ± 0.0245 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.1200 ± 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าเกินค่ามาตรฐาน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ของข้อกำหนดของคุณภาพของน้ำดื่มตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อ MN12, MN12A ทั้งสองตัวอย่างที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยเกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ได้แสดงข้อความแจ้งคำเตือนบนฉลากตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่อง น้ำแร่ธรรมชาติ น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดส่วนใหญ่ร้อยละ 65 (13 ยี่ห้อ) มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบน้อยกว่าค่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ย งานวิจัยนี้พบว่ามีน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 11 ยี่ห้อที่ผลิตในประเทศไทยมีปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ยอยู่ในช่วงกว้างกว่า (ช่วงกว้าง 0.0776 - 1.1200 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของกลุ่มน้ำแร่ที่ผลิตในประเทศเท่ากับ 0.4594 ± 0.3568 มิลลิกรัมต่อลิตร) และอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าเมื่อเทียบกับน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่เหลืออีก 9 ยี่ห้อที่ผลิตต่างประเทศ (ช่วงกว้าง 0.0526 - 0.2610 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของกลุ่มน้ำแร่ที่ผลิตต่างประเทศเท่ากับ 0.1094 ± 0.0792 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อ MN6, MN6A และ MN12, MN12A ที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์เกินค่า 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตรผลิตในประเทศไทย

คำสำคัญ: ฟลูออไรด์, น้ำแร่ธรรมชาติ, น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท, น้ำดื่มบรรจุขวด, วัดค่าความต่างศักดิ์ไอออนของสารฟลูออไรด์

Abstract

This study was a cross-sectional survey designed to determine the fluoride content in natural mineral bottled water available at major supermarkets and convenience stores throughout Thailand. A total of nine retail chains were included: Tops, Big C, Lotus's, Makro, Gourmet Market, 7-Eleven, Lotus's Go Fresh, Mini Big C, and CJ More. Twenty brands of natural mineral bottled water, were selected based on specific criteria. For each brand, two samples were randomly collected from two different retail outlets (one sample per outlet), resulting in a total of 40 samples. Each sample was labeled with a unique code. Fluoride concentration was analyzed using an ion-selective electrode method (Orion™ 96-09BN) by a single examiner. Each sample was tested in triplicate, and results were reported as mean and standard deviation. The results indicated that among the 20 brands tested, brand MN22/MN22A had the lowest mean fluoride concentration at 0.0526 ± 0.0002 mg/L, while brand MN12/MN12A had the highest concentration at 1.1200 ± 0.0283 mg/L. The overall mean fluoride concentration across all samples was 0.3019 ± 0.3187 mg/L. The location of purchase did not significantly influence fluoride levels. The mean relative standard deviation (%RSD) was 1.8%, and the pooled RSD was 1.3%. Two brands exceeded the recommended fluoride limit of 0.7 mg/L: MN6/MN6A at 0.9610 ± 0.0245 mg/L and MN12/MN12A at 1.1200 ± 0.0283 mg/L. Both of these brands are above the standard for drinking water quality set by the Ministry of Public Health for water in sealed containers. Notably, MN12 and MN12A, which both exceeded 1 mg/L, did not have warning labels on their packaging. The majority of the samples (65%, or 13 brands) had fluoride concentrations below the overall mean. Analysis of label information from the 20 bottled natural mineral water brands evaluated in this study revealed that 11 domestic mineral water brands exhibited a wider range and higher average fluoride content, with a range of 0.0776 to 1.1200 mg/L and a mean of 0.4594 ± 0.3568 mg/L. In contrast, 9 imported brands had a range of 0.0526 to 0.2610 mg/L and a mean of 0.1094 ± 0.0792 mg/L. Notably, the specific brands that exceeded the 0.7 mg/L threshold— namely MN6, MN6A, MN12, and MN12A—were all domestically produced.

Keywords: fluoride, natural mineral water, drinking water in sealed containers, bottled drinking water, ion-selective electrode (ISE)

บทนำ

สารฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติในสิ่งแวดล้อมในบ้าน ดิน น้ำ และอากาศ ฟลูออไรด์เป็นสารที่เรานำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน ทั้งทางการเกษตร อุตสาหกรรม ทางวิทยาศาสตร์ เภสัชกรรมและการแพทย์ แหล่งฟลูออไรด์ที่ร่างกายได้รับมาจากน้ำดื่ม ผลิตภัณฑ์ดูแลช่องปาก และสิ่งแวดล้อม บทบาทสำคัญที่สุดของสารฟลูออไรด์คือ การป้องกันฟันผุ แต่หากเราได้สารฟลูออไรด์มากเกินไปก็อาจส่งผลต่อสุขภาพได้ ความเป็นพิษของสารฟลูออไรด์มีทั้งแบบเฉียบพลันและแบบสะสมเรื้อรัง ส่งผลต่อโครงสร้างกระดูกและฟันที่เรียกว่า ฟันตกกระ (Dental fluorosis) หรือกระดูกหนาแข็งผิดปกติ (Skeletal fluorosis)[1] งานวิจัย พบว่าสารฟลูออไรด์ที่สะสมมากเกินไปอาจมีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาการของสมองและสติปัญญาในเด็ก และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อ การตายของเซลล์ประสาทในสมองของผู้ใหญ่ พบอุบัติการณ์ความสัมพันธ์ต่อการเสื่อมของสมรรถภาพการรับรู้ และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคสมองเสื่อม โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสันได้[2-9] ร่างกายมนุษย์มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลักราว 60% ของน้ำหนักตัว[10] เราต้องดื่มน้ำที่ดีและมีคุณภาพให้เพียงพอประมาณ 1.5 - 2 ลิตรต่อวัน[11] น้ำดื่มบรรจุขวดเป็นรูปแบบเครื่องดื่มพร้อมรับประทานที่หาซื้อได้สะดวก[12] มียอดขายของการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง[13] น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดได้รับความสนใจจากคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาหาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายในร้านซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อ ณ ปัจจุบัน เนื่องจากน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่ขายในประเทศไทย ยังไม่มีข้อกำหนดทางกฎหมาย ในการให้ระบุปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ชัดเจนไว้ที่ฉลาก การศึกษาวิจัยเชิงสำรวจในครั้งนี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเพื่อทราบข้อมูลชัดเจนมากขึ้นถึงปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดในประเทศไทย เพื่อเพิ่มความปลอดภัยโดยเฉพาะผู้บริโภคกลุ่มเด็ก สตรีมีครรภ์และให้นมบุตร และผู้บริโภคที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคสมองเสื่อม โรคอัลไซเมอร์และโรคพาร์กิน

คำถามและวัตถุประสงค์ของการศึกษาหรืองานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายอยู่ในร้านซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อในประเทศไทย
2. เพื่อตรวจสอบว่าน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่มีจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อมีการแสดงสลากเกี่ยวกับสารฟลูออไรด์ถูกต้อง ตามข้อกำหนดของประกาศสาธารณสุขฉบับที่ 454 พ.ศ. 2567[14] หรือไม่

ทบทวนวรรณกรรมและการพัฒนาสมมติฐาน

ฟลูออไรด์ (F) เป็นไอออนของธาตุฟลูออรีน สามารถพบอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ[1] มีงานวิจัยหลายฉบับ[2-9] ที่แสดงถึงผลกระทบของสารฟลูออไรด์ต่อสมอง โดยพบว่า การได้รับสารฟลูออไรด์ระดับสูงทำให้เกิด oxidative stress ในสมอง เพิ่มการตายของเซลล์ประสาทมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณ hippocampus ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ โดยลดการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ เช่น superoxide dismutase (SOD) และ glutathione peroxidase (GPX) เพิ่มการอักเสบของเนื้อสมองและรบกวนสมดุลของแคลเซียม

ในเซลล์ และเพิ่มการสะสมของ B-amyloid และทำให้ระดับ acetylcholine ในสมองลดลง พบความสัมพันธ์กับคะแนน IQ ที่ลดลงในเด็กปฐมวัย หากได้รับน้ำดื่มที่มีปริมาณฟลูออไรด์เกิน 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร[7-9] และความสัมพันธ์กับการเสื่อมของสติปัญญาในผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป ในพื้นที่ที่มีสารฟลูออไรด์ในน้ำดื่มมากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร[5] ซึ่งอาจมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคสมองเสื่อม โรคอัลไซเมอร์ และโรคพาร์กินสัน[2,4,5] การได้รับสารฟลูออไรด์มากเกินไป ทำให้เกิดเป็นเด็นทอลฟลูออโรซิส (Dental fluorosis) หรือฟันตกกระได้[15] ระดับฟลูออไรด์ที่เหมาะสมในช่วงอายุต่างๆ มีปริมาณต่างกัน พบว่าในเด็กมีความต้องการต่อวันในปริมาณที่น้อยกว่าในวัยผู้ใหญ่[16] ปัจจุบันมาตรฐานน้ำดื่ม มีข้อกำหนดและกฎหมายหลายฉบับกำกับที่เกี่ยวข้องในเรื่องน้ำดื่มบรรจุขวด[10] น้ำแร่ธรรมชาติ[14] และข้อกำหนดของคุณภาพน้ำดื่ม[17] รวมถึงเกณฑ์ค่าปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม[17-19] วิธีการตรวจปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม แบ่งออกเป็น 5 วิธีหลัก ซึ่งได้รับการรับรองโดยหน่วยงานมาตรฐานตามข้อกำนด APHA[20] และ EPA[21] ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาในประเทศไทยมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำดื่มหลายฉบับ[15,22-25] การสำรวจปริมาณสารฟลูออไรด์ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท และน้ำแร่ธรรมชาติที่ขายในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2551-2559 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำดื่มบรรจุขวดส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่าที่ปลอดภัยต่อการบริโภคและมีระดับสารฟลูออไรด์ต่ำ จากข้อมูลข้างต้นสรุปสมมติฐานการศึกษานี้คือ

1. น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายอยู่ในร้านซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อ มีปริมาณสารฟลูออไรด์ในช่วงค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.7 มิลลิกรัม ต่อลิตร ตามมาตรฐานข้อกำหนดของคุณภาพของน้ำดื่ม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท[18]
2. น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่มีจำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อ มีการแสดงสลากเกี่ยวกับสารฟลูออไรด์ถูกต้อง ตามข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 454 พ.ศ. 2567[14]

ระเบียบวิธีวิจัย

งานศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ (Descriptive study, Survey Research) เป็นการศึกษาวิจัยเชิงปริมาณ Quantitative โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายอยู่ในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อชื่อดังของประเทศไทย 9 แบรนด์ที่มีความนิยมในย่านเมืองใหญ่และต่างจังหวัดในประเทศไทย[26] คือ ท็อป (Tops), บิ๊กซี (Big C), โลตัส (Lotus’s), แม็คโคร (Makro), กูร์เมต์ มาร์เก็ต (Gourmet Market), ร้าน 7-eleven, Lotus’s Go Fresh, Mini Big C และ CJ More กำหนดสุ่มเก็บตัวอย่างจากร้านค้าดังกล่าว แบบสุ่มสถานที่ จำนวน 20 ยี่ห้อ ยี่ห้อละ 2 ตัวอย่าง (จาก 2 ร้านค้า ร้านค้าละ 1 ตัวอย่าง) รวม 40 ตัวอย่าง ในช่วงระหว่างวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ.2568 – 31 มกราคม พ.ศ.2569 ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดขนาด 250-1,500 มิลลิลิตรและตั้งรหัสตัวแทนของแต่ละยี่ห้อ กำหนดเกณฑ์การสุ่มเลือกยี่ห้อน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด14ยี่ห้อแรกเป็นน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่มีช่องทางจัดจำหน่ายตั้งแต่ 3 แบรนด์ร้านค้าขึ้นไป ซึ่งเชื่อว่าน่าจะมีโอกาสเข้าถึงผู้บริโภคได้มากกว่า ด้วยวิธีแบบไม่อาศัยความน่าจะเป็น (Non-probability Sampling) โดยคัดเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ได้ตัวอย่างคือ

MN1, MN2, MN3, MN6, MN7, MN8, MN9, MN14, MN16, MN19, MN21, MN22, MN23, MN 24 และกำหนดการสุ่มเลือกยี่ห้อน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่เหลืออีก 6 ยี่ห้อ ด้วยวิธีแบบแบบจับฉลาก (Simple Random sampling) เพิ่มเติม โดยคัดเลือกจากน้ำแร่ยี่ห้ออื่นที่ไม่ใช่ 14 ยี่ห้อที่สุ่มเลือกได้ก่อนหน้า ได้ตัวอย่าง คือ MN12, MN25, MN26, MN33, MN42, MN43 ตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่างข้างต้นเก็บจากร้านค้าที่ 1 กำหนดฉลากรหัสสำหรับตัวอย่างจากร้านค้าที่ 2 โดยใส่อักษร A เพิ่มต่อท้าย ฉลากรหัสเดิมของตัวอย่างจากร้านค้าที่ 1 ได้ตัวอย่างรหัสฉลากดังนี้คือ MN1A, MN2A, MN3A, MN6A, MN7A, MN8A, MN9A, MN14A, MN16A, MN19A, MN21A, MN22A, MN23A, MN24A, MN12A, MN25A, MN26A, MN33A, MN42A และ MN43A ภายหลังทำการจัดซื้อน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้ง 40 ตัวอย่างแล้ว จัดแบ่งตัวอย่างลงในภาชนะที่เป็นขวดพลาสติกขุ่น PP แบบเหลี่ยม ปากกด ขนาด 140 ซีซี (พลาสติก PP คือ พลาสติกโพลิโพรพิลีน[27]) และติดฉลากรหัสของตัวอย่างบนขวด PP จัดส่งตัวอย่างทั้งหมดไปยังห้องปฏิบัติการ งานบริการภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ ด้วยวิธีการวัดค่าฟลูออไรด์โดยใช้วิธีตรวจแบบ Ion-selective electrode ใช้ขั้วอิเล็กโทรดเลือกจำเพาะไอออนฟลูออไรด์ (เครื่อง Orion ^{Tm} 96-09BN มีค่า Limit of detection of Fluoride ion คือ concentration range เท่ากับ 0.02-19000 ppm, ค่า pH Range เท่ากับ 5-8, ค่า Slope(mV) 10 to 100 ppm เท่ากับ 52-59) โดยมีผู้ทำการทดสอบเป็นคนเดียวกัน ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง ในแต่ละตัวอย่าง และ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

ผลการวิจัย

สารฟลูออไรด์เป็นไอออนของสารอนินทรีย์ที่มีความเสถียรมาก[28] แต่ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมบางอย่างอาจทำให้ค่าที่วัดได้มีการเปลี่ยนแปลงได้[29] เนื่องจากน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดในงานวิจัยนี้ ไม่ทราบระยะเวลาจริงหลังการผลิต และการสภาพการเก็บรักษาในแต่ละสถานที่ ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบสมมุติฐานหลังได้ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารฟลูออไรด์ ใช้สถิติ Paired t-test ได้ผลว่าสถานที่จัดซื้อน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดไม่ได้ทำให้ค่าปริมาณสารฟลูออไรด์ของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คำนวณค่า t-statistic กำหนด ค่า n = 20 ได้เท่ากับ -0.456 และได้ค่า p-value = 0.654 (> 0.05) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Relative Standard Deviation : %RSD) ของตัวอย่างทั้ง 40 ตัวอย่างของข้อมูลรวมเฉลี่ยได้ค่าเท่ากับ 1.8 % ซึ่งแสดงถึง การวัดปริมาณสารฟลูออไรด์ในแต่ละตัวอย่างมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ และเมื่อนำข้อมูลปริมาณสารฟลูออไรด์ที่วัดได้ทั้งหมดทุกค่า มาคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของข้อมูลรวมทั้งระบบ (Pooled RSD) พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 % แสดงให้เห็นว่าวิธีวิเคราะห์ของระบบวัดทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือห้องปฏิบัติการที่ส่งตรวจ ผู้ทำการทดสอบ และเครื่องมือตรวจ fluoride electrode มีค่าค่อนข้างแม่นยำ

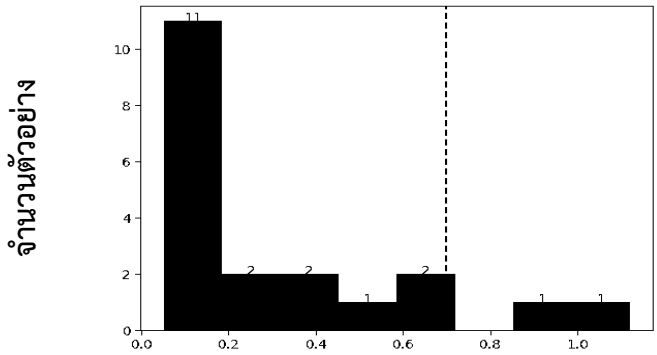
ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่ารวมเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของสารตัวอย่างที่จัดซื้อจาก 2 ร้านค้า

ลำดับที่	สารตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยปริมาณฟลูออไรด์ (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด	แหล่งผลิตน้ำแร่
1	MN1 และ MN1A	0.4215	0.0116	0.4099-0.4331	ประเทศไทย
2	MN2 และ MN2A	0.6322	0.0926	0.5396-0.7248	ประเทศไทย
3	MN3 และ MN3A	0.0579	0.0015	0.0564-0.0594	ต่างประเทศ
4	MN6 และ MN6A	0.9610	0.0245	0.9365-0.9855	ประเทศไทย
5	MN7 และ MN7A	0.2610	0.0198	0.2412-0.2808	ต่างประเทศ
6	MN8 และ MN8A	0.4620	0.0081	0.4539-0.4701	ประเทศไทย
7	MN9 และ MN9A	0.0776	0.0024	0.0752-0.0800	ประเทศไทย
8	MN14 และ MN14A	0.2192	0.0030	0.2162-0.2222	ต่างประเทศ
9	MN16 และ MN16A	0.1385	0.0059	0.1326-0.1444	ต่างประเทศ
10	MN19 และ MN19A	0.0729	0.0004	0.0725-0.0733	ต่างประเทศ
11	MN21 และ MN21A	0.3197	0.0066	0.3131-0.3263	ประเทศไทย
12	MN22 และ MN22A	0.0526	0.0002	0.0524-0.0528	ต่างประเทศ
13	MN23 และ MN23A	0.0545	0.0008	0.0537-0.0553	ต่างประเทศ
14	MN24 และ MN24A	0.1218	0.0049	0.1169-0.1267	ประเทศไทย
15	MN12 และ MN12A	1.1200	0.0283	1.0917-1.1483	ประเทศไทย
16	MN25 และ MN25A	0.0638	0.0004	0.0634-0.0642	ต่างประเทศ
17	MN26 และ MN26A	0.6855	0.0017	0.6838-0.6872	ประเทศไทย
18	MN42 และ MN42A	0.0645	0.0008	0.0637-0.0653	ต่างประเทศ
19	MN43 และ MN43A	0.1006	0.0039	0.09667-0.1045	ประเทศไทย
20	MN33 และ MN33A	0.1519	0.0761	0.0758-0.2280	ประเทศไทย

จากข้อมูลตารางที่ 1 ผู้วิจัยพบว่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ยของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้งหมด 20 ยี่ห้อมีค่าเท่ากับ 0.3019 ± 0.3187 มิลลิกรัม ต่อลิตร ซึ่งมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูง จากการที่มีน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดบางยี่ห้อตรวจพบปริมาณสารฟลูออไรด์ค่อนข้างสูงต่างจากยี่ห้ออื่นชัดเจน น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อ MN22, MN22A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.0526 ± 0.0002 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อ MN12, MN12A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.1200 ± 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 2 ยี่ห้อที่ผลิตในประเทศไทย มีปริมาณสารฟลูออไรด์เกินค่ามาตรฐาน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ของข้อกำหนดคุณภาพของน้ำดื่ม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท[18] คือยี่ห้อ MN6, MN6A และยี่ห้อ MN12, MN12A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยเท่ากับ 0.9610 ± 0.0245 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.1200 ± 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ น้ำแร่ธรรมชาติยี่ห้อ MN12, MN12A ทั้งสอง ตัวอย่าง ไม่ได้แสดงข้อความแจ้งคำเตือนบนฉลากตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 454 พ.ศ. 2567 เรื่องน้ำแร่ธรรมชาติ[14] ที่กำหนดว่าต้องมีการแสดงข้อความ ความสูงไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ในกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง พื้นขาว ว่า “มีฟลูออไรด์” สำหรับน้ำแร่ธรรมชาติที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด

ทั้งหมด 20 ยี่ห้อ ในงานวิจัยนี้ พบว่ามี 11 ยี่ห้อ เป็นยี่ห้อที่มีแหล่งผลิตน้ำแร่ธรรมชาติ ในประเทศไทย มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบได้อยู่ในช่วงกว้าง 0.0776 - 1.1200 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของกลุ่มน้ำแร่ที่ผลิตในประเทศเท่ากับ0.4594 ± 0.3568 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ มีน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตต่างประเทศ 9 ยี่ห้อ มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบได้อยู่ในช่วงกว้าง 0.0526 - 0.2610 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของกลุ่มน้ำแร่ที่ผลิตต่างประเทศเท่ากับ 0.1094 ± 0.0792 มิลลิกรัมต่อลิตร) จากข้อมูลยังพบว่า น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อเดียวกัน ฉลากรหัส MN33 และ MN33A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยที่ตรวจพบต่างกันมาก ผลิตมาจากแหล่งน้ำแร่ธรรมชาติต่างสถานที่กัน ซึ่งน่าจะทำให้เกิดความแตกต่างกันของคุณภาพน้ำแร่ธรรมชาติและสารแร่ธาตุต่าง ๆ ในน้ำแร่ได้

ฮิสโตแกรมแสดงการกระจายของปริมาณสารฟลูออไรด์ในตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติจำนวน 20 ยี่ห้อ



ภาพที่ 1 ฮิสโตแกรมแสดงการกระจายของปริมาณสารฟลูออไรด์ โดยแกน X และ Y แสดง สเกลตัวเลขของปริมาณสารฟลูออไรด์ และจำนวนตัวอย่างตามลำดับ ตัวเลขบนแท่งแสดงจำนวนตัวอย่างในแต่ละช่วงค่า และเส้นประแสดงค่าเกณฑ์ปริมาณสารฟลูออไรด์มาตรฐาน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

แผนภูมิ ฮิสโตแกรมรูปภาพที่ 1 แสดงข้อมูลว่ามีน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 13 ยี่ห้อ มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบน้อยกว่าค่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ย (0.3019 ± 0.3187 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 5 ยี่ห้อ มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบมากกว่าค่าปริมาณฟลูออไรด์ค่ารวมเฉลี่ยแต่น้อยกว่า ค่าปริมาณสารฟลูออไรด์ที่กำหนด 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร และ มีน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 2 ยี่ห้อ มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบเกินค่าปริมาณสารฟลูออไรด์ที่กำหนด 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาวิจัยฉบับนี้พบว่า ปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดแต่ละยี่ห้อ มีความแตกต่างกันขึ้นกับแหล่งกำเนิดทางธรณีวิทยา จากการสำรวจแม้ว่าค่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ยจะอยู่ในระดับต่ำ (0.3019 ± 0.3187 มิลลิกรัมต่อลิตร) และยี่ห้อส่วนใหญ่ร้อยละ 65 (13 ยี่ห้อ) มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบน้อยกว่าค่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ย แต่การพบว่าตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดร้อยละ 10 (2 ยี่ห้อ) ได้แก่ ยี่ห้อ MN6, MN6A และยี่ห้อ MN12, MN12A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยเกินค่ามาตรฐาน 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ของข้อกำหนดคุณภาพของน้ำดื่ม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข

เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท[18] แสดงให้เห็นว่าการประเมินความปลอดภัยทั้งหมดไม่สามารถพิจารณาจากค่ารวมเฉลี่ยได้เพียงอย่างเดียว เนื่องจากบางตัวอย่างอาจมีค่าสูงเกินกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐาน ตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติยี่ห้อ MN12, MN12A ที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์ 1.1200 มิลลิกรัม ต่อลิตร ตรวจพบว่าไม่ได้แสดงฉลากคำเตือนตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 454 พ.ศ. 2567 เรื่องน้ำแร่ธรรมชาติ[14] ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่ตรวจพบได้จากงานวิจัยนี้ก็อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ ผลการศึกษาเชิงสำรวจนี้ สะท้อนถึงข้อจำกัดในการได้รับข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์ เนื่องจากผู้บริโภคไม่สามารถทราบปริมาณสารฟลูออไรด์ที่แท้จริง เป็นมิลลิกรัม ต่อลิตรได้จากฉลาก ทำให้ยากต่อการประเมินความเหมาะสมในการบริโภคผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า น้ำแร่ธรรมชาติไม่สามารถถือว่ามีความปลอดภัยเท่ากันทุกขวดทุกยี่ห้อ และการได้รับข้อมูลบนฉลากผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจนเป็นสิ่งที่สำคัญ ต่อการเลือกบริโภคได้อย่างปลอดภัยเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

ปัจจุบันคนไทยมองว่าการดื่มน้ำแร่ธรรมชาติเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ตลาดเครื่องดื่มน้ำแร่ธรรมชาติเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ข้อมูลปี 2567 ล่าสุด ตลาดน้ำแร่มีมูลค่าสูงถึง 5000 ล้านบาท[30] ผู้วิจัยพบว่า สารฟลูออไรด์ เป็นสารชนิดหนึ่งที่พบได้ในน้ำดื่มและน้ำแร่ธรรมชาติซึ่งเป็นแหล่งหลักในการได้รับสารฟลูออไรด์ของผู้บริโภค ส่วนใหญ่สารฟลูออไรด์มักถูกกล่าวถึงความสำคัญในด้านป้องกันฟันผุ แต่หากมีการสะสมของสารฟลูออไรด์มากเกินไปก็จะก่อให้เกิดพิษต่อร่างกายได้ ส่งผลต่อโครงสร้างกระดูกและฟันที่เรียกว่าฟันตกกระ (Dental fluorosis) หรือกระดูกหนาแข็งผิดปกติ (Skeletal fluorosis)[1]และงานวิจัยหลายฉบับพบว่าอาจมีความสัมพันธ์ต่อการพัฒนาการของสมองและสติปัญญาในเด็ก และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อ การตายของเซลล์ประสาทในสมองของผู้ใหญ่สัมพันธ์ต่อการเสื่อมของสมรรถภาพการรับรู้ และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคสมองเสื่อม โรคอัลไซเมอร์ โรคพาร์กินสันได้[2-9] การศึกษาวิจัยเชิงสำรวจ ฉบับนี้จัดทำขึ้น เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ในกลุ่มตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่จำหน่ายอยู่ในซุปเปอร์มาร์เกต และร้านสะดวกซื้อชื่อดังของประเทศไทย 9 แบรนด์ กำหนดว่าจะทำการสำรวจน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้งหมดจำนวน 20 ยี่ห้อตามเกณฑ์การคัดเลือก สุ่มเก็บตัวอย่างยี่ห้อละ 2 ตัวอย่างและตั้งฉลากรหัส (จาก 2 ร้านค้าร้านค้าละ 1 ตัวอย่าง) รวมทั้งสิ้น 40 ตัวอย่าง โดยทุกตัวอย่างได้รับการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลูออไรด์ด้วยวิธีตรวจแบบ Ion-selective electrode (เครื่อง Orion^{Tm} 96-09BN) ในห้องปฏิบัติการ งานบริการภาควิชาชีวเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ทำการทดสอบทั้งหมด ตัวอย่างละ 3 ครั้งแล้ว รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้ง 20 ยี่ห้อ พบว่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ยของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้งหมด 20 ยี่ห้อมีค่าเท่ากับ 0.3019 ± 0.3187 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สถานที่จัดซื้อน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดไม่ได้ทำให้ค่าปริมาณสารฟลูออไรด์ของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (Mean % RSD) ของน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 40 ตัวอย่างเท่ากับ 1.8% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของข้อมูลรวมทั้งระบบ (Pooled RSD) มีค่าเฉลี่ยอยู่

ที่ 1.3 % แสดงให้เห็นว่าระบบวัดวิธีวิเคราะห์ทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าค่อนข้างแม่นยำ น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดส่วนใหญ่ร้อยละ 65 (13 ยี่ห้อ) มีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ตรวจพบน้อยกว่าค่าปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ย ผู้วิจัยพบว่าน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 2 ยี่ห้อที่ผลิตในประเทศไทย มีปริมาณสารฟลูออไรด์เกินค่ามาตรฐาน 0.7 มิลลิกรัม ต่อลิตร คือ ยี่ห้อ MN6, MN6A และยี่ห้อ MN12, MN12A มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยเท่ากับ 0.9610 ± 0.0245 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 1.1200 ± 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ[18-19] และน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดยี่ห้อ MN12,MN12A ทั้งสองตัวอย่างที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์เฉลี่ยเท่ากับ 1.1200 ± 0.0283 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ได้แสดงข้อความแจ้งคำเตือนบนฉลากเกี่ยวกับสารฟลูออไรด์ตามข้อกำหนด[14] ในการศึกษานี้พบว่า ตัวอย่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 11 ยี่ห้อ มีแหล่งน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตในประเทศไทย มีปริมาณสารฟลูออไรด์รวมเฉลี่ยในกลุ่ม ที่ตรวจพบได้อยู่ในช่วงกว้างกว่า (ช่วงกว้าง 0.0776 - 1.1200 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของกลุ่มน้ำแร่ที่ผลิตในประเทศเท่ากับ 0.4594 ± 0.3568 มิลลิกรัมต่อลิตร) และอยู่ในเกณฑ์สูงกว่า เมื่อเทียบกับน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่เหลืออีก 9 ยี่ห้อที่มีแหล่งน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตต่างประเทศ (ช่วงกว้าง 0.0526 - 0.2610 มิลลิกรัมต่อลิตร, ค่าเฉลี่ยปริมาณสารฟลูออไรด์ของกลุ่มน้ำแร่ที่ผลิตต่างประเทศเท่ากับ 0.1094 ± 0.0792 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ นฤมล สุขรัง และคณะ[22] พ.ศ.2551 ที่พบว่าแหล่งน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตในประเทศมีโอกาสพบปริมาณสารฟลูออไรด์สูงกว่าในต่างประเทศแต่มีความแตกต่างจากงานวิจัยศึกษาของกรรณิกา จิตติยศรา และคณะ[23] ปี พ.ศ.2557 ที่พบว่าปริมาณสารฟลูออไรด์สูงสุดที่ตรวจพบในน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตจากต่างประเทศมีค่ามากกว่าที่ผลิตในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ประชากรที่มีความไวต่อสารฟลูออไรด์ เช่นเด็กเล็ก สตรีมีครรภ์ ผู้สูงอายุ ควรหลีกเลี่ยงการบริโภคซ้ำหรือต่อเนื่องยาวนานในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดเพียงยี่ห้อเดียว ในกรณีที่ไม่ทราบปริมาณสารฟลูออไรด์ที่แน่ชัดในฉลากบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดแต่ละยี่ห้อ อาจมีปริมาณสารฟลูออไรด์ที่ไม่เท่ากัน การสลับดื่มน้ำดื่มประเภทอื่นที่มีปริมาณสารฟลูออไรด์ต่ำ ช่วยลดความเสี่ยงในการได้รับการสะสมสารฟลูออไรด์มากเกินไป

สำหรับภาครัฐ การพิจารณาปรับปรุงข้อกำหนดเกี่ยวกับการแสดงฉลากบนผลิตภัณฑ์น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด ให้มีการแสดงปริมาณสารฟลูออไรด์ เป็นตัวเลข (มิลลิกรัมต่อลิตร) อย่างชัดเจน จะช่วยเพิ่มความปลอดภัยของผู้บริโภคได้ รวมถึงการจัดทำฐานข้อมูลปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดในประเทศไทย และปริมาณสารฟลูออไรด์ที่เหมาะสมที่ผู้บริโภคแต่ละวัย แต่ละช่วงอายุที่ควรได้รับ ก็จะช่วยให้ผู้บริโภคสามารถเลือกบริโภคน้ำดื่มได้เหมาะสม ปลอดภัยมากขึ้น ภาครัฐควรมีหน่วยงานสุ่มตรวจสอบปริมาณสารฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด หรือน้ำดื่มบรรจุขวดประเภทอื่น ว่าผลิตภัณฑ์มีการติดฉลากคำเตือนตาม ข้อกำหนดล่าสุดของกระทรวงสาธารณสุขหรือไม่ และกำหนดข้อบังคับให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

สำหรับผู้ที่สนใจวิจัยเพิ่มเติม และอาจมีหน่วยงานของรัฐ หรือหน่วยงานเอกชนอื่น สนับสนุนด้านงบประมาณ การเพิ่มจำนวนตัวอย่าง และเพิ่มการเก็บตัวอย่างหลายยี่ห้อ รวมทั้งช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน และศึกษาความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดน้ำแร่ธรรมชาติ เพื่อยืนยันและหาความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งผลิตน้ำแร่ธรรมชาติ กับปริมาณสารฟลูออไรด์โดยตรง จะทำให้การประเมินปริมาณสารฟลูออไรด์ในผลิตภัณฑ์น้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดครอบคลุมมากขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดนโยบายระยะยาวเพื่อควบคุมคุณภาพน้ำดื่มในระดับพื้นที่ ที่มีความเสี่ยงต่อการพบปริมาณสารฟลูออไรด์ปนเปื้อนในระดับสูง การศึกษาเกี่ยวกับน้ำดื่มเพื่อสุขภาพที่ดีและปลอดภัยโดยเปรียบเทียบปริมาณสารฟลูออไรด์ระหว่างน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด น้ำดื่มบรรจุขวดทั่วไป และน้ำดื่มชนิดอื่น ก็เป็นการศึกษาที่ดีในอนาคตของการทำงานวิจัยถัดๆต่อไป

ข้อจำกัดอีกประการของการสุ่มตรวจน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดในงานวิจัยนี้ ยี่ห้อละสองตัวอย่าง แล้วพบว่ามีน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวด 2 ยี่ห้อ ที่ตรวจพบค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด ก็อาจไม่ได้หมายความว่าน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดทั้งหมดที่ผลิตได้ของ 2 ยี่ห้อนี้ ที่จัดจำหน่ายในท้องตลาด จะมีค่าเกินมาตรฐานทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

1. วรวิทย์ จันทร์สุวรรณ. การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและฟลูออไรด์ของน้ำดื่มภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร; 2551.
2. Goschorska M, Gutowska I, Baranowska-Bosiacka I, Piotrowska K, Metryka E, Safranow K, et al. Potential role of fluoride in etiopathogenesis of Alzheimer's disease. Int J Mol Sci. 2018;19(12):3965.
3. Cao X, Guo X, Wang X, Liu S, Sun J, Zhang Y, et al. Exposure to fluoride aggravated the impairment in learning and memory and neuropathological lesions in mice carrying the APP/PS1 double-transgenic mutation. Alzheimers Res Ther. 2019;11:35.
4. Adkins C, Levy J, Smith A, Nguyen R, Johnson K. Impacts of fluoride neurotoxicity and mitochondrial dysfunction on cognitive and mental health outcomes. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(24):12884.
5. Ren X, Zhang Y, Liu C, Wang Y, Wang Z, Zhang J, et al. The cognitive impairment and risk factors of the older people living in high-fluoride drinking water areas: DKK1 need attention. BMC Public Health. 2021;21:2163.
6. 6.Bittencourt LO, Dionizio A, Ferreira MKM, Aragao WAB, Cartagenes Sc, Puty B, et al. Prolonged exposure to high fluoride levels during adolescence to adulthood elicits molecular, morphological and functional impairments in the hippocampus. Sci Rep. 2023;13:11083.
7. National Toxicology Program (NTP). Monograph on the state of the science concerning fluoride exposure and neurodevelopment and cognition: A systematic review. Research Triangle Park (NC): U.S. Department of Health and Human services; 2024 [cited 2025 Oct 1]. Available from: https://ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/2024-08/fluoride_final_508.pdf
8. Taylor KW, Eftim SE, Sibrizzi CA, Blain RB, Magnuson K, Hartman PA, et al. Fluoride exposure and children's IQ scores: A systematic review and meta-analysis. JAMA Pediatr. 2025;179(3):282-92. doi:10.1001/jamapediatrics.2024.5542.
9. Gunasekaran S, Sakthivel S, Rajan RE, Balasubramanian MK, Latkar YS, Mathew BM. Fluoride-induced effects on cognitive development in Indian children: A systemic review and meta-analysis. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2025;43(3):299-306.

10. ณปภัช รุ่งรัตน์มณีมาศ. การศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำดื่มบรรจุขวดที่จำหน่ายในร้านสะดวกซื้อ [สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์; 2562.
11. Quattrini S, Pampaloni B, Brandi ML. Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. Clin Cases Miner Bone Metab. 2016;13(3):173-80. doi:10.11138/ccmbm/2016.13.3.173.
12. ศรีอำไพ อิงคกิตติ. ธุรกิจร้านสะดวกซื้อ/มินิมาร์ท: สรุปแนวโน้มธุรกิจและการแข่งขัน [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: วิจัยธุรกิจธนาคาร แลนด์ แอนด์ เฮ้าส์ จำกัด (มหาชน); 2568 [เข้าถึงเมื่อ 3 พ.ย. 2568]. เข้าถึงได้จาก https://www.lhbank.co.th
13. เกศินี ศศิธร. แนวโน้มอุตสาหกรรมเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ไทย (Updated Edition). Industry Analysis and Outlook. ฉบับที่ 33. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย; 2568. 6 หน้า.
14. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 454) พ.ศ. 2567 เรื่องน้ำแร่ธรรมชาติ.ราชกิจจานุเบกษา. 11 ต.ค. 2567; เล่ม141 (ตอนพิเศษ 281 ง): 17-20.
15. Horsophong S, Nuchit S, Hayibueraheng N, Natkunanon P, Tansiri P, Puensurin D, et al. Estimation of fluoride concentrations and pH values of commercially available vitamin water in Bangkok, Thailand. Mahidol Dent J. 2022;42(2):97-108.
16. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary Reference intakes for calcium, phosphorus, magnesium, vitamin D and fluoride. Washington (DC): National Academy Press; 1997.
17. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. คู่มือมาตรฐานน้ำดื่มประเทศไทย. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2562.บทที่ 5,หน้า 32-41.
18. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่6). ราชกิจจานุเบกษา. 27 พ.ค. 2553; เล่ม 127 (ตอนพิเศษ 67 ง): 8-9.
19. กรมอนามัย. ประกาศกรมอนามัย เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปาดื่มได้ กรมอนามัย พ.ศ. 2563. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 1 ต.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก https://www.wapeepathumcity.go.th/fileupload/473797097.pdf
20. American Public Health Association (APHA), America Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington (DC): APHA Press; 2017. Section 4500-F:Fluoride.
21. United States Environmental Protection Agency. Method 340.1: Fluoride (Colorimetric, SPADNS). Washington (DC): US EPA; 1993.
22. นฤมล สุขรัง, อารยะ โรจนวนิชชากร. การสำรวจสถานการณ์ปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำแร่ธรรมชาติบรรจุขวดที่ปิดสนิท. วารสารอาหารและยา. 2551;15(1):34-8.

23. กรรณิกา จิตติยศรา, กัญญ์ญา พุกสุ่น. คุณภาพและความปลอดภัยของน้ำแร่ธรรมชาติที่ผลิตในประเทศและที่นำเข้าจากต่างประเทศ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.2557;56(4):193-204.
24. Dhanuthai K, Thangpisityotin M. Fluoride content of commercially-available bottled water in Bangkok, Thailand. J Investig Clin Dent. 2011;2(2): 144-7.
25. Rirattanapong P, Rirattanapong O. Fluoride content of commercially available bottled drinking water in Bangkok,Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2016;47(5):1112-6.
26. USDA Foreign Agricultural Service. Thailand: Retail Foods Annual (TH2025-0027) [Internet]. Washington (DC): USDA; 2025 Sep 17 [cited 2025 Dec 3]. Available from: http://fas.usda.gov/data/search?keyword=TH2025-0027
27. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. พลาสติก PP (polypropylene) มีความ “จุดหลอมเหลวสูง ทนต่อความร้อนและสารเคมีได้ดี”[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: กรมวิทยาศาสตร์บริการ; 2564 [เข้าถึงเมื่อ 2 ตุลาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dss.go.th/index.php/dssnews/1786-98-2564
28. Hattab F. Stability of fluoride solution in glass and plastic containers. Acta Pharm Suec. 1981;18:249-253.
29. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition Incorporating the 1st addendum. Geneva: WHO; 2017.
30. Marketeer. 10 ปีที่ผ่านมาตลาดน้ำแร่ มูลค่าเปลี่ยนแปลงไปแค่ไหน [อินเทอร์เน็ต]. 14 มีนาคม 2568 [เข้าถึงเมื่อ 20 ตุลาคม 2568]. เข้าถึงได้จาก: http://marketeeronline.co/archives/406508

ผลของพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนต้นแบบ

EFFECTS OF VENTILATION OPENING AREA ON THE INDOOR ENVIRONMENT OF A PROTOTYPE GREENHOUSE

พัทธนันท์ กีรติพรานนท์* วรัชญ์ สิงห์ตัน* และ ฐิติกานต์ ชูพุ่ม*

PATTANUN KEERATIPRANON, VARAT SINGTUN, THITIKARN CHOOPUM

โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย*

Samsenwittayalai School

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*

High School students

อีเมล: p.keeratipranon@gmail.com, ohmvs10@gmail.com and thitikarn.kp@gmail.com

ณัฐพล ตฤณเกศโกศล สยาม หมวกอิ่ม** และ อริญา สุริยาบุตร****

NATTAPHON TRINKETKOSON, SIAM MUAKIM, ARIYA SURIYABUT

โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย**

Samsenwittayalai School.

ครูที่ปรึกษา**

Advisors

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความสูงช่องเปิดระบายอากาศที่ทำให้สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือนแตกต่างกัน เพื่อหาแบบโรงเรือนต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮดในฤดูร้อนของประเทศไทย โดยสร้างโรงเรือนต้นแบบ 4 รูปแบบ ได้แก่ โรงเรือนแบบปิด (Control) และโรงเรือนที่มีความสูงช่องเปิดระบายอากาศ 6.0, 10.8 และ 16.8 เซนติเมตร เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุก 5 นาที ระหว่างเวลา 12.00–16.00 น. เป็นเวลา 7 วัน รวมทั้งสิ้น 1,680 ค่า วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Linear Mixed Model (LMM) โดยกำหนดโรงเรือนและวันทดลองเป็นปัจจัยคงที่ (Fixed Effects) พร้อมเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบโรงเรือน วันทดลอง และปฏิสัมพันธ์ระหว่างโรงเรือนกับวันทดลองมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โรงเรือนแบบปิดมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด (31.45 ± 0.35 °C) ขณะที่โรงเรือนที่มีความสูงช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด (30.49 ± 0.19 °C) และแตกต่างจากโรงเรือนที่มีช่องเปิด 6.0 และ 16.8 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความชื้นสัมพัทธ์พบว่าโรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงที่สุด (60.72 ± 0.10%) และไม่แตกต่างจากสภาพแวดล้อมภายนอกโรงเรือน (Room) แต่สูงกว่าโรงเรือนรูปแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) สรุปได้ว่า ความสูงช่องเปิดระบายอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศจุลภาคภายในโรงเรือน โดยโรงเรือนที่มีความสูงช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิและรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดีที่สุด จึงเหมาะสมสำหรับใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโรงเรือนระบายอากาศตามธรรมชาติสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮดภายใต้สภาพภูมิอากาศฤดูร้อนของประเทศไทย

คำสำคัญ: โรงเรือนต้นแบบ, ช่องเปิดระบายอากาศ, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, Linear Mixed Model

Abstract

This study aimed to investigate the effects of different ventilation opening heights, which resulted in different ventilation opening-to-floor area ratios, on the indoor microclimate of a prototype greenhouse in order to identify the most suitable greenhouse design for butterhead lettuce cultivation during the summer season in Thailand. Four prototype greenhouse designs were constructed: a closed greenhouse (Control) and greenhouses with ventilation opening heights of 6.0, 10.8, and 16.8 cm. Air temperature and relative humidity were recorded every 5 minutes between 12:00 and 16:00 for seven consecutive days, yielding a total of 1,680 observations. Data were analyzed using descriptive statistics and a Linear Mixed Model (LMM), with greenhouse type and experimental day specified as fixed effects. Pairwise comparisons of estimated marginal means were performed using the Bonferroni adjustment at a significance level of 0.05. The results showed that greenhouse type, experimental day, and the interaction between greenhouse type and experimental day significantly affected both air temperature and relative humidity inside the greenhouse ($p < .001$). The closed greenhouse exhibited the highest mean air temperature (31.45 ± 0.35 °C), whereas the greenhouse with a 10.8-cm ventilation opening showed the lowest mean air temperature (30.49 ± 0.19 °C), which was significantly lower than those of the 6.0-cm and 16.8-cm greenhouse designs. For relative humidity, the greenhouse with a 10.8-cm ventilation opening had the highest mean relative humidity (60.72 ± 0.10 %), which was not significantly different from the outdoor environment (Room) but was significantly higher than the other greenhouse designs ($p < .001$). In conclusion, ventilation opening height is a key factor influencing the greenhouse microclimate. A ventilation opening height of 10.8 cm provided the most favorable environmental conditions by effectively reducing air temperature while maintaining relative humidity close to the outdoor environment. Therefore, this design is recommended as an appropriate guideline for naturally ventilated greenhouse design for butterhead lettuce production under tropical summer conditions in Thailand.

Keywords: Prototype greenhouse; Natural ventilation; Ventilation opening; Air temperature; Relative humidity; Linear Mixed Model (LMM)

บทนำ

ผักบัตเตอร์เฮดเป็นผักสลัดที่ได้รับความนิยมและมีความต้องการของตลาดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง รับประทานง่าย และสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลาย อย่างไรก็ตาม ผักกลุ่มสลัดเป็นพืชฤดูหนาวที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมอยู่ประมาณ 15–25 องศาเซลเซียส หากได้รับอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้พืชเกิดความเครียดจากความร้อน ส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง คุณภาพใบลดลง และผลผลิตไม่เป็นที่ต้องการของตลาด[1,2]

ประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่อุณหภูมิภายนอกอาจสูงมากกว่า 35 องศาเซลเซียส การปลูกผักบัตเตอร์เฮดในโรงเรือนจึงเผชิญข้อจำกัดด้านการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากโรงเรือนสามารถสะสมความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก เมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงเกินระดับที่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ การเจริญเติบโต และระยะเวลาการผลิตของพืช[3]

การระบายอากาศตามธรรมชาติเป็นแนวทางหนึ่งที่นิยมใช้ในการลดอุณหภูมิและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ใช้พลังงานน้อย และเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตพืชเขตร้อน ประสิทธิภาพของการระบายอากาศขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ขนาดช่องเปิด ตำแหน่งช่องเปิด รูปแบบโรงเรือน ทิศทางลม และอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้น หากช่องเปิดมีขนาดไม่เหมาะสม อากาศร้อนและความชื้นจะสะสมภายในโรงเรือน ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช[4,5]

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ขนาดและสัดส่วนของช่องเปิดระบายอากาศมีผลต่อการถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพภูมิอากาศจุลภาคภายในโรงเรือน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการในโรงเรือนรูปแบบเฉพาะหรือในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างจากประเทศไทย จึงอาจไม่สามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับโรงเรือนปลูกผักบัตเตอร์เฮดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยได้โดยตรง[4,5]

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากรายงานว่าขนาดและลักษณะของช่องเปิดระบายอากาศมีผลต่อการถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน แต่ยังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์เกี่ยวกับสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนต้นแบบภายใต้สภาพภูมิอากาศฤดูร้อนของประเทศไทย จึงยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับการออกแบบช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮดในสภาพแวดล้อมดังกล่าว

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาผลของสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือนต้นแบบที่มีต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของช่องเปิดระบายอากาศที่มีขนาดแตกต่างกันต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน เพื่อหาแนวทางการออกแบบโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮดภายใต้สภาพภูมิอากาศฤดูร้อนของประเทศไทย ผลการศึกษาคาดว่าจะเป็นองค์ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโรงเรือนที่มีประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศ ช่วยลดการสะสมความร้อน เพิ่มคุณภาพผลผลิต และสนับสนุนการผลิตผักที่ปลอดภัยและมี

คุณค่าทางโภชนาการ อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการส่งเสริมสุขภาวะ (Wellness) และการป้องกันโรคผ่านการบริโภคอาหารที่มีคุณภาพ และยังเป็นการบูรณาการองค์ความรู้และนวัตกรรมเพื่อการส่งเสริมสุขภาพและการประยุกต์ใช้จริงอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างโรงเรือนต้นแบบที่มีความสูงของช่องเปิดระบายอากาศแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้มีพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือนแตกต่างกัน สำหรับใช้ในการศึกษาสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของความสูงช่องเปิดระบายอากาศที่ทำให้เกิดพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นแตกต่างกัน ต่ออุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน

การทบทวนวรรณกรรม

ผักบัตเตอร์เฮดและปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ผักบัตเตอร์เฮด (Butterhead lettuce; *Lactuca sativa* L.) เป็นผักสลัดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีรสชาติอ่อนนุ่ม เนื้อใบกรอบ และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น วิตามินเอ วิตามินซี โฟเลต และสารต้านอนุมูลอิสระ จึงเป็นพืชที่นิยมปลูกในระบบเกษตรมูลค่าสูงและโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม[2]

การเจริญเติบโตของผักบัตเตอร์เฮดได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการระบายอากาศ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงประมาณ 15–25 °C หากอุณหภูมิสูงกว่า 30 °C จะส่งผลให้พืชเกิดความเครียดจากความร้อน (heat stress) ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง การหายใจเพิ่มขึ้น คุณภาพใบลดลง น้ำหนักสดลดลง และอาจเกิดการแทงช่อดอกก่อนกำหนด (bolting) ส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพต่ำ[1,2]

สำหรับประเทศไทย ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น การปลูกผักบัตเตอร์เฮดในช่วงฤดูร้อนจึงจำเป็นต้องอาศัยโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในให้เหมาะสม โดยเฉพาะการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ[3]

โรงเรือนปลูกพืชและสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

โรงเรือนเป็นโครงสร้างที่ช่วยป้องกันผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก และสามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น อุณหภูมิ ความชื้น แสง และการเคลื่อนที่ของอากาศ ส่งผลให้สามารถผลิตพืชที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่เขตร้อนโรงเรือนมักประสบปัญหาการสะสมความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในสูงกว่าภายนอกหลายองศาเซลเซียส หากไม่มีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมีนัยสำคัญ[4,5]

นอกจากอุณหภูมิแล้ว ความชื้นสัมพัทธ์และการเคลื่อนที่ของอากาศภายในโรงเรือนยังมีผลต่อการคายน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซ และการสังเคราะห์แสงของพืช ดังนั้น การออกแบบโรงเรือนที่สามารถระบายอากาศได้อย่างเหมาะสมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตพืชในเขตร้อน[4]

การระบายอากาศตามธรรมชาติในโรงเรือน

การระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural ventilation) เป็นวิธีควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่ได้รับความนิยม เนื่องจากไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าและมีต้นทุนการดำเนินงานต่ำ กลไกการระบายอากาศเกิดจากความแตกต่างของแรงดันอากาศที่เกิดจากความเร็วลมภายนอก (wind-driven ventilation) และความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกโรงเรือน (buoyancy-driven ventilation) ซึ่งทำให้อากาศร้อนลอยตัวออกจากโรงเรือน ขณะที่อากาศเย็นจากภายนอกไหลเข้าสู่โรงเรือน[5,6]

การศึกษาของ Boulard[6] และ Zhang และคณะ[5] รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการระบายอากาศประกอบด้วย รูปแบบโรงเรือน ความสูงของโรงเรือน รูปทรงหลังคา ตำแหน่งช่องเปิด ขนาดช่องเปิด ทิศทางลม ความเร็วลม และการใช้มุ้งกันแมลง ซึ่งล้วนส่งผลต่ออัตราการแลกเปลี่ยนอากาศและสภาพภูมิอากาศจุลภาคภายในโรงเรือน

พื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือน

พื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือน (Ventilation Opening-to-Floor Area) เป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการออกแบบโรงเรือน เนื่องจากเป็นตัวกำหนดศักยภาพในการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายในและภายนอกโรงเรือน หากพื้นที่ช่องเปิดมีขนาดเล็กเกินไป อัตราการระบายอากาศจะลดลง ทำให้เกิดการสะสมของความร้อนและความชื้น แต่หากมีขนาดใหญ่เกินไป อาจส่งผลให้การควบคุมสภาพแวดล้อมทำได้ยาก รวมทั้งเพิ่มผลกระทบจากลมและฝนที่เข้าสู่โรงเรือน[5,7]

กรมอุตสาหกรรมปฐมภูมิของรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย แนะนำว่า โรงเรือนในเขตร้อนควรมีพื้นที่ช่องเปิดหลังคาประมาณ 25–35% ของพื้นที่พื้น เพื่อให้สามารถระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงตลอดปี[8] ขณะที่ Harmanto และคณะ[7] พบว่าการเพิ่มสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนและเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศได้อย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับการระบายอากาศในโรงเรือนส่วนใหญ่เน้นการศึกษาผลของตำแหน่งช่องเปิด รูปแบบช่องเปิด และรูปทรงของโรงเรือนต่ออัตราการระบายอากาศ โดย Kittas และคณะ[9] รายงานว่าการใช้ช่องเปิดด้านข้างร่วมกับช่องเปิดหลังคาช่วยเพิ่มความเร็วลมภายในโรงเรือนและลดอุณหภูมิได้ดีกว่าการใช้ช่องเปิดเพียงด้านเดียว

Kwon และคณะ[10] ศึกษาโรงเรือนแบบ Venlo และพบว่า เมื่อเพิ่มขนาดการเปิดของช่องระบายอากาศบนหลังคา อัตราการระบายอากาศเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรง ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการในประเทศเขตอบอุ่นหรือเขตกึ่งร้อน และศึกษากับโรงเรือนเฉพาะรูปแบบ จึงยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือนปลูกผักบัตเตอร์เฮดภายใต้สภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อน ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิภายนอกสูงที่สุดของปี ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการสร้างองค์ความรู้สำหรับการออกแบบโรงเรือนที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตผักสลัดเชิงพาณิชย์ได้

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโรงเรือนต้นแบบที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นแตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนดังกล่าวที่มีต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮดในฤดูร้อนของประเทศไทย โดย ออกแบบและก่อสร้างโรงเรือนต้นแบบจำนวน 4 รูปแบบจากท่อและข้อต่อพีวีซี พร้อมติดตั้งแผ่นพลาสติกใสตามลักษณะของแต่ละแบบ จากนั้นติดตั้งโรงเรือนทั้งหมดในบริเวณเดียวกันและหันหน้าไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อควบคุมอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่อาจส่งผลต่อการทดลอง

โรงเรือนแต่ละหลังติดตั้งระบบตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (DHT11) จำนวน 5 จุด ได้แก่ มุมทั้ง 4 มุมและกึ่งกลางหลังคา พร้อมติดตั้งเครื่องวัดความเร็วลมทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน ข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งหมดเชื่อมต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ซึ่งพัฒนาโปรแกรมสำหรับบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ และใช้แหล่งจ่ายไฟแบบสวิตชิ่งเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง

การทดลองดำเนินการภายใต้สภาวะเดียวกันทุกโรงเรือนเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมทุก 5 นาที ในช่วงเวลา 12.00–16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงของวัน พร้อมทั้งบันทึกอุณหภูมิและความเร็วลมภายนอกโรงเรือนเพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเปรียบเทียบ ทั้งนี้ได้ควบคุมชนิดและความเร็วของพัดลมให้เหมือนกันทุกโรงเรือนตลอดการทดลอง ส่งผลให้มีข้อมูลรวมทั้งสิ้น 1,680 ตัวอย่าง

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) สำหรับอธิบายลักษณะข้อมูลเบื้องต้น ส่วนการวิเคราะห์เชิงอนุมานใช้ Linear Mixed Model (LMM) เพื่อประเมินผลของรูปแบบโรงเรือน (House) วันทดลอง (Day) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโรงเรือนกับวันทดลอง (House × Day) ต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือน โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) และคำนวณค่าองศาอิสระด้วยวิธี Satterthwaite approximation การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของแต่ละกลุ่มใช้การปรับค่าความน่าจะเป็นด้วยวิธี Bonferroni เพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนจากการเปรียบเทียบหลายคู่ (multiple comparisons) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ $p < 0.05$ โดยการติดตั้งโรงเรือน การพัฒนาระบบข้อมูล และการเก็บข้อมูลแสดงในภาพที่ 1-3

ภาพที่ 1 การติดตั้งโรงเรือน

ภาพที่ 2 การพัฒนาระบบบันทึกข้อมูล

ภาพที่ 3 การเก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม

ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนต้นแบบทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ โรงเรือนแบบปิด (Control) และโรงเรือนที่มีความสูงของช่องเปิดระบายอากาศ 6.0, 10.8 และ 16.8 เซนติเมตร ซึ่งส่งผลให้มีพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือนแตกต่างกัน รวมทั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน (Room) ตลอดระยะเวลาการทดลอง 7 วัน พบว่า

อุณหภูมิภายในโรงเรือนทุกแบบมีแนวโน้มสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนในทุกวันของการทดลอง โดยโรงเรือนควบคุม (Control) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดเกือบทุกวัน อยู่ในช่วง 30.94 ± 0.30 ถึง 31.87 ± 0.21 °C ขณะที่โรงเรือนที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศ 6.0 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดในหลายวัน อยู่ในช่วง 30.00 ± 0.58 ถึง 30.95 ± 0.19 °C

เมื่อพิจารณาโรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ พบว่า โรงเรือนที่มีอัตราส่วน 6.0 และ 10.8 มีแนวโน้มให้อุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรือนที่มีอัตราส่วน 16.8 และโรงเรือนควบคุม โดยเฉพาะในช่วงวันที่ 1–5 ของการทดลอง ทั้งนี้ อุณหภูมิภายนอกโรงเรือน (Room) มีค่าต่ำที่สุดในทุกวัน อยู่ระหว่าง 29.46 ± 0.48 ถึง 30.44 ± 0.31 °C

ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ พบว่ามีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้ามกับอุณหภูมิ กล่าวคือ วันที่มีอุณหภูมิสูงจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอยู่ในช่วง 48.88–68.85% และภายนอกโรงเรือนอยู่ในช่วง 53.81–68.65% ทั้งนี้ โรงเรือนที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงที่สุดในหลายวัน โดยเฉพาะวันที่ 3 (65.95 ± 0.54%) วันที่ 6 (68.85 ± 0.24%) และวันที่ 7 (65.98 ± 1.07%) ขณะที่โรงเรือนที่มีอัตราส่วน 6.0 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในหลายวัน เช่น วันที่ 2 (51.96 ± 3.23%) และวันที่ 4 (48.88 ± 3.55%)

โดยรวม พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์ของทุกโรงเรือนมีแนวโน้มลดลงในช่วงวันที่ 2–5 ก่อนจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในวันที่ 6 และยังคงอยู่ในระดับสูงในวันที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ลดลงในช่วงเวลาดังกล่าว ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและSD ของอุณหภูมิเฉลี่ยรวม จำแนกตามวันและโรงเรือน

โรงเรือน	Control	ช่องเปิด 6.0	ช่องเปิด 10.8	ช่องเปิด 16.8	Room
อุณหภูมิ					
DAY1	31.45±0.18	30.50±0.19	30.24±0.17	31.01±0.28	29.48±0.30
DAY2	30.94±0.30	30.00±0.58	30.10±0.34	30.38±0.17	29.46±0.48
DAY3	31.34±0.16	30.70±0.14	30.28±0.12	31.00±0.33	29.93±0.59
DAY4	31.40±0.24	30.50±0.35	30.29±0.14	30.97±0.31	29.70±0.57
DAY5	31.43±0.23	30.35±0.38	30.27±0.14	31.16±0.23	30.03±0.54
DAY6	31.73±0.16	30.91±0.18	30.94±0.27	31.28±0.15	30.44±0.31
DAY7	31.87±0.21	30.95±0.19	31.13±0.14	31.30±0.18	30.44±0.30
ความชื่นสัมพัทธ์					
DAY1	57.03±0.90	56.84±1.23	59.87±1.11	57.63±1.02	60.69±1.49
DAY2	53.18±2.25	51.96±3.23	56.12±2.32	53.92±2.52	56.58±3.31
DAY3	61.88±0.57	63.26±0.91	65.95±0.54	64.48±1.02	65.92±0.77
DAY4	51.09±2.13	48.88±3.55	53.68±2.52	50.95±2.38	53.81±3.52
DAY5	51.68±1.65	50.40±3.33	54.60±1.87	51.82±1.86	55.19±1.84
DAY6	65.16±0.44	68.84±0.46	68.85±0.24	68.06±0.26	68.65±0.48
DAY7	62.78±0.95	63.72±1.29	65.98±1.07	64.16±1.40	65.65±0.48

สำหรับผลการวิเคราะห์อุณหภูมิด้วย Linear Mixed Model (LMM) ซึ่งกำหนดให้รูปแบบโรงเรือน (House) และวันทดลอง (Day) เป็นปัจจัยคงที่ (Fixed effects) พบว่า รูปแบบของโรงเรือนมีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 1210.618$, $p < 0.001$) เช่นเดียวกับวันทดลองที่มีผลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 277.015$, $p < 0.001$) นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบโรงเรือน

และวันทดลอง (House × Day interaction) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 11.159$, $p < 0.001$) แสดงว่าผลของรูปแบบโรงเรือนต่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละวันของการทดลอง

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยที่ประมาณจากแบบจำลอง พบว่า โรงเรือนแบบปิด (Control) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด (31.45 ℃) รองลงมาคือโรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 16.8 เซนติเมตร (31.02 ℃) ขณะที่โรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 6.0 และ 10.8 เซนติเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 30.56 และ 30.46 ℃ ตามลำดับ โดยโรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในบรรดาโรงเรือนทดลอง และมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอก (29.93 ℃) มากที่สุด

การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธี Bonferroni พบว่า โรงเรือนแบบปิด (Control) มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าโรงเรือนทุกแบบและอุณหภูมิภายนอก (Room) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) ขณะที่โรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 ซม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดในบรรดาโรงเรือนต้นแบบ และต่ำกว่าโรงเรือนที่มีช่องเปิด 6.0 ซม. และ 16.8 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) อย่างไรก็ตาม โรงเรือนที่มีช่องเปิด 6.0 ซม. และ 16.8 ซม. มีอุณหภูมิเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.705$) ส่วนอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน (Room) ต่ำกว่าทุกโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$)

สำหรับผลการวิเคราะห์ความชื้นสัมพัทธ์ด้วย Linear Mixed Model พบว่า รูปแบบโรงเรือนมีผลต่อความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($F = 256.105$, $p < 0.001$) เช่นเดียวกับ วันของการทดลอง ($F = 2927.204$, $p < 0.001$) และยังพบ อิทธิพลร่วมระหว่างโรงเรือนและวันทดลอง (House × Day interaction) อย่างมีนัยสำคัญ ($F = 10.353$, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าผลของรูปแบบโรงเรือนต่อความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนแปลงไปตามวันของการทดลอง

เมื่อพิจารณาค่า Estimated Marginal Means พบว่า โรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 ซม. มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงที่สุดในกลุ่มโรงเรือน (60.72 ± 0.10%) และมีค่าใกล้เคียงกับค่าความชื้นภายนอกโรงเรือน (Room = 60.93 ± 0.10%) ขณะที่โรงเรือนแบบปิด (Control) มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำที่สุด (57.54 ± 0.10%) ส่วนโรงเรือนที่มีช่องเปิด 6.0 และ 16.8 ซม. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57.70 ± 0.10% และ 58.72 ± 0.10% ตามลำดับ

ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศสามารถส่งผลต่อการรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนได้ โดยเฉพาะโรงเรือนที่มีช่องเปิด 10.8 ซม. ซึ่งสามารถรักษาความชื้นให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดีที่สุดภายใต้สภาวะการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ด้วย Linear Mixed Model (LMM) สรุปได้ว่า รูปแบบของโรงเรือนมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยประสิทธิภาพของโรงเรือนแตกต่างกันในแต่ละวันของการทดลอง โรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดสามารถรักษาอุณหภูมิให้ต่ำที่สุดและรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอกมากที่สุด ขณะที่โรงเรือนแบบปิดมีอุณหภูมิสูงที่สุดและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการออกแบบช่องเปิด

ระบายอากาศที่เหมาะสมมีบทบาทสำคัญในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนภายใต้สภาวะฤดูร้อนของประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ Linear Mixed Model ของอุณหภูมิเฉลี่ยและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในโรงเรือน

ปัจจัย	อุณหภูมิเฉลี่ย			ความชื่นสัมพัทธ์		
	df	F	p-value	df	F	p-value
โรงเรือน (House)	4	1210.618	<0.001	4	256.105	<0.001
วัน (Day)	6	277.015	<0.001	6	2927.204	<0.001
โรงเรือน × วัน	24	11.159	<0.001	24	10.353	<0.001

หมายเหตุ: วิเคราะห์ด้วย Linear Mixed Model (REML), เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Bonferroni

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปรับ (Estimated Marginal Means) ของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จำแนกตามโรงเรือน

โรงเรือน	อุณหภูมิ		ความชื่นสัมพันธ์	
	Estimated Mean ± SE (°C)	95% CI	Estimated Mean ± SE (%RH)	95% CI
Control	31.452±0.017^{a}	31.419–31.484	57.542±0.101^{c}	57.344–57.741
6 cm	30.560±0.017^{c}	30.528–30.593	57.700±0.101^{c}	57.501–57.898
10.8 cm	30.464±0.017^{d}	30.432–30.497	60.722±0.101^{a}	60.523–60.920
16.8 cm	31.015±0.017^{b}	30.983–31.048	58.717±0.101^{b}	58.519–58.916
Room	29.926±0.017^{e}	29.893–29.958	60.926±0.101^{a}	60.727–61.124

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Bonferroni, $p < 0.05$)

อภิปรายผล

ผลการศึกษาพบว่า ความสูงของช่องเปิดระบายอากาศมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญ โดยโรงเรือนแบบปิดมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด ขณะที่โรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด และสามารถรักษาความชื้นสัมพัทธ์ได้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอกมากที่สุด ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมช่วยลดการสะสมความร้อนและส่งเสริมการแลกเปลี่ยนอากาศภายในโรงเรือน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Boulard[6], Zhang et al.[5] และ Akrami et al.[12] ที่ระบุว่าขนาด ตำแหน่ง และรูปแบบของช่องเปิดเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศตามธรรมชาติในโรงเรือน

จากผลการศึกษาที่พบว่าโรงเรือนที่มีช่องเปิด 10.8 เซนติเมตร ให้สภาพแวดล้อมภายในดีที่สุด นั้นสอดคล้องกับการศึกษาของ Harmanto et al.[7] ซึ่งชี้ว่าพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมในสภาพอากาศร้อนชื้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศและลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขนาดช่องเปิดมากขึ้นไม่ได้ทำให้อุณหภูมิลดลงเสมอไป ดังเห็นได้จากโรงเรือนที่มีช่องเปิด 16.8 เซนติเมตร ซึ่งไม่ได้มีอุณหภูมิต่ำกว่าโรงเรือน 10.8 เซนติเมตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการไหลเวียนของอากาศภายในโรงเรือนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยร่วมกัน เช่น ความเร็วลมภายนอก ความแตกต่างของอุณหภูมิภายใน–ภายนอก รูปทรงโรงเรือน และการกระจายตัวของอากาศ[9-11]

และเมื่อพิจารณาในมิติของการปลูกผักสลัด ผลการศึกษานี้มีความสำคัญ เนื่องจากอุณหภูมิสูงเป็นปัจจัยจำกัดสำคัญต่อการเจริญเติบโต คุณภาพ และผลผลิตของผักกาดหอมและผักสลัดที่อยู่ในสภาพอากาศร้อน[1,3] ดังนั้น การลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนด้วยการออกแบบช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยสร้างสภาพภูมิอากาศจุลภาคให้เหมาะสมต่อการผลิตผักบัตเตอร์เฮดในฤดูร้อนของประเทศไทยได้

นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ Wang et al.[2] ที่กล่าวว่าการระบายอากาศที่ไม่สม่ำเสมอส่งผลต่อพลังงาน สภาพแวดล้อมภายใน และการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือน จึงแสดงให้เห็นว่าการออกแบบช่องเปิดระบายอากาศไม่ควรพิจารณาเฉพาะขนาดของช่องเปิดเท่านั้น แต่ควรคำนึงถึงความสม่ำเสมอของการไหลเวียนอากาศภายในโรงเรือนร่วมด้วย

ดังนั้น อาจสรุปได้ว่า ผลการวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดความสูงของช่องเปิดระบายอากาศเป็นปัจจัยสำคัญต่อการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน และช่องเปิดระบายอากาศขนาด 10.8 เซนติเมตร เป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการลดอุณหภูมิและรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนต้นแบบภายใต้สภาพอากาศฤดูร้อนของประเทศไทย ผลดังกล่าวสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาโรงเรือนระบายอากาศตามธรรมชาติสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮดต่อไป

ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศมีผลโดยตรงต่อสภาพภูมิอากาศจุลภาคภายในโรงเรือน อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้ดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมจำลอง จึงควรมีการศึกษาต่อยอดในโรงเรือนขนาดจริง รวมทั้งศึกษาปัจจัยร่วมอื่น เช่น ความเร็วลมภายนอก ทิศทางลม ความสูงของโรงเรือน รูปทรงหลังคา และการใช้มุ้งกันแมลง เพื่อพัฒนาแบบจำลองการออกแบบโรงเรือนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย นอกจากนี้ ควรศึกษาการใช้ระบบระบายอากาศร่วมกับระบบทำความเย็น เช่น evaporative cooling หรือระบบพ่นหมอก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อน

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของโรงเรือนต้นแบบที่มีขนาดช่องเปิดระบายอากาศแตกต่างกันต่อสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนภายใต้สภาวะจำลองฤดูร้อนของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบโรงเรือน 4 รูปแบบ ได้แก่ โรงเรือนแบบปิด (Control) และโรงเรือนที่มีความสูงของช่องเปิดระบายอากาศ 6.0, 10.8 และ 16.8 เซนติเมตร ซึ่งให้สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดระบายอากาศต่อพื้นที่พื้นของโรงเรือนแตกต่างกัน พร้อมเปรียบเทียบกับสภาพแวดล้อมภายนอกโรงเรือน

ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบของโรงเรือนมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยโรงเรือนทุกแบบมีอุณหภูมิสูงกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มแปรผกผันกับอุณหภูมิ ผลการวิเคราะห์ด้วย Linear Mixed Model (LMM) แสดงให้เห็นว่าโรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศ 10.8 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยสามารถรักษาอุณหภูมิให้ต่ำ

ที่สุดและรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอกมากที่สุด ในขณะที่โรงเรือนแบบปิด (Control) มีอุณหภูมิสูงที่สุดและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุด ผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบช่องเปิดระบายอากาศที่เหมาะสมมีบทบาทสำคัญต่อการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน และภายใต้สภาวะจำลองฤดูร้อนของประเทศไทย โรงเรือนที่มีช่องเปิดระบายอากาศสูง 10.8 เซนติเมตรเป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปลูกผักบัตเตอร์เฮด

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การศึกษาดำเนินการใน โรงเรือนต้นแบบ (prototype greenhouse) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าการใช้งานจริง ดังนั้น ผลการศึกษาที่ได้อาจไม่สามารถอ้างอิงไปยังโรงเรือนเชิงพาณิชย์ได้โดยตรง
2. การทดลองดำเนินการภายใต้ สภาวะฤดูร้อนของประเทศไทย และเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 7 วัน จึงยังไม่ครอบคลุมความแปรปรวนของสภาพอากาศในฤดูกาลอื่น เช่น ฤดูฝนหรือฤดูหนาว
3. การศึกษาประเมินเฉพาะ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในโรงเรือน โดยไม่ได้พิจารณาปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมอื่น เช่น ความเข้มแสง ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ หรือการกระจายความเร็วลม ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศ
4. การศึกษามุ่งเน้นการประเมิน สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน โดยไม่ได้ทดสอบการปลูกผักบัตเตอร์เฮดจริง จึงยังไม่สามารถสรุปผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต หรือคุณภาพของพืชได้โดยตรง
5. แม้ว่าการวิเคราะห์ด้วย Linear Mixed Model (LMM) จะช่วยลดผลกระทบจากข้อมูลที่วัดซ้ำและความแตกต่างระหว่างวันทดลองได้ แต่ผลการศึกษาอาจยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสภาพอากาศภายนอกที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ทั้งหมด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการวิจัยพบว่า โรงเรือนต้นแบบที่มีช่องเปิดระบายอากาศขนาด 10.8 เซนติเมตร สามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้ดีที่สุดและรักษาความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมภายนอก ดังนั้น การออกแบบโรงเรือนในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อนชื้นของประเทศไทยควรพิจารณาใช้สัดส่วนช่องเปิดระบายอากาศในระดับดังกล่าวเป็นแนวทางในการออกแบบ
2. ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบและพัฒนาโรงเรือนสำหรับการปลูกผักหรือพืชที่ไวต่ออุณหภูมิ เพื่อช่วยปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนและเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของขนาดช่องเปิดระบายอากาศใน โรงเรือนขนาดใช้งานจริง และภายใต้สภาพภูมิอากาศในฤดูกาลต่าง ๆ เพื่อยืนยันความเหมาะสมของผลการวิจัยและเพิ่มความสามารถในการประยุกต์ใช้

2. ควรศึกษาปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมเพิ่มเติม เช่น ความเร็วลม ความเข้มแสง ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ เพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศได้อย่างครอบคลุม
3. ควรทดลองปลูกผักบัตเตอร์เฮดหรือพืชเศรษฐกิจจริงภายในโรงเรือน เพื่อประเมินผลของขนาดช่องเปิดระบายอากาศต่อ การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืช ซึ่งจะช่วยยืนยันความเหมาะสมของการออกแบบโรงเรือนในเชิงการผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ณพัฒน์ สุวรรณ อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางวิชาการ ข้อเสนอแนะ และถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูล และการพัฒนาระบบต้นแบบ จนโครงงานมีความสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ครูณัฐพล ตฤณเกศโกศล ครูสยาม หมวกอิ่ม และครูอริญา สุริยาบุตร ครูที่ปรึกษาโครงงาน โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำ ดูแล และสนับสนุนการดำเนินโครงงานอย่างใกล้ชิดตลอดทุกขั้นตอน

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ คณะครู บุคลากร และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่สนับสนุนด้านสถานที่ เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงงานจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Aloryi KD, Mather DE, et al. Impact of high temperatures, considerations and possible strategies for sustainable lettuce production. Agronomy. 2026;16(3):327. doi:10.3390/agronomy16030327.
2. Wang Z, Bao A, Li J, He J, Wang K, Wang X, et al. Study on the effect of non-uniform ventilation on energy and plant growth in a greenhouse. Horticulturae. 2025;11(2):166. doi:10.3390/horticulturae11020166.
3. Kumsong N, Chadirin Y, et al. Comparison of different temperature control systems in tropical-adapted greenhouses for green romaine lettuce production. Horticulturae. 2023;9(12):1255.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops: Principles for Mediterranean climate areas*. Rome: FAO; 2013.
5. Zhang J, Zhao S, Dai A, et al. Greenhouse natural ventilation models: How do we develop with Chinese greenhouses? Agronomy. 2022;12(9):1995.
6. Boulard T. Greenhouse natural ventilation modelling: A survey of the different approaches. Acta Hortic. 2006;719:29-40. doi:10.17660/ActaHortic.2006.719.1.
7. Harmanto, Tantau HJ, Salokhe VM. Optimization of ventilation opening area of a naturally ventilated net greenhouse in a humid tropical environment. Acta Hortic. 2006;719:413-20.
8. NSW Department of Primary Industries. *Ventilation in greenhouses*. Orange (NSW): NSW Department of Primary Industries; 2023.
9. Kittas C, Boulard T, Papadakis G. Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings: Sensitivity to temperature and wind effects. Trans ASAE. 1997;40(2):415-25.
10. Kwon JK, Lee SH, Seong JH, et al. Analysis of natural ventilation characteristics of Venlo-type greenhouse with continuous roof vents. J Biosyst Eng. 2011;36(6):444-52.
11. Boulard T, Draoui B. Natural ventilation of a greenhouse with continuous roof vents: Measurements and data analysis. J Agric Eng Res. 1995;61(1):27-36.
12. Akrami M, Salah AH, Javadi AA, Fath HES, Hassanein MJ, Farmani R, et al. Towards a sustainable greenhouse: Review of trends and emerging practices in analysing greenhouse ventilation requirements to sustain maximum agricultural yield. Sustainability. 2020;12(7):2794. doi:10.3390/su12072794.

ผลของความเข้มข้นของเซลล์และภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังละลายระหว่างการเก็บรักษาระยะสั้น

EFFECTS OF CELL CONCENTRATION AND CONTAINER TYPE ON SHORT-TERM QUALITY PRESERVATION OF POST-THAW UC-MSC SUSPENSIONS

มนตรี โตโส*

MONTREE TOSO*

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์*

The Degree of Master of Science, Program in Anti-Aging and Regenerative Medicine,

Dhurakij Pundit University

นักศึกษาปริญญาโท*

Master student

อีเมล: 66130782@dpu.ac.th

พัฒนา เต็งอำนวย**

PATANA TENG-UMNUAY

วิทยาลัยการแพทย์แบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์**

College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University.

อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาวิทยาการชะลอวัยและฟื้นฟูสุขภาพและอาจารย์ที่ปรึกษา**

Faculty Member, Program in Anti-Aging and Regenerative Science,

Assistant Professor Patana Teng-umnuay, M.D., Ph.D., Advisor

อีเมล: doctorpatana@yahoo.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์ (umbilical cord-derived mesenchymal stem cells; UC-MSCs) แบบพร้อมใช้ จำเป็นต้องรักษาคุณภาพของเซลล์หลังการละลาย งานวิจัยนี้ศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษา ความเข้มข้นของเซลล์ และชนิดของภาชนะต่อคุณภาพของ UC-MSCs โดยใช้เซลล์จาก 3 manufacturing batches เซลล์ถูกเตรียมใน 0.9% normal saline ที่ความเข้มข้น1, 5 และ 10 × 10^6 cells/mL บรรจุใน G-vial หรือ syringe และเก็บที่ 4–8 °C เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง คุณภาพของเซลล์ตรวจจาก cell viability, live-cell recovery, total viable cell number และ apoptosis profile ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพของ UC-MSCs ลดลงตามระยะเวลา โดยเห็นชัดที่สุดหลัง 72 ชั่วโมง ความเข้มข้น 1 × 10^6 cells/mL สูญเสียคุณภาพมากที่สุด ส่วนความเข้มข้น 5 × 10^6 cells/mL ใน G-vial มี live-cell recovery สูงที่สุด คง cell viability ได้ในระดับสูง และมีจำนวนเซลล์ตายน้อยกว่าความเข้มข้นอื่น แม้ความเข้มข้น 10 × 10^6 cells/mL จะมี total viable cell number สูงกว่า แต่มี live-cell recovery ต่ำกว่าและจำนวนเซลล์ตายสูงกว่าความเข้มข้น 5 × 10^6 cells/mL นอกจากนี้ หลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง ผลจาก Trypan blue และ Annexin V/PI ให้ผลแตกต่างกันที่ความเข้มข้น 10 × 10^6 cells/mL โดยสรุป ระยะเวลาเก็บรักษา ความเข้มข้นของเซลล์ และชนิดของภาชนะมีผลต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังการละลาย โดยภายใต้เงื่อนไขของการศึกษานี้ ความเข้มข้น 5 × 10^6 cells/mL ใน G-vial มี live-cell recovery สูงที่สุดหลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง

คำสำคัญ: UC-MSCs, การเก็บรักษาระยะสั้น, เซลล์หลังการละลาย, ความเข้มข้นของเซลล์, ภาชนะบรรจุ

Abstract

The development of off-the-shelf human umbilical cord-derived mesenchymal stem cell (UC-MSC) products requires cell quality to be maintained after thawing. This study examined the effects of storage time, cell concentration, and container type on post-thaw UC-MSC quality. UC-MSCs from three manufacturing batches were used in this study. The cells were suspended in 0.9% normal saline at 1, 5, or 10 × 10^6 cells/mL, placed in G-vials or syringes, and stored at 4–8°C for 24, 48, or 72 hours. Cell quality was assessed by cell viability, live-cell recovery, total viable cell number, and apoptosis profile. Cell quality declined over time, with the most marked changes occurring after 72 hours. Cells stored at 1 × 10^6 cells/mL showed the greatest loss of quality. At 5 × 10^6 cells/mL, cells stored in G-vials had the highest live-cell recovery, maintained high cell viability, and had fewer dead cells than those stored at the other concentrations. Although 10 × 10^6 cells/mL provided a higher total viable cell number, it resulted in lower live-cell recovery and more dead cells than 5 × 10^6 cells/mL. Trypan blue and Annexin V/PI also produced different results at 10 × 10^6 cells/mL after 72 hours. In conclusion, storage time, cell concentration, and container type affected post-thaw UC-MSC quality. Under the conditions of this study, UC-MSCs stored at 5 × 10^6 cells/mL in G-vials had the highest live-cell recovery after 72 hours

Keywords: UC-MSCs, short-term storage, post-thaw cells, cell concentration, storage container

บทนำ

เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากสายสะดือมนุษย์ (umbilical cord-derived mesenchymal stem cells; UC-MSCs) ได้รับความสนใจสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้ (off-the-shelf) เนื่องจากเพิ่มจำนวนได้ดีและเหมาะกับการใช้แบบ allogeneic[1,2] ผลิตภัณฑ์เซลล์ประเภทนี้มักถูกแช่แข็งโดยใช้สารป้องกันการแช่แข็ง เช่น dimethyl sulfoxide (DMSO) ก่อนนำมาละลาย ล้าง และเตรียมเป็นสารแขวนลอยพร้อมใช้ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ เซลล์อาจต้องเก็บรักษาระยะสั้นระหว่างการเตรียม การขนส่ง และการรอใช้งาน กระบวนการหลังการละลายและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลต่อความมีชีวิต ความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ และคุณสมบัติทางชีวภาพของเซลล์[3] คุณภาพของเซลล์หลังการละลายมักตรวจจากร้อยละเซลล์มีชีวิต (cell viability) เนื่องจากตรวจวัดได้ง่ายและใช้เป็นตัวชี้วัดพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม cell viability เพียงอย่างเดียวอาจไม่ครอบคลุมจำนวนเซลล์มีชีวิตที่พร้อมใช้งานจริงหรือการเปลี่ยนแปลงของประชากรเซลล์ระหว่างการเก็บรักษา การตรวจ live-cell recovery, total viable cell number และ apoptosis profile ร่วมด้วยจึงช่วยอธิบายการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ได้ชัดเจนขึ้น[3-5]

นอกจากระยะเวลาเก็บรักษาแล้ว ความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะอาจมีผลต่อการคงคุณภาพของสารแขวนลอยเซลล์ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการสูญเสียเซลล์ การยึดติดกับพื้นผิวภาชนะ และการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา มีรายงานว่าสารแขวนลอย อุณหภูมิ และสภาวะการขนส่งส่งผลต่อคุณภาพของ MSCs หลังการละลาย[3-7] แต่การศึกษาส่วนใหญ่มักพิจารณาปัจจัยเหล่านี้แยกจากกัน ข้อมูลเกี่ยวกับผลร่วมของระยะเวลาเก็บรักษา ความเข้มข้นของเซลล์ และชนิดของภาชนะต่อ UC-MSCs จึงยังมีจำกัด การศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาเก็บรักษา ความเข้มข้นของเซลล์ และชนิดของภาชนะต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังการละลายและเตรียมเป็นสารแขวนลอยพร้อมใช้ โดยตรวจ cell viability, live-cell recovery, total viable cell number และ apoptosis profile เป็นตัวชี้วัดร่วมกัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อตรวจสอบผลของระยะเวลาเก็บรักษา ความเข้มข้นของเซลล์ และชนิดของภาชนะบรรจุที่มีต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังการละลายและเตรียมเป็นสารแขวนลอยพร้อมใช้

ระเบียบวิธีวิจัย

เซลล์ UC-MSCs และการเตรียมตัวอย่างทดสอบ

เซลล์ต้นกำเนิดมีเซนไคม์จากเนื้อเยื่อสายสะดือมนุษย์ (UC-MSCs) ช่วง passage 3–5 ในรูปแบบเซลล์แช่แข็ง จำนวน 3 manufacturing batches ใช้เป็น biological replicates (n = 3) โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท รีเจ้นเซลล์ จำกัด (ประเทศไทย) เซลล์ผลิตจาก primary UC-MSCs ของ ATCC (Manassas, VA, USA) แช่แข็งใน CryoStor® CS10 (BioLife Solutions, Bothell, WA, USA) และเก็บในถังไนโตรเจนเหลวจนกระทั่งนำมาใช้ ผู้ผลิตตรวจสอบคุณลักษณะของเซลล์ตามเกณฑ์ของ International

Society for Cell & Gene Therapy (ISCT) รวมถึงความมีชีวิตและการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพและไมโคพลาสมาตามกระบวนการควบคุมคุณภาพ

เซลล์ถูกละลายใน water bath ที่ 37 °C ประมาณ 2 นาที ล้างด้วยอาหารเลี้ยงเซลล์ และปั่นเหวี่ยงที่ 440 × g เป็นเวลา 5 นาที ก่อนแขวนลอยใน 0.9% NSS และปรับความเข้มข้นเป็น 1×10^6, 5×10^6 และ 10×10^6 cells/mL จากนั้นบรรจุใน G-vial ชนิดแก้วขนาด 2 mL หรือหลอดฉีดยา polypropylene ขนาด 1 mL และเก็บที่ 4–8 °C เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตัวอย่างแต่ละช่วงเวลาเตรียมแยกกันและเปิดภาชนะเพียงครั้งเดียวเมื่อครบกำหนด ก่อนตรวจ cell viability, live-cell recovery, total viable cell number และ apoptosis ด้วย Annexin V-FITC/PI

การตรวจสอบจำนวนและความมีชีวิตของเซลล์

เมื่อครบกำหนดการเก็บรักษาในแต่ละช่วงเวลา ตัวอย่างถูกนำมาผสมให้สารแขวนลอยเซลล์เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำสารแขวนลอยเซลล์ปริมาตร 10 µL ผสมกับ 0.4 % Trypan Blue (Gibco, Thermo Fisher Scientific, USA) ในอัตราส่วน 1:1 และตรวจวัดภายใน 5 นาทีด้วยเครื่อง TC20™ Automated Cell Counter (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA) ตามคำแนะนำของผู้ผลิต โดยคำนวณ cell viability จากสัดส่วนเซลล์มีชีวิตต่อจำนวนเซลล์ทั้งหมด ส่วน live-cell recovery และ total viable cell number คำนวณตามสมการที่กำหนด

$$\text{Live-cell recovery (\%)} = \frac{\text{Total viable cell number at each time point}}{\text{Total viable cell number at 0 h}} \times 100$$

$$\text{Total viable cell number} = \text{Viable cell concentration} \times \text{Sample volume}$$

การตรวจสอบการตายของเซลล์แบบ apoptosis

การตายของเซลล์ตรวจด้วย Annexin V-FITC Apoptosis Detection Kit I (BD Pharmingen, USA) ตามวิธีของผู้ผลิต โดยเตรียมเซลล์ใน 1× Annexin V Binding Buffer ที่ความเข้มข้นประมาณ 5×10^5 cells/mL ย้อมด้วย Annexin V-FITC และ propidium iodide (PI) เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิห้องในสภาวะมืด และวิเคราะห์ภายใน 1 ชั่วโมงด้วยเครื่อง CytoFLEX Flow Cytometer (Beckman Coulter, USA) โดยเก็บข้อมูลอย่างน้อย 10,000 events ต่อตัวอย่าง ข้อมูลวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม CytExpert และจำแนกเป็น normal cells (Annexin V^-/PI^-), early apoptosis (Annexin V^+/PI^-), late apoptosis/necrosis (Annexin V^+/PI^+) และ naked nuclear cells/cellular breakdown (Annexin V^-/PI^+) ตามลักษณะประชากรที่พบภายหลัง FSC/SSC gating

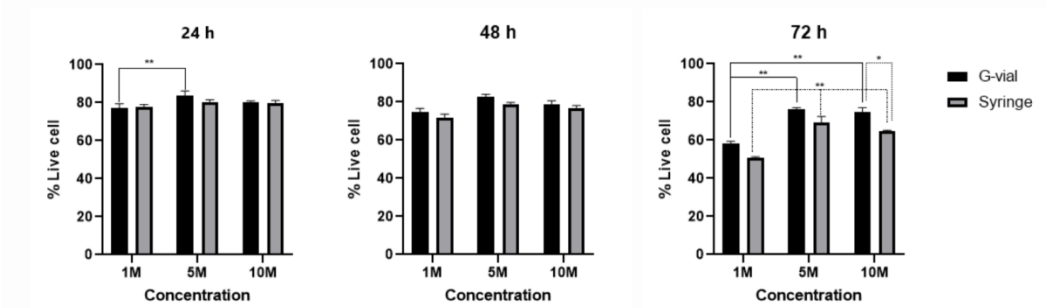
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จาก UC-MSCs จำนวน 3 independent manufacturing batches ซึ่งใช้เป็น biological replicates (n=3) การวิเคราะห์ใช้ two-way ANOVA ตามด้วย Tukey's multiple comparisons test ด้วยโปรแกรม GraphPad Prism version 9.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, USA) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

ความมีชีวิตของเซลล์ระหว่างการเก็บรักษา

ก่อนการเก็บรักษา UC-MSCs มี cell viability เฉลี่ย 93.67% หลังเก็บรักษา 24 ชั่วโมง cell viability ลดลงมาอยู่ที่ประมาณ 77.4–83.7% โดยกลุ่ม 5 × 10^6 cells/mL ใน G-vial ให้ค่าสูงที่สุด การวิเคราะห์พบว่าความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะมีผลต่อ cell viability อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะ เมื่อเก็บรักษา 48 ชั่วโมง cell viability ลดลงเล็กน้อย โดย G-vial มีค่า 74.9–82.8% และ syringe มีค่า 71.6–79.0% กลุ่ม 5 × 10^6 cells/mL ยังคงให้ค่าสูงที่สุดในภาชนะทั้งสองชนิด และ G-vial มีแนวโน้มให้ค่าสูงกว่า syringe การวิเคราะห์พบผลของความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะ หลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง cell viability ลดลงชัดเจนในทุกกลุ่ม โดยกลุ่ม 1 × 10^6 cells/mL ลดลงมากที่สุด เหลือ 58.1% ใน G-vial และ 50.8% ใน syringe ขณะที่กลุ่ม 5 และ 10 × 10^6 cells/mL ยังคงมี cell viability สูงกว่า ทั้งความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะมีผลอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเซลล์และชนิดของภาชนะ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ร้อยละเซลล์มีชีวิตและเซลล์ตายของ UC-MSCs ระหว่างการเก็บรักษา

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD จาก 3 biological replicates วิเคราะห์ด้วย two-way ANOVA และ Tukey's multiple comparisons test (*p < 0.05, *$p < 0.01$).

จำนวนเซลล์มีชีวิตที่ใช้งานได้จริงและการคงเหลือของเซลล์มีชีวิต (Live-cell recovery)

เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จำนวนเซลล์มีชีวิตและค่า live-cell recovery ลดลงในทุกความเข้มข้น ขณะที่จำนวนเซลล์ตายเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง ความเข้มข้น 1 × 10^6 cells/mL มี live-cell recovery ต่ำที่สุด คือ 26.0% ใน G-vial และ 24.0% ใน syringe ส่วนความเข้มข้น 5 × 10^6 cells/mL มีค่าสูงที่สุด คือ 55.6% และ 52.2% ตามลำดับ แม้ความเข้มข้น 10 × 10^6 cells/mL จะมีจำนวนเซลล์มีชีวิตเหลืออยู่มากที่สุด แต่มี live-cell recovery เท่ากับ 48.3% ใน G-vial และ 40.7% ใน syringe พร้อมทั้งมีจำนวนเซลล์ตายมากกว่าความเข้มข้น 5 × 10^6 cells/mL เมื่อพิจารณาตัวชี้วัดทั้งสามร่วมกัน ความเข้มข้น 5 × 10^6 cells/mL โดยเฉพาะเมื่อเก็บใน G-vial ให้ผลโดยรวมดีกว่าเงื่อนไขอื่นภายใต้การศึกษานี้

ตารางที่ 1 จำนวนเซลล์มีชีวิต เซลล์ตาย และ live cell recovery หลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง

Post-thaw/Prepared UC-MSCs: Cell Viability, Recovery, and Cell Counts During Short-term Storage (4–8 °C)

Day	Concentration (cells/mL)	Container	Live cells (cells/mL)	Live cell recovery (%)	Dead cells (cells/mL)	Total cells (cells/mL)
			Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Day 1 (24 h)	1M	G-vial	$4.98 \pm 0.44 \times 10^5$	49.8	$1.47 \pm 0.28 \times 10^5$	$6.45 \pm 0.67 \times 10^5$
		Syringe	$4.97 \pm 0.47 \times 10^5$	49.7	$1.42 \pm 0.13 \times 10^5$	$6.38 \pm 0.56 \times 10^5$
	5M	G-vial	$3.80 \pm 0.22 \times 10^5$	76.0	$0.74 \pm 0.11 \times 10^5$	$4.53 \pm 0.19 \times 10^5$
		Syringe	$3.77 \pm 0.04 \times 10^5$	75.4	$0.92 \pm 0.07 \times 10^5$	$4.68 \pm 0.10 \times 10^5$
	10M	G-vial	$7.43 \pm 0.12 \times 10^5$	74.3	$1.81 \pm 0.13 \times 10^5$	$9.23 \pm 0.12 \times 10^5$
		Syringe	$7.47 \pm 0.28 \times 10^5$	74.7	$1.87 \pm 0.16 \times 10^5$	$9.34 \pm 0.26 \times 10^5$
Day 2 (48 h)	1M	G-vial	$4.32 \pm 0.14 \times 10^5$	43.2	$1.45 \pm 0.13 \times 10^5$	$5.77 \pm 0.04 \times 10^5$
		Syringe	$3.79 \pm 0.23 \times 10^5$	37.9	$1.51 \pm 0.22 \times 10^5$	$5.31 \pm 0.07 \times 10^5$
	5M	G-vial	$3.42 \pm 0.08 \times 10^5$	68.4	$0.71 \pm 0.05 \times 10^5$	$4.13 \pm 0.08 \times 10^5$
		Syringe	$3.37 \pm 0.09 \times 10^5$	67.4	$0.90 \pm 0.04 \times 10^5$	$4.27 \pm 0.05 \times 10^5$
	10M	G-vial	$6.29 \pm 0.22 \times 10^5$	62.9	$1.71 \pm 0.19 \times 10^5$	$8.00 \pm 0.14 \times 10^5$
		Syringe	$6.15 \pm 0.16 \times 10^5$	61.5	$1.86 \pm 0.15 \times 10^5$	$8.02 \pm 0.12 \times 10^5$
Day 3 (72 h)	1M	G-vial	$2.60 \pm 0.10 \times 10^5$	26.0	$1.88 \pm 0.10 \times 10^5$	$4.49 \pm 0.12 \times 10^5$
		Syringe	$2.40 \pm 0.14 \times 10^5$	24.0	$2.33 \pm 0.10 \times 10^5$	$4.73 \pm 0.19 \times 10^5$
	5M	G-vial	$2.78 \pm 0.06 \times 10^5$	55.6	$0.87 \pm 0.07 \times 10^5$	$3.65 \pm 0.05 \times 10^5$
		Syringe	$2.61 \pm 0.11 \times 10^5$	52.2	$1.17 \pm 0.13 \times 10^5$	$3.78 \pm 0.08 \times 10^5$
	10M	G-vial	$4.83 \pm 0.15 \times 10^5$	48.3	$1.62 \pm 0.14 \times 10^5$	$6.45 \pm 0.15 \times 10^5$
		Syringe	$4.07 \pm 0.05 \times 10^5$	40.7	$2.23 \pm 0.07 \times 10^5$	$6.30 \pm 0.09 \times 10^5$

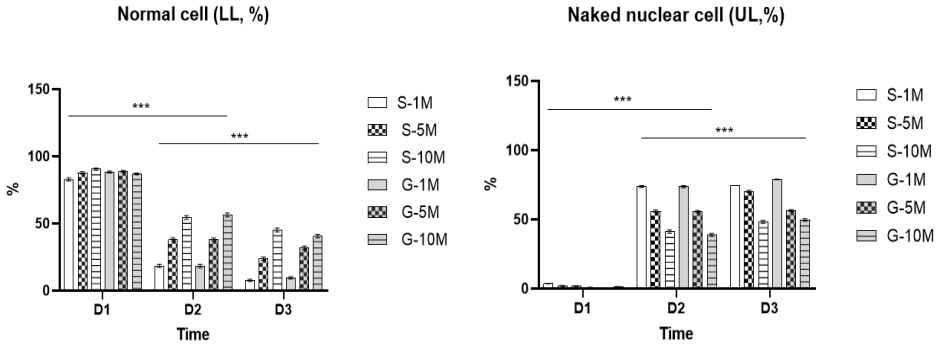
Values are presented as mean ± SD from 3 independent manufacturing batches.
Conc., concentration; G-vial, glass vial; SD, standard deviation.

การเปลี่ยนแปลงของลักษณะการตายแบบอะพอพโทซิส ระหว่างการเก็บรักษา

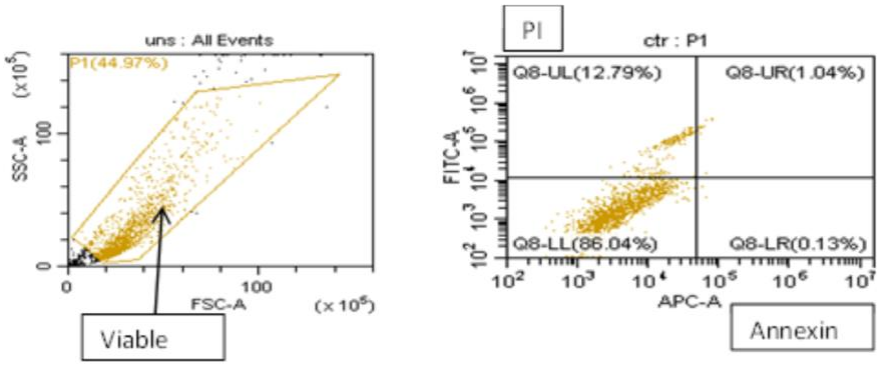
การย้อม Annexin V/PI และวิเคราะห์ด้วย flow cytometry จำแนกประชากรเซลล์เป็น normal cells (Annexin V^-/PI^-; LL), early apoptosis (Annexin V^+/PI^-; LR), late apoptosis/necrosis (Annexin V^+/PI^+; UR) และ Annexin V^-/PI^+ (UL) ดังแสดงในภาพที่ 2B และ 2C สำหรับการศึกษานี้ ประชากรใน UL quadrant รายงานเป็น naked nuclear cells/cellular breakdown ตามลักษณะที่พบหลัง FSC/SSC gating โดยใช้เป็นคำอธิบายลักษณะของประชากรเซลล์เท่านั้น เนื่องจากการย้อม Annexin V/PI ไม่สามารถระบุชนิดของการตายได้อย่างจำเพาะ[8]

หลังเก็บรักษา 24 ชั่วโมง UC-MSCs ส่วนใหญ่ยังเป็น normal cells ประมาณ 83–90% และพบ early apoptosis กับ late apoptosis/necrosis ในสัดส่วนต่ำ เมื่อเก็บรักษานานขึ้น normal cells ลดลง ส่วน late apoptosis/necrosis และ naked nuclear cells เพิ่มขึ้น โดยเห็นชัดหลัง 72 ชั่วโมง ความเข้มข้น 1×10^6 cells/mL มี normal cells ต่ำและ naked nuclear cells สูงที่สุด ขณะที่ความเข้มข้น 10×10^6 cells/mL ยังคงมี normal cells มากกว่าความเข้มข้นอื่น ดังแสดงในภาพที่ 5B เมื่อเปรียบเทียบตามระยะเวลา normal cells ในวันที่ 2 และ 3 ลดลงจากวันที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ naked nuclear cells เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$) ดังแสดงในภาพที่ 2A

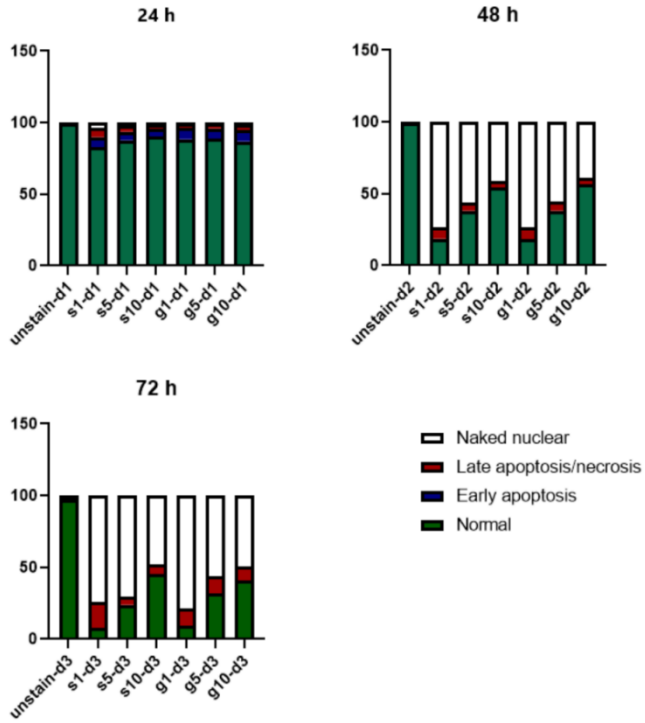
(2A)



(2B)



(2C)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของประชากร UC-MSCs ระหว่างการเก็บรักษา (A) สัดส่วน normal cells และ naked nuclear cells ระหว่างการเก็บรักษา (B) Representative gating และ (C) สัดส่วน normal cells, early apoptosis, late apoptosis/necrosis และ naked nuclear cells ภายใต้แต่ละเงื่อนไข ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± SD (*$p < 0.05$, **$p < 0.01$, ***$p < 0.001$).

อภิปรายผลการวิจัย

ระยะเวลาเก็บรักษาสัมพันธ์กับการลดลงของคุณภาพ UC-MSCs หลังการละลาย เช่นเดียวกับรายงานก่อนหน้าที่พบว่าระยะเวลาหลังการละลายมีผลต่อความคงตัวของ MSCs[3-5,9] ในการศึกษานี้ cell viability และสัดส่วน normal cells ลดลง พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของ naked nuclear cells แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ไม่ได้จำกัดอยู่ที่ cell viability งานวิจัยก่อนหน้ายังพบว่า MSCs อาจคง cell viability ได้ในระยะแรก แม้เริ่มเกิด apoptosis และการเปลี่ยนแปลงของ functional potency[9-11] การตรวจ Annexin V/PI จึงให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสภาพของเซลล์หลังการละลาย

ผลจาก Trypan blue และ Annexin V/PI แตกต่างกันในบางเงื่อนไข โดยที่ความเข้มข้น 10×10^6 cells/mL หลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง Trypan blue ให้ cell viability ใน G-vial สูงกว่า syringe แต่ Annexin V/PI กลับพบสัดส่วน normal cells ใน G-vial ต่ำกว่า syringe ความแตกต่างนี้อาจเกิดจาก Trypan blue ตรวจความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ ขณะที่ Annexin V ตรวจการสูญเสีย phosphatidylserine asymmetry ในระยะแรกของ apoptosis[12] มีรายงานว่า MSCs หลังการแช่แข็งและละลายอาจยังคง membrane integrity แม้เกิดความเสียหายของโครงร่างเซลล์และ post-thaw apoptosis จึงทำให้ผลจากทั้งสองวิธีแตกต่างกันได้[13]

ความเข้มข้น 1×10^6 cells/mL สูญเสียคุณภาพมากกว่าความเข้มข้นที่สูงกว่าเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น แต่ไม่อาจสรุปได้ว่าความเข้มข้นนี้ไม่เหมาะสมในทุกสภาวะ เนื่องจากมีรายงานว่าสามารถคงคุณภาพของ MSCs ได้นานกว่า 48 ชั่วโมงเมื่อใช้สารละลายที่มี albumin, glucose และ Ringer's lactate[4] ผลของความเข้มข้นจึงอาจขึ้นอยู่กับสารแขวนลอย ภาชนะ อุณหภูมิ และระยะเวลาเก็บรักษาร่วมกัน สำหรับความเข้มข้น 10×10^6 cells/mL แม้มี total viable cell number สูงกว่า แต่มี live-cell recovery ต่ำกว่าความเข้มข้น 5×10^6 cells/mL และมีจำนวนเซลล์ตายมากกว่า การเพิ่มจำนวนเซลล์ตั้งต้นจึงอาจเพิ่มทั้งเซลล์มีชีวิตที่พร้อมใช้และ dead cell burden การจัดการเซลล์และองค์ประกอบของสารแขวนลอยหลังการละลายมีผลต่อการสูญเสียเซลล์และคุณภาพผลิตภัณฑ์เช่นกัน[3]

G-vial มีแนวโน้มให้ cell viability และ live-cell recovery สูงกว่า syringe โดยเฉพาะช่วงท้ายของการเก็บรักษา แม้ไม่ได้ตรวจสอบกลไกโดยตรง แต่ความแตกต่างอาจเกี่ยวข้องกับการยึดติดกับพื้นผิวภาชนะ การกระจายตัวของเซลล์ หรือการสูญเสียเซลล์ระหว่างการเก็บรักษาและการนำออกจากภาชนะ เนื่องจากสภาวะการเก็บรักษา การขนส่ง และภาชนะสามารถส่งผลต่อความมีชีวิตและคุณสมบัติทางชีวภาพของ MSCs[6] การเลือกภาชนะจึงควรพิจารณาผลต่อคุณภาพของเซลล์ร่วมกับความสะดวกในการใช้งาน

หลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง ความเข้มข้น 5×10^6 cells/mL ใน G-vial มี live-cell recovery สูงที่สุด คง cell viability ได้ในระดับสูง และมีจำนวนเซลล์ตายน้อยกว่าความเข้มข้นอื่น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลนี้ยังมาจากการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการและไม่มีการทดสอบ functional potency หรือผลทางชีวภาพหลังการเก็บรักษา จึงยังไม่เพียงพอสำหรับกำหนดความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตหรือการใช้ทางคลินิก[7, 14,15] แนวทางของ FDA ให้ความสำคัญกับกลยุทธ์ประกัน potency ซึ่งเชื่อมโยงการควบคุมกระบวนการ

วัตถุดิบ การทดสอบระหว่างกระบวนการ และ potency lot-release assay[16] ดังนั้น live-cell recovery, total viable cell number และ apoptosis profile อาจใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินคุณภาพร่วมกับ cell viability แต่การนำไปใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพหรือการปล่อยใช้ผลิตภัณฑ์ยังต้องมีการศึกษาและตรวจสอบความเหมาะสมเพิ่มเติม

สรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาเก็บรักษา ความเข้มข้นของเซลล์ และชนิดของภาชนะมีผลต่อคุณภาพของ UC-MSCs หลังการละลาย โดยการเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุดหลังเก็บรักษา 72 ชั่วโมง ความเข้มข้น 1×10^6 cells/mL สูญเสียคุณภาพมากที่สุด ส่วนความเข้มข้น 5×10^6 cells/mL โดยเฉพาะเมื่อเก็บใน G-vial ให้ผลดีกว่าเงื่อนไขอื่น เมื่อพิจารณา cell viability, live-cell recovery จำนวนเซลล์มีชีวิต และจำนวนเซลล์ตายร่วมกัน นอกจากนี้ cell viability เพียงอย่างเดียวอาจไม่ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงหลังการละลาย เนื่องจากบางเงื่อนไขพบ live-cell recovery ลดลง พร้อมกับจำนวนเซลล์ตายและ cellular breakdown ที่เพิ่มขึ้น การใช้ live-cell recovery, total viable cell number และ apoptosis profile เป็นข้อมูลประกอบจึงช่วยอธิบายคุณภาพของเซลล์ได้ครบถ้วนขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังไม่สามารถนำผลนี้ไปกำหนดเกณฑ์ควบคุมคุณภาพหรือการปล่อยใช้ผลิตภัณฑ์ได้โดยตรง

ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

ภายใต้เงื่อนไขของการศึกษานี้ การเก็บรักษา 24–48 ชั่วโมงคงคุณภาพของเซลล์ได้ดีกว่า 72 ชั่วโมง และความเข้มข้น 5×10^6 cells/mL ใน G-vial เป็นเงื่อนไขที่ควรนำไปศึกษาเพิ่มเติมก่อนประยุกต์ใช้ในการผลิตหรือทางคลินิก การศึกษาต่อไปควรเพิ่มจำนวน manufacturing batches ตรวจ functional potency หลังการเก็บรักษา และศึกษาผลของการยึดติดกับพื้นผิวภาชนะ ปริมาตรบรรจุ และสภาวะการขนส่ง เพื่อสนับสนุนการพัฒนากระบวนการและการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ UC-MSCs พร้อมใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Galipeau J, Sensébé L. Mesenchymal Stromal Cells: Clinical Challenges and Therapeutic Opportunities. Cell Stem Cell. 2018;22(6):824-33.
2. Maličev E, Jazbec K. An Overview of Mesenchymal Stem Cell Heterogeneity and Concentration. Pharmaceuticals (Basel). 2024;17(3).
3. Aabling RR, Alstrup T, Kjær EM, Poulsen KJ, Pedersen JO, Revenfeld AL, et al. Reconstitution and post-thaw storage of cryopreserved human mesenchymal stromal cells: Pitfalls and optimizations for clinically compatible formulants. Regen Ther. 2023;23:67-75.
4. Gálvez-Martín P, Hmadcha A, Soria B, Calpena-Campmany AC, Clares-Naveros B. Study of the stability of packaging and storage conditions of human mesenchymal stem cell for intra-arterial clinical application in patient with critical limb ischemia. Eur J Pharm Biopharm. 2014;86(3):459-68.
5. Zhang F, Ren H, Shao X, Zhuang C, Chen Y, Qi N. Preservation media, durations and cell concentrations of short-term storage affect key features of human adipose-derived mesenchymal stem cells for therapeutic application. PeerJ. 2017;5:e3301.
6. Nikolaev NI, Liu Y, Hussein H, Williams DJ. The sensitivity of human mesenchymal stem cells to vibration and cold storage conditions representative of cold transportation. J R Soc Interface. 2012;9(75):2503-15.
7. Ngo ATL, Le HM, Trinh NTH, Jun APG, Bach TQ, Bui HTH, et al. Clinically relevant preservation conditions for mesenchymal stem/stromal cells derived from perinatal and adult tissue sources. J Cell Mol Med. 2021;25(22):10747-60.
8. Galluzzi L, Vitale I, Aaronson SA, Abrams JM, Adam D, Agostinis P, et al. Molecular mechanisms of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death 2018. Cell Death Differ. 2018;25(3):486-541.
9. Ścieżyńska A, Soszyńska M, Szpak P, Krześniak N, Malejczyk J, Kalaszczyńska I. Influence of Hypothermic Storage Fluids on Mesenchymal Stem Cell Stability: A Comprehensive Review and Personal Experience. Cells. 2021;10(5).
10. Antebi B, Asher AM, Rodriguez LA, 2nd, Moore RK, Mohammadipoor A, Cancio LC. Cryopreserved mesenchymal stem cells regain functional potency following a 24-h acclimation period. J Transl Med. 2019;17(1):297.

11. Bahsoun S, Coopman K, Akam EC. Quantitative assessment of the impact of cryopreservation on human bone marrow-derived mesenchymal stem cells: up to 24 h post-thaw and beyond. Stem Cell Res Ther. 2020;11(1):540.
12. Vermes I, Haanen C, Steffens-Nakken H, Reutelingsperger C. A novel assay for apoptosis. Flow cytometric detection of phosphatidylserine expression on early apoptotic cells using fluorescein labelled Annexin V. J Immunol Methods. 1995;184(1):39-51.
13. Chinnadurai R, Garcia MA, Sakurai Y, Lam WA, Kirk AD, Galipeau J, et al. Actin cytoskeletal disruption following cryopreservation alters the biodistribution of human mesenchymal stromal cells in vivo. Stem Cell Reports. 2014;3(1):60-72.
14. François M, Copland IB, Yuan S, Romieu-Mourez R, Waller EK, Galipeau J. Cryopreserved mesenchymal stromal cells display impaired immunosuppressive properties as a result of heat-shock response and impaired interferon-γ licensing. Cytotherapy. 2012;14(2):147-52.
15. Oja S, Kaartinen T, Ahti M, Korhonen M, Laitinen A, Nystedt J. The Utilization of Freezing Steps in Mesenchymal Stromal Cell (MSC) Manufacturing: Potential Impact on Quality and Cell Functionality Attributes. Front Immunol. 2019;10:1627.
16. U.S. Food and Drug Administration. Potency Assurance for Cellular and Gene Therapy Products: Draft Guidance for Industry. Silver Spring, MD: U.S. Food and Drug Administration; 2023.

นโยบายการกระจายอำนาจกับการบริหารจัดการพื้นที่การเรียนรู้: บทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์

DECENTRALIZATION POLICY AND LEARNING SPACE MANAGEMENT: THE ROLE OF DISTRICT-LEVEL AGENCIES IN HUMAN RESOURCE DEVELOPMENT

อัครมณี สมใจ*, ภัทรภร ทองนพคุณ*, ทชภณ กุลิสร์* และ ณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์*

AKARAMANEE SOMJAI, PATTARAPON THONGNOPPAKUN, THACHAPHOL GULID, NATTACHAI AEKNARAJINDAWUT

วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University.

หลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการ*

Master of Management Program in Management Innovation

อีเมล: kramanee.so@ssru.ac.th, pattarapon.th@ssru.ac.th, nakgulid@gmail.com and nattachai.ae@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิชาการฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความท้าทายของการนำนโยบายการกระจายอำนาจทางการศึกษาจากส่วนกลางมาสู่การปฏิบัติจริงในระดับภูมิภาค โดยมุ่งเน้นวิเคราะห์บทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอ ได้แก่ ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอ และห้องสมุดประชาชน ในฐานะพื้นที่สาธารณะ (Public Space) ที่มีเป้าหมายเพื่อลดความเหลื่อมล้ำและส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของคนในชุมชน การศึกษาพบว่า แม้ส่วนกลางจะมีนโยบายที่ชัดเจนในการกระจายอำนาจ แต่ในทางปฏิบัติยังคงเผชิญความท้าทายด้านความสอดคล้องของบริบทเชิงพื้นที่ การจัดสรรทรัพยากร และข้อจำกัดด้านเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม หน่วยงานระดับอำเภอได้ปรับตัวและพัฒนานวัตกรรมการบริหารจัดการ เช่น การสร้างคลินิกส่งเสริมการเรียนรู้เฉพาะทาง และการบูรณาการเครือข่ายชุมชน เพื่อยกระดับห้องสมุดและศูนย์การเรียนรู้ให้เป็น "พื้นที่แห่งที่สาม" (Third Place) ที่เข้าถึงง่าย บทความนี้ได้นำเสนอข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อให้เกิดการบริหารจัดการพื้นที่การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น ตอบสนองต่อความหลากหลายทางประชากร และเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ของประเทศอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: การกระจายอำนาจ,การบริหารจักการพื้นที่พื้นที่การเรียนรู้,การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์,ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอ, ห้องสมุดประชาชน, การลดความเหลื่อมล้ำ

Abstract

This academic article aims to examine the challenges of translating the central government's educational decentralization policy into practical implementation at the regional level. The study specifically analyzes the roles of district-level agencies—namely, District Learning Encouragement Centers and Public Libraries—functioning as public spaces aimed at reducing inequality and promoting lifelong learning within communities. The findings reveal that although the central authority has a clear decentralization policy, actual practice continues to face challenges related to spatial and contextual alignment, resource allocation, and technological limitations. Nevertheless, district-level agencies have adapted by developing managerial innovations, such as establishing specialized learning promotion clinics and integrating community networks. These initiatives aim to elevate public libraries and learning centers into easily accessible "Third Places." Ultimately, this article provides policy recommendations to foster the flexible management of learning spaces that respond to demographic diversity and serve as a crucial foundation for the sustainable development of the nation's human resources.

Keywords: Decentralization, Learning spaces, District Learning Encouragement Centers, Public libraries, Reducing inequality

บทนำ

การยกระดับศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และห้องสมุดประชาชนระดับอำเภอ: สู่การเป็น "พื้นที่สาธารณะ" เพื่อลดความเหลื่อมล้ำและขับเคลื่อนการเรียนรู้ตลอดชีวิต การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยเฉพาะในยุคศตวรรษที่ 21 ที่โลกเผชิญกับความผันผวนทางเทคโนโลยี (Technological Disruption) และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรเข้าสู่สังคมสูงวัย การศึกษาจึงไม่ได้และไม่สามารถจำกัดอยู่เพียงในระบบโรงเรียนอีกต่อไป แต่ได้ขยายขอบเขตไปสู่ "การเรียนรู้ตลอดชีวิต" (Lifelong Learning) ซึ่งมุ่งเน้นการยกระดับทักษะเดิม (Upskill) และสร้างทักษะใหม่ (Reskill) เพื่อให้ก้าวทันโลก การจะบรรลุเป้าหมายนี้ได้ จำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างพื้นฐานทางสังคมที่เข้มแข็งและเข้าถึงได้ง่ายสำหรับคนทุกกลุ่ม นโยบายการกระจายอำนาจทางการศึกษา (Educational Decentralization) เป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญที่ภาครัฐใช้เพื่อลดการผูกขาดการบริหารจัดการจากส่วนกลาง และเปิดโอกาสให้ท้องถิ่นมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทปัญหาและความต้องการของชุมชนอย่างแท้จริง[1-4]

อย่างไรก็ตาม การนำนโยบายจากกระทรวงหรือกรมลงสู่การปฏิบัติจริงในระดับภูมิภาค โดยเฉพาะใน "ระดับอำเภอ" ซึ่งเป็นหน่วยเชื่อมต่อ (Node) ที่ใกล้ชิดกับประชาชนมากที่สุด มักเผชิญกับความท้าทายหลายประการ บทความนี้จึงมุ่งวิเคราะห์บทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอ ได้แก่ ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอ (สกร.อำเภอ) และ ห้องสมุดประชาชน ในการทำหน้าที่เป็น "พื้นที่สาธารณะ" (Public Space) เพื่อสร้างความเสมอภาค ลดความเหลื่อมล้ำ พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัญหาและนำเสนอแนวทางในการบริหารจัดการพื้นที่เหล่านี้ให้มีประสิทธิภาพ บทบาทของ สกร.อำเภอ และห้องสมุดประชาชนในฐานะ "พื้นที่สาธารณะ" (Public Space) เมื่อกล่าวถึงพื้นที่สาธารณะเพื่อการเรียนรู้ ไม่ได้หมายถึงเพียงสถานที่ที่มีโต๊ะและเก้าอี้ แต่หมายถึงพื้นที่ที่ปลอดภัย และเปิดรับคนทุกเพศ ทุกวัย ทุกฐานะเศรษฐกิจ โดยไม่มีกำแพงขวางกั้น ทั้งสองหน่วยงานมีบทบาทสำคัญดังนี้:

ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอ (สกร.อำเภอ): สกร.อำเภอ (ซึ่งยกระดับมาจาก กศน. เดิม) มีบทบาทเชิงรุกในการจัดการศึกษาทางเลือก ทั้งการศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับผู้พลาดโอกาส การฝึกอาชีพเพื่อเพิ่มรายได้ และการศึกษาตามอัธยาศัย สกร.อำเภอ ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางในการบ่มเพาะวิสาหกิจชุมชน ส่งเสริมสุขภาวะผู้สูงอายุ และเป็นกลไกสำคัญในการดึงกลุ่มเปราะบางกลับเข้าสู่ระบบการพัฒนาศักยภา[3]

ห้องสมุดประชาชน: ห้องสมุดในยุคใหม่ต้องเปลี่ยนผ่านจากการเป็นเพียง "คลังเก็บหนังสือและพื้นที่เงียบสงบ" ไปสู่การเป็น "ศูนย์กลางการเรียนรู้และพื้นที่สร้างสรรค์" (Co-learning Space & Makerspace) เป็นสถานที่ที่ประชาชนสามารถเข้ามาใช้พื้นที่เพื่อทำงาน ประชุมกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และที่สำคัญที่สุดคือเป็น โครงสร้างพื้นฐานทางดิจิทัล ที่ให้บริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ฟรี ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการลดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล (Digital Divide) ในยุคที่บริการของรัฐและโอกาสทางเศรษฐกิจล้วนอยู่บนโลกออนไลน์[4]

ความท้าทายและอุปสรรคในการดำเนินงาน

แม้ สกร.อำเภอ และห้องสมุดประชาชนจะมีศักยภาพสูงในการเป็นกลไกลดความเหลื่อมล้ำ แต่ในทางปฏิบัติยังคงพบอุปสรรคเชิงโครงสร้างและการบริหารจัดการ ดังนี้

1. ข้อจำกัดด้านงบประมาณและทรัพยากร: งบประมาณที่ได้รับการจัดสรรจากส่วนกลางมักเป็นรูปแบบตายตัว (Rigid Budgeting) ไม่ยืดหยุ่นพอที่จะให้ระดับอำเภอปรับใช้ตามบริบทของตนเอง ส่งผลให้โครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต และทรัพยากรหนังสือ อยู่ในสภาพทรุดโทรมและล้าสมัย

2. ภาระงานและศักยภาพของบุคลากร: บุคลากรของ สกร. และบรรณารักษ์มักต้องรับผิดชอบงานธุรการและงานตอบสนองนโยบายส่วนกลาง (Top-down policy) จนขาดเวลาในการทำงานเชิงรุกในพื้นที่ นอกจากนี้ บุคลากรจำนวนมากยังขาดทักษะด้านการเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Learning Facilitator) และทักษะด้านดิจิทัลระดับสูง

3. การขาดความร่วมมือในระดับเครือข่าย (Silo Mentality): การทำงานเชิงบูรณาการระหว่าง สกร. อำเภอ ห้องสมุดประชาชน องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) และภาคประชาสังคมในพื้นที่ มักแยกส่วนกันทำ ขาดการบูรณาการงบประมาณและเป้าหมายร่วมกัน

4. ความสอดคล้องกับความต้องการของชุมชน: รูปแบบการจัดกิจกรรมหรือหลักสูตรมักถูกกำหนดมาจากส่วนกลาง ทำให้บางครั้งไม่ตอบโจทย์ความต้องการที่แท้จริงของตลาดแรงงานท้องถิ่น หรือความสนใจของคนรุ่นใหม่ในพื้นที่

แนวทางในการบริหารจัดการเพื่อยกระดับพื้นที่การเรียนรู้

เพื่อให้ สกร.อำเภอ และห้องสมุดประชาชน สามารถทำหน้าที่เป็น Public Space ที่สร้างความเสมอภาคทางการศึกษาได้อย่างแท้จริง ภาครัฐและผู้บริหารระดับพื้นที่ควรขับเคลื่อนแนวทางดังต่อไปนี้

การพลิกโฉมโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยี (Physical & Digital Transformation)

ออกแบบพื้นที่ใหม่ (Space Redesign) โดยปรับปรุงห้องสมุดของ สกร. ให้มีสภาพแวดล้อมที่ดึงดูดใจ มีทั้งโซนเงียบสำหรับอ่านหนังสือ โซน Co-working สำหรับทำงานกลุ่ม และโซนสำหรับเด็ก ยกระดับโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลโดย จัดหาอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงที่เสถียร อุปกรณ์ Smart Board และคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย เพื่อให้ประชาชนเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ หลักสูตร E-learning หรือแม้แต่การประกอบอาชีพออนไลน์

การเปลี่ยนบทบาทบุคลากร (From Providers to Facilitators)

Upskill บุคลากรโดย พัฒนาทักษะให้บรรณารักษ์และครู สกร. เป็น "นักจัดกระบวนการเรียนรู้" รวมทั้ง ที่สามารถแนะนำแหล่งข้อมูล วิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ลดภาระงานเอกสารโยนำระบบเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ในการบริหารจัดการภายใน เพื่อคืนเวลาให้บุคลากรได้ลงพื้นที่และปฏิสัมพันธ์กับประชาชนให้มากขึ้น

การสร้างภาคีเครือข่ายและการจัดการแบบมีส่วนร่วม (Collaborative Governance)

ดึงท้องถิ่นและเอกชนร่วมลงทุน เช่น สร้างความร่วมมือกับ อบต. เทศบาล ภาคธุรกิจ และปราชญ์ชาวบ้าน ในการร่วมสนับสนุนงบประมาณ วิทยากร หรือเครื่องมือต่างๆ (Public-Private-Community Partnership) และ จัดตั้งคณะกรรมการร่วมระดับพื้นที่โดย ให้ประชาชนและเยาวชนในอำเภอมีส่วนร่วมในการเสนอแนะและร่วมตัดสินใจว่าพื้นที่เหล่านี้ควรมีหนังสือประเภทใด หรือควรจัดอบรมหลักสูตรใด เพื่อให้เกิดความเป็นเจ้าของ (Sense of Belonging)

ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอและห้องสมุดประชาชน ไม่ใช่เพียงหน่วยงานปลายน้ำที่รอรับคำสั่งจากส่วนกลาง แต่เป็น "แนวหน้า" ที่สำคัญที่สุดในการต่อสู้กับความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา การเปลี่ยนผ่านหน่วยงานเหล่านี้ให้เป็น "พื้นที่สาธารณะเพื่อการเรียนรู้" ที่มีชีวิตชีวา ยืดหยุ่น และตอบโจทย์โลกยุคดิจิทัล จำเป็นต้องอาศัยการกระจายอำนาจที่แท้จริง การสนับสนุนงบประมาณที่เพียงพอ และการเปิดโอกาสให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมอย่างเข้มแข็ง หากทำได้สำเร็จ พื้นที่เหล่านี้จะเป็นเครื่องมือที่ทรงพลังที่สุดในการสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตของประเทศไทยอย่างยั่งยืน

ทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

แนวคิดนโยบายการกระจายอำนาจทางการศึกษา

การกระจายอำนาจทางการศึกษา หมายถึง การถ่ายโอนอำนาจการตัดสินใจ การบริหารงบประมาณ และการจัดการทรัพยากรจากหน่วยงานส่วนกลางไปยังหน่วยงานระดับภูมิภาค ระดับท้องถิ่น หรือสถานศึกษา แนวคิดนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่จะมีความเข้าใจถึงปัญหา ความต้องการ และบริบททางสังคม วัฒนธรรมของชุมชนได้ดีกว่าผู้กำหนดนโยบายในส่วนกลาง (Bottom-up Approach)[3,4]

พื้นที่การเรียนรู้และพื้นที่สาธารณะ (Learning Space and Public Space)

แนวคิดเรื่องพื้นที่สาธารณะในบริบทของการศึกษา ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎี "สถานที่แห่งที่สาม" (The Third Place) ของ Ray Oldenburg ซึ่งระบุถึงพื้นที่นอกเหนือจากบ้าน (สถานที่ที่หนึ่ง) และที่ทำงานหรือโรงเรียน (สถานที่ที่สอง) ห้องสมุดประชาชนและศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ ถือเป็นสถานที่แห่งที่สามที่เปิดกว้าง ปลอดภัย ไม่มีการแบ่งแยกชนชั้น และส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางสังคม (Social Learning) อย่างอิสระ[5]

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในบริบทชุมชน

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ (Human Resource Development: HRD) ในระดับชุมชน ไม่ใช่เพียงการฝึกอบรมทักษะอาชีพ แต่รวมถึงการสร้างความตระหนักรู้ การรู้เท่าทันสื่อและเทคโนโลยี (Digital Literacy) และการเสริมสร้างทักษะชีวิต (Life Skills) ซึ่งหน่วยงานการศึกษานอกระบบมีบทบาทโดยตรงในการจัดกระบวนการเรียนรู้เหล่านี้[1,2,4]

ความท้าทายของการนำนโยบายการศึกษาจากส่วนกลางมาปฏิบัติจริงในระดับภูมิภาค

แม้การกระจายอำนาจจะเป็นนโยบายหลัก แต่การนำไปปฏิบัติในระดับอำเภอยังพบช่องว่าง (Policy-Implementation Gap) ที่สำคัญ ดังนี้:

ความไม่สอดคล้องระหว่างตัวชี้วัด (KPIs) กับบริบทเชิงพื้นที่

นโยบายจากส่วนกลางมักกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จแบบมาตรฐานเดียว (One-size-fits-all) ซึ่งในความเป็นจริง ประเทศไทยมีความหลากหลายทางภูมิศาสตร์และประชากรสูง ตัวอย่างเช่น พื้นที่ชายแดนหรือพื้นที่สูงทางภาคเหนือ (เช่น บริเวณอำเภอภูซาง จังหวัดพะเยา) มีความหลากหลายของกลุ่มชาติพันธุ์ บริบททางภาษา และวิถีชีวิตที่อิงกับเกษตรกรรม การกำหนดตัวชี้วัดที่เน้นผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการแบบคนเมือง จึงอาจไม่สะท้อนถึงการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่แท้จริงของผู้เรียนในพื้นที่[4]

ความท้าทายด้านทรัพยากรและงบประมาณ

ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอและห้องสมุดประชาชน มักได้รับการจัดสรรงบประมาณในลักษณะจำกัดและขาดความยืดหยุ่น การตั้งงบประมาณมักถูกผูกติดกับโครงการที่กำหนดมาจากส่วนกลาง ทำให้เมื่อเกิดวิกฤตหรือมีความต้องการเฉพาะเจาะจงในชุมชน หน่วยงานระดับอำเภอไม่สามารถปรับแผนการใช้จ่ายงบประมาณเพื่อตอบสนองสถานการณ์ได้อย่างทันท่วงที[4]

โครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีและการประชาสัมพันธ์

นโยบายส่วนกลางมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านสู่ดิจิทัล (Digital Transformation) แต่ในระดับปฏิบัติการบุคลากรในพื้นที่ยังขาดแคลนอุปกรณ์ที่ทันสมัย และงบประมาณในการบำรุงรักษาระบบเครือข่าย นอกจากนี้ การทำประชาสัมพันธ์ (Public Relations) เพื่อดึงดูดกลุ่มเป้าหมายให้เข้ามาใช้พื้นที่การเรียนรู้ ยังต้องอาศัยทักษะการออกแบบสื่อเชิงรุกที่บุคลากรระดับพื้นที่ต้องแบกรับภาระเพิ่มขึ้นจากงานประจำ[4]

บทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอในการเป็น "พื้นที่สาธารณะ" เพื่อลดความเหลื่อมล้ำ

เพื่อก้าวข้ามความท้าทายดังกล่าว หน่วยงานระดับอำเภอได้ปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์การบริหารจัดการพื้นที่การเรียนรู้ โดยพลิกโฉมจาก "ผู้รับนโยบาย" มาเป็น "นักจัดการความรู้ระดับพื้นที่" (Local Knowledge Managers)

ห้องสมุดประชาชนในฐานะ "Co-Learning Space" ของชุมชน

ห้องสมุดประชาชนระดับอำเภอไม่ได้ทำหน้าที่เพียงแค่ "สถานที่เก็บหนังสือ" อีกต่อไป แต่ได้รับการยกระดับให้เป็นพื้นที่ส่วนกลางที่ประชาชนสามารถเข้ามาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมิติ ได้แก่:[4]

การลดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล: ด้วยการจัดหาคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงฟรี ช่วยให้เยาวชนและประชาชนในพื้นที่ห่างไกลสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลทั่วโลก รวมถึงใช้เป็นพื้นที่ทำงานและเรียนออนไลน์

พื้นที่จัดกิจกรรมสร้างสรรค์: มีการจัดมุมสำหรับกิจกรรม Maker Space หรือการทำงานศิลปะ วัฒนธรรมท้องถิ่น ซึ่งเปิดโอกาสให้คนทุกช่วงวัยมาใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์

นวัตกรรมการจัดการของศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอ

เพื่อตอบสนองความต้องการเฉพาะกลุ่ม ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอหลายแห่งได้ริเริ่มนวัตกรรมการบริการ ยกตัวอย่างการบูรณาการแนวคิด **"คลินิกส่งเสริมการเรียนรู้เฉพาะทาง"** (อาทิ โมเดลเทียบเคียง คลินิกเสมารักษ์)ซึ่งเป็นการจัดระบบกระบวนงาน (Workflow)ภายในพื้นที่การเรียนรู้เพื่อให้บริการคำปรึกษาแบบพุ่งเป้า เช่น:

คลินิกแนะแนวอาชีพและการศึกษาต่อ: การให้คำปรึกษาแก่เยาวชนที่หลุดจากระบบการศึกษาปกติ

คลินิกทักษะชีวิตและสุขภาพจิต: โดยร่วมมือกับเครือข่ายสาธารณสุขและผู้นำชุมชน ในการสร้างพื้นที่ปลอดภัยให้คำปรึกษาแก่กลุ่มเปราะบาง

การพัฒนาผู้นำเยาวชนระดับท้องถิ่นสู่สากล: โดยศูนย์การเรียนรู้เป็นฐานในการคัดเลือกและบ่มเพาะเยาวชน (เช่น เครือข่ายลูกเสือ เนตรนารี) เพื่อเป็นตัวแทนเข้าร่วมกิจกรรมระดับชาติและนานาชาติ สร้างทักษะความเป็นผู้นำและการทำงานเป็นทีม

การบูรณาการเครือข่าย (Synergy and Partnerships)

ความสำเร็จของการจัดการพื้นที่สาธารณะในระดับอำเภอ ขึ้นอยู่กับการสร้างเครือข่ายแบบจตุภาคี (ภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาสังคม และภาคประชาชน) การที่บุคลากรของศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ฯ ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ดึงปราชญ์ชาวบ้าน ผู้นำชุมชน และหน่วยงานส่วนท้องถิ่นมาร่วมจัดทำหลักสูตรท้องถิ่น จะช่วยให้ความรู้ที่ได้รับตรงกับความต้องการและแก้ปัญหาปากท้องของคนในชุมชนได้จริง[6]

การวิเคราะห์และอภิปรายผล

จากการศึกษาบทบาทของหน่วยงานระดับอำเภอ จะเห็นได้ว่า นโยบายการกระจายอำนาจจะสัมฤทธิ์ผลได้ก็ต่อเมื่อ "ผู้ปฏิบัติงานในระดับพื้นที่" ได้รับอำนาจในการตัดสินใจ (Empowerment) อย่างแท้จริง

การบริหารจัดการห้องสมุดประชาชนและศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีชีวิตชีวา จำเป็นต้องอาศัยทักษะการบริหารจัดการเทคโนโลยีและการประชาสัมพันธ์เชิงรุกอย่างมาก การที่บุคลากรสามารถจัดทำรายงานสรุปผลงาน นำเสนอผ่านอินโฟกราฟิก (Infographic) หรือสื่อดิจิทัลที่ทันสมัย ไม่เพียงแต่เป็นการรายงานผลตามสายบังคับบัญชา แต่ยังเป็นการสื่อสารคุณค่าของพื้นที่การเรียนรู้กลับไปยังชุมชน ทำให้เกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของร่วมกัน (Sense of Belonging)

นอกจากนี้ การที่หน่วยงานระดับอำเภอต้องรับหน้าที่คัดเลือกเยาวชนหรือจัดกิจกรรมระดับนานาชาติ สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของพื้นที่เชิงภูมิภาคที่พร้อมจะเชื่อมโยงความเป็นท้องถิ่นสู่ความเป็นสากล (Glocalization) หากแต่ยังต้องการการสนับสนุนด้านระบบระเบียบที่เอื้อต่อความคล่องตัว

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและการปฏิบัติ (Recommendations)

เพื่อให้การกระจายอำนาจและการบริหารจัดการพื้นที่การเรียนรู้ระดับอำเภอเป็นกลไกในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด บทความนี้มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้:

ข้อเสนอแนะต่อผู้กำหนดนโยบาย (ระดับกระทรวง/กรม)

การจัดสรรงบประมาณแบบ Block Grant

ควรปรับรูปแบบการให้งบประมาณแก่ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอำเภอและห้องสมุดประชาชน ให้เป็นแบบวงเงินรวมที่สามารถปรับเปลี่ยนหมวดหมู่การใช้จ่ายได้ตามปัญหาเร่งด่วนของพื้นที่

การปรับตัวชี้วัด (Tailor-made KPIs)

อนุญาตให้หน่วยงานระดับอำเภอมีส่วนร่วมในการกำหนดตัวชี้วัดความสำเร็จของตนเอง ที่สะท้อนบริบททางสังคมและวัฒนธรรมของท้องถิ่น เช่น ตัวชี้วัดด้านความสุขของชุมชน การลดอัตราคนว่างงานในหมู่บ้าน มากกว่าเพียงแค่จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ

สนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล

ยกระดับห้องสมุดประชาชนทุกแห่งให้มีอุปกรณ์ดิจิทัลที่ทันสมัย พร้อมงบประมาณในการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับการปฏิบัติงานในระดับพื้นที่

การพัฒนาทักษะบุคลากร (Upskilling/Reskilling)

ควรสนับสนุนให้ผู้ปฏิบัติงาน (ครู กศน./นักจัดการเรียนรู้/บรรณารักษ์) ได้รับการอบรมด้านการจัดการข้อมูล การออกแบบสื่อประชาสัมพันธ์ (PR) และการบริหารงานแบบ Agile เพื่อให้การจัดกิจกรรมรวดเร็วและทันสมัย

การสร้างนวัตกรรมบริการเชิงรุก (Proactive Service)

ขยายผลแนวคิดคลินิกส่งเสริมการเรียนรู้เฉพาะทาง โดยบูรณาการการทำงานร่วมกับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล (รพ.สต.) หรือองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) เพื่อให้การพัฒนาคุณภาพชีวิตทำได้แบบองค์รวม

การเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชน

ปรับเปลี่ยนรูปแบบห้องสมุดจากการเป็นพื้นที่เงียบสงบ ให้กลายเป็น "พื้นที่แห่งชีวิต" ที่อนุญาตให้มีการแลกเปลี่ยน ถกเถียง และทำกิจกรรมกลุ่ม โดยอาจจัดแบ่งโซนการใช้งานให้ชัดเจน

บทสรุป

นโยบายการกระจายอำนาจมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบการศึกษาไทย ทว่าความสำเร็จไม่ได้อยู่ที่ตัวอักษรในนโยบาย แต่อยู่ที่ความสามารถในการแปรนโยบายเหล่านั้นให้กลายเป็น "พื้นที่แห่งโอกาส" อย่างแท้จริงในระดับชุมชน หน่วยงานระดับอำเภอ โดยเฉพาะศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และห้องสมุดประชาชน เปรียบเสมือนด่านหน้าที่เผชิญกับความท้าทายและความต้องการที่หลากหลายของทรัพยากรมนุษย์

ในพื้นที่ ซึ่ง การยกระดับหน่วยงานเหล่านี้ให้เป็น Public Space หรือพื้นที่แห่งที่สามที่เปี่ยมด้วยชีวิตชีวา จำเป็นต้องอาศัยการกระจายอำนาจทั้งในเชิงการบริหาร งบประมาณ และการออกแบบหลักสูตร การลดความเหลื่อมล้ำไม่อาจเกิดขึ้นได้จากการสั่งการแบบบนลงล่าง (Top-down) แต่มักเริ่มต้นจากการเปิดพื้นที่เล็กๆ ในระดับอำเภอ ให้ผู้คนได้เข้ามาเรียนรู้ ค้นพบศักยภาพของตนเอง และร่วมกันขับเคลื่อนท้องถิ่นให้ก้าวไปข้างหน้าอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. วิจารณ์ พานิช. วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์; 2555.
2. UNESCO. Education 2030: Incheon declaration and framework for action for the implementation of Sustainable Development Goal 4. Paris: UNESCO; 2015.
3. กระทรวงศึกษาธิการ. พระราชบัญญัติส่งเสริมการเรียนรู้ พ.ศ. 2566. ราชกิจจานุเบกษา. 2566;140(20 ก):60-72.
4. สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. รายงานสภาพการจัดการศึกษาและการเรียนรู้ตลอดชีวิตของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค; 2564.
5. Oldenburg R. The great good place: cafes, coffee shops, community centers, beauty parlors, general stores, bars, hangouts, and how they get you through the day. New York: Paragon House; 1989.
6. ภูมิ ปั้นดี และคณะ. รูปแบบการบริหารจัดการศูนย์การเรียนรู้ชุมชนเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต. วารสารบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2562;15(1):45-58.

พฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล: ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์

CONSUMER BEHAVIOR IN THE DIGITAL PLATFORM ERA: FACTORS INFLUENCING ONLINE PURCHASING DECISIONS FOR PRODUCTS AND SERVICES

สุดาวรรณ สมใจ*, อัครภิทย์ตา มีชัยวงค์*, อัครมณี สมใจ* และ ภูมิฐาน รังคกูลนุวัฒน์*

SUDAWAN SOMJAI, AKARAPHITTA MEECHAIWONG, AKARAMANEE SOMJAI and POOMTHAN RANGKAKULNUWAT

วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University

หลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการ*

Master of Management Program in Management Innovation

อีเมล: sudawan.som@dpu.ac.th, akarapitta@gmail.com, kramanee.so@ssru.ac.th and poomthan.r@ku.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัลและการขยายตัวของแพลตฟอร์มออนไลน์ได้ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อพฤติกรรมผู้บริโภคทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพฤติกรรมการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการผ่านช่องทางออนไลน์ บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์ของผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล ผ่านการทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์ประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ 2) ปัจจัยด้านจิตวิทยาผู้บริโภค 3) ปัจจัยด้านสังคมและวัฒนธรรม 4) ปัจจัยด้านเทคโนโลยีและแพลตฟอร์มดิจิทัล 5) ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดดิจิทัล และ 6) ปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยของระบบออนไลน์ นอกจากนี้ ยังพบว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การตลาดผ่านผู้มีอิทธิพลทางสื่อสังคมออนไลน์ และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ มีบทบาทสำคัญในการกำหนดพฤติกรรมผู้บริโภคยุคใหม่ บทความนี้เสนอข้อเสนอแนะเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติสำหรับผู้ประกอบการและนักวิชาการในการพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดดิจิทัลให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงไป

คำสำคัญ: พฤติกรรมผู้บริโภค, แพลตฟอร์มดิจิทัล, การตัดสินใจซื้อออนไลน์, การตลาดดิจิทัล, พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

Abstract

The advancement of digital technology and the rapid expansion of online platforms have significantly transformed consumer behavior worldwide, particularly regarding online purchasing decisions. This academic article aims to examine and analyze the key factors influencing consumers' purchasing decisions for products and services in the digital platform era through a comprehensive review of literature, theories, concepts, and related research studies from both domestic and international contexts. The findings reveal that factors affecting online purchasing decisions include: (1) demographic factors, (2) psychological factors, (3) social and cultural factors, (4) technological and digital platform factors, (5) digital marketing mix factors, and (6) trust and security factors. Furthermore, emerging technologies such as artificial intelligence, influencer marketing, and big data analytics play increasingly significant roles in shaping modern consumer behavior. This article provides both academic and practical recommendations for entrepreneurs and scholars to develop effective digital marketing strategies aligned with evolving consumer behavior.

Keywords: Consumer Behavior, Digital Platform, Online Purchasing Decision, Digital Marketing, E-commerce

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology: ICT) ได้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในทุกมิติของสังคมโลก ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง การศึกษา และวิถีชีวิตของประชาชน การเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล (Digital Transformation) ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง อุปกรณ์สื่อสารอัจฉริยะ และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคมอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดขึ้นและการขยายตัวอย่างรวดเร็วของแพลตฟอร์มดิจิทัล (Digital Platforms) ที่กลายเป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของระบบเศรษฐกิจยุคใหม่

แพลตฟอร์มดิจิทัลได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการดำเนินชีวิตของผู้คนจากระบบออฟไลน์ไปสู่ระบบออนไลน์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสาร การทำงาน การศึกษา การทำธุรกรรมทางการเงิน ตลอดจนการซื้อขายสินค้าและบริการ ส่งผลให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูล ข่าวสาร และบริการต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และไร้ข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ การพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวยังช่วยลดต้นทุนในการเข้าถึงข้อมูล ทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเปรียบเทียบสินค้าและบริการจากผู้ประกอบการหลายรายได้พร้อมกัน อีกทั้งยังสามารถศึกษารายละเอียดของสินค้า ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผู้ขาย และประเมินคุณภาพของสินค้าและบริการผ่านประสบการณ์ของผู้บริโภครายอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบัน การเติบโตของแพลตฟอร์มอีคอมเมิร์ซ (E-commerce Platforms) สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Platforms) และแอปพลิเคชันดิจิทัลต่าง ๆ ได้ส่งผลให้พฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ผู้บริโภคในยุคดิจิทัลมีลักษณะเป็นผู้บริโภคที่มีข้อมูล (Informed Consumers) สามารถค้นหาข้อมูล วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และประเมินทางเลือกก่อนการตัดสินใจซื้อได้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังมีบทบาทในการสร้างเนื้อหา แสดงความคิดเห็น และแบ่งปันประสบการณ์การใช้งานสินค้าและบริการผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ ซึ่งส่งผลต่อการรับรู้และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภครายอื่นในวงกว้าง

พฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัลจึงมีความแตกต่างจากพฤติกรรมผู้บริโภคแบบดั้งเดิมอย่างชัดเจน โดยกระบวนการตัดสินใจซื้อไม่ได้ขึ้นอยู่เพียงปัจจัยด้านราคาและคุณภาพสินค้าเท่านั้น แต่ยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านเทคโนโลยี สื่อดิจิทัล เครือข่ายสังคมออนไลน์ การตลาดเชิงเนื้อหา (Content Marketing) การตลาดผ่านผู้ทรงอิทธิพลทางความคิด (Influencer Marketing) รวมถึงประสบการณ์ของผู้บริโภคที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ การพัฒนาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) และระบบการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) ยังทำให้ผู้ประกอบการสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการนำเสนอสินค้าและบริการแบบเฉพาะบุคคล (Personalization) ซึ่งมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและเศรษฐกิจในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ได้เร่งให้ผู้บริโภคปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเข้าสู่ระบบออนไลน์อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้การซื้อสินค้าและบริการผ่านช่องทางดิจิทัลกลายเป็นวิถีปกติใหม่ (New

Normal) ของผู้บริโภคทั่วโลก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ภาคธุรกิจจำเป็นต้องปรับกลยุทธ์ทางการตลาด รูปแบบการให้บริการ และการบริหารความสัมพันธ์กับลูกค้าให้สอดคล้องกับความต้องการและพฤติกรรมของผู้บริโภคในยุคดิจิทัลมากยิ่งขึ้น

จากบริบทดังกล่าว การศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัลจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนากลยุทธ์ทางธุรกิจ การบริหารการตลาด และการสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันขององค์กร ทั้งในภาคธุรกิจ ภาครัฐ และภาคการศึกษา เนื่องจากการทำความเข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์จะช่วยให้องค์กรสามารถออกแบบสินค้าและบริการ วางแผนการตลาด และกำหนดกลยุทธ์การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสม

บทความวิชาการฉบับนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล โดยวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์ อาทิ ปัจจัยด้านเทคโนโลยี ปัจจัยด้านจิตวิทยา ปัจจัยด้านสังคม ปัจจัยด้านการตลาดดิจิทัล และปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือของแพลตฟอร์ม ตลอดจนศึกษากระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคและแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนานโยบาย กลยุทธ์ และรูปแบบการดำเนินธุรกิจที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมดิจิทัลอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของบทความ

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล
2. เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์
3. เพื่อเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านพฤติกรรมผู้บริโภคสำหรับการพัฒนากลยุทธ์การตลาดดิจิทัล

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดพฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior)

พฤติกรรมผู้บริโภค (Consumer Behavior) เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาทางด้านการตลาด เศรษฐศาสตร์ และการบริหารธุรกิจ เนื่องจากเป็นการศึกษาถึงกระบวนการคิด การตัดสินใจ และการแสดงออกทางพฤติกรรมของผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการเลือกซื้อ การใช้ และการประเมินสินค้าและบริการ โดยมีเป้าหมายเพื่อทำความเข้าใจความต้องการ ความคาดหวัง และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค[1,2]

ตามแนวคิดของ Philip Kotler และ Kevin Lane Keller[3] พฤติกรรมผู้บริโภคหมายถึง การศึกษากระบวนการที่บุคคล กลุ่มบุคคล และองค์กรใช้ในการเลือกซื้อ การใช้ การประเมินผล และการกำจัดสินค้าบริการ แนวคิด หรือประสบการณ์ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการและความพึงพอใจของตนเอง โดยกระบวนการดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากปัจจัยภายในและภายนอกที่มีความซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นระบบ

ขณะที่ Leon G. Schiffman และ Joseph Wisenblit[4] อธิบายว่า พฤติกรรมผู้บริโภคเป็นการศึกษาวิธีการที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น เวลา เงิน และความพยายาม เพื่อให้

ได้มาซึ่งสินค้าและบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการของตนเองได้อย่างเหมาะสม โดยผู้บริโภคจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านจิตวิทยา สังคม วัฒนธรรม และสถานการณ์แวดล้อมในขณะนั้น

ในบริบทของเศรษฐกิจดิจิทัล พฤติกรรมผู้บริโภคได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเทคโนโลยีดิจิทัลและแพลตฟอร์มออนไลน์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตประจำวัน ผู้บริโภคในยุคดิจิทัลมีลักษณะสำคัญหลายประการ ได้แก่ การเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว การเปรียบเทียบสินค้าและบริการได้อย่างหลากหลาย การมีส่วนร่วมในการสร้างเนื้อหาและแสดงความคิดเห็น รวมถึงการตัดสินใจซื้อที่ได้รับอิทธิพลจากสื่อสังคมออนไลน์ ผู้ทรงอิทธิพลทางความคิด (Influencers) และรีวิวจากผู้บริโภคคนอื่น ๆ

นอกจากนี้ พฤติกรรมผู้บริโภคในยุคดิจิทัลยังมีลักษณะเป็นพฤติกรรมแบบหลายช่องทาง (Omnichannel Behavior) กล่าวคือ ผู้บริโภคสามารถค้นหาข้อมูลผ่านช่องทางหนึ่ง เปรียบเทียบราคาผ่านอีกช่องทางหนึ่ง และตัดสินใจซื้อผ่านช่องทางอื่นได้ในเวลาเดียวกัน ส่งผลให้การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้บริโภคมีความซับซ้อนมากขึ้น และจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ อย่างรอบด้าน

ทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค (Consumer Purchase Decision Process)

ทฤษฎีกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคเป็นกรอบแนวคิดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในการศึกษาพฤติกรรมผู้บริโภค โดยอธิบายขั้นตอนการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการของผู้บริโภคตั้งแต่เริ่มรับรู้ความต้องการจนถึงการประเมินผลหลังการซื้อ ซึ่งมีความสำคัญต่อการกำหนดกลยุทธ์ทางการตลาดและการบริหารธุรกิจ ตามแนวคิดของ Kotler และ Keller[3] กระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

การตระหนักถึงปัญหา (Problem Recognition)

การตระหนักถึงปัญหาเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการตัดสินใจซื้อ โดยเกิดขึ้นเมื่อผู้บริโภครับรู้ถึงความแตกต่างระหว่างสถานะปัจจุบันกับสถานะที่ต้องการ ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยภายใน เช่น ความหิว ความต้องการทางอารมณ์ หรือความจำเป็นส่วนบุคคล และปัจจัยภายนอก เช่น การโฆษณา การส่งเสริมการขาย หรืออิทธิพลจากสังคม

ในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล การตระหนักถึงปัญหามักเกิดขึ้นจากการได้รับข้อมูลข่าวสารผ่านสื่อสังคมออนไลน์ การรับชมเนื้อหาการตลาดดิจิทัล การถ่ายทอดสดขายสินค้า (Live Commerce) และการแนะนำสินค้าผ่านระบบปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดความต้องการสินค้าและบริการได้อย่างรวดเร็ว

การค้นหาข้อมูล (Information Search)

เมื่อผู้บริโภคตระหนักถึงความต้องการแล้ว จะเข้าสู่กระบวนการค้นหาข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจซื้อ โดยแหล่งข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. แหล่งข้อมูลส่วนบุคคล เช่น ครอบครัว เพื่อน และบุคคลใกล้ชิด
2. แหล่งข้อมูลเชิงพาณิชย์ เช่น เว็บไซต์บริษัท การโฆษณา และผู้ขาย
3. แหล่งข้อมูลสาธารณะ เช่น รีวิวออนไลน์ บทความวิชาการ และการประเมินจากองค์กรต่าง ๆ
4. แหล่งข้อมูลจากประสบการณ์ตรง เช่น การทดลองใช้สินค้าและบริการ

ในปัจจุบัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการค้นหาข้อมูลผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว มีความหลากหลาย และสามารถเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่งพร้อมกันได้ ส่งผลให้ผู้บริโภคมีอำนาจในการตัดสินใจเพิ่มขึ้น

การประเมินทางเลือก (Evaluation of Alternatives)

หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้ว ผู้บริโภคจะทำการประเมินทางเลือกโดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น คุณภาพสินค้า ราคา ความคุ้มค่า ความน่าเชื่อถือของผู้ขาย ภาพลักษณ์ของตราสินค้า และความคิดเห็นของผู้บริโภครายอื่น

สำหรับการซื้อสินค้าและบริการผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ผู้บริโภคมักใช้เครื่องมือเปรียบเทียบราคา การอ่านคะแนนรีวิว การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้ และการติดตามผู้ทรงอิทธิพลทางความคิดบนสื่อสังคมออนไลน์ เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจซื้อ ทั้งนี้ ระดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยจะแตกต่างกันไปตามลักษณะสินค้า บริบททางสังคม และคุณลักษณะเฉพาะของผู้บริโภคแต่ละราย

การตัดสินใจซื้อ (Purchase Decision)

การตัดสินใจซื้อเป็นขั้นตอนที่ผู้บริโภคเลือกสินค้าและบริการที่สามารถตอบสนองความต้องการของตนเองได้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผู้บริโภคจะมีความตั้งใจซื้อแล้ว แต่การตัดสินใจซื้อจริงอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยอื่นเพิ่มเติม เช่น โปรโมชั่น ส่วนลด การจัดส่งฟรี ความสะดวกในการชำระเงิน ความปลอดภัยของระบบ และความคิดเห็นของบุคคลใกล้ชิด[5]

ในยุคดิจิทัล ระบบการชำระเงินอิเล็กทรอนิกส์ การซื้อขายผ่านโทรศัพท์มือถือ และระบบแนะนำสินค้าอัตโนมัติ ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ส่งผลให้กระบวนการซื้อมีความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

พฤติกรรมหลังการซื้อ (Post-purchase Behavior)

ภายหลังการซื้อ ผู้บริโภคจะประเมินระดับความพึงพอใจที่ได้รับจากสินค้าและบริการ หากผลลัพธ์เป็นไปตามหรือสูงกว่าความคาดหวัง ผู้บริโภคจะเกิดความพึงพอใจ ความภักดีต่อตราสินค้า และมีแนวโน้มกลับมาซื้อซ้ำ ในทางตรงกันข้าม หากผลลัพธ์ต่ำกว่าความคาดหวัง อาจก่อให้เกิดความไม่พึงพอใจและส่งผลกระทบต่อภาพลักษณ์ขององค์กร

ในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัล พฤติกรรมหลังการซื้อมีความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคสามารถแสดงความคิดเห็น ให้คะแนนรีวิว และแบ่งปันประสบการณ์ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ได้ทันที ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภครายอื่นในวงกว้าง และมีอิทธิพลต่อความสำเร็จของธุรกิจในระยะยาว

ดังนั้น การทำความเข้าใจกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัลจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถออกแบบกลยุทธ์ทางการตลาด การสื่อสาร และการสร้างประสบการณ์ลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์

การตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์ของผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัลเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนและได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายด้าน ทั้งปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางจิตวิทยา ปัจจัยทางสังคม ปัจจัยด้านเทคโนโลยี และปัจจัยด้านการตลาดดิจิทัล ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์และส่งผลต่อพฤติกรรมการตัดสินใจของผู้บริโภคแตกต่างกันไปตามบริบทของสินค้า บริการ และลักษณะเฉพาะของผู้บริโภคแต่ละราย การทำความเข้าใจปัจจัยดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาดและการพัฒนารูปแบบธุรกิจในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ (Demographic Factors)

ปัจจัยด้านประชากรศาสตร์ถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภค เนื่องจากเป็นตัวกำหนดลักษณะ ความต้องการ และความสามารถในการบริโภคของแต่ละบุคคล โดยนักการตลาดนิยมใช้ข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ในการแบ่งส่วนตลาดและกำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาด

อายุ (Age)

อายุเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความต้องการ พฤติกรรมการบริโภค และการใช้เทคโนโลยีของผู้บริโภค ผู้บริโภคในแต่ละช่วงวัยมีรูปแบบการตัดสินใจซื้อที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มวัยรุ่นและวัยทำงานตอนต้นมักมีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีดิจิทัลสูง นิยมซื้อสินค้าผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ และได้รับอิทธิพลจากสื่อสังคมออนไลน์มากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ ขณะที่ผู้สูงอายุมักให้ความสำคัญกับความน่าเชื่อถือ ความปลอดภัย และความสะดวกในการใช้งานของแพลตฟอร์ม

เพศ (Gender)

เพศมีอิทธิพลต่อรูปแบบการเลือกซื้อสินค้า ความสนใจ และกระบวนการตัดสินใจ ผู้บริโภคเพศหญิงมักให้ความสำคัญกับข้อมูล รายละเอียดสินค้า รีวิว และประสบการณ์ของผู้ใช้งานรายอื่น ขณะที่ผู้บริโภคเพศชายมักให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพ คุณสมบัติ และความคุ้มค่าของสินค้าเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงในยุคดิจิทัลเนื่องจากการเข้าถึงข้อมูลที่เท่าเทียมกัน

ระดับการศึกษา (Education Level)

ระดับการศึกษาส่งผลต่อความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล การประเมินทางเลือก และการตัดสินใจซื้อ ผู้บริโภคที่มีระดับการศึกษาสูงมักมีแนวโน้มศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด เปรียบเทียบคุณสมบัติสินค้า และพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลก่อนตัดสินใจซื้อ

อาชีพ (Occupation)

อาชีพสะท้อนถึงลักษณะการดำเนินชีวิต ความต้องการ และพฤติกรรมการบริโภคของบุคคล โดยผู้บริโภคแต่ละกลุ่มอาชีพจะมีรูปแบบการซื้อสินค้าและบริการที่แตกต่างกัน เช่น กลุ่มพนักงานออฟฟิศอาจให้ความสำคัญกับความสะดวกและความรวดเร็ว ขณะที่ผู้ประกอบการอาจให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการลงทุน

รายได้ (Income)

รายได้เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดกำลังซื้อและความสามารถในการเข้าถึงสินค้าและบริการ ผู้บริโภคที่มีรายได้สูงมักให้ความสำคัญกับคุณภาพและประสบการณ์ในการใช้บริการ ขณะที่ผู้บริโภคที่มีรายได้ปานกลางหรือรายได้ต่ำมักคำนึงถึงราคา ส่วนลด และความคุ้มค่าเป็นสำคัญ

สถานภาพทางสังคม (Social Status)

สถานภาพทางสังคมมีอิทธิพลต่อการเลือกบริโภคสินค้าและบริการบางประเภท โดยเฉพาะสินค้าที่สะท้อนภาพลักษณ์ ความสำเร็จ และสถานะทางสังคม เช่น สินค้าแบรนด์เนม สินค้าหรูหรา หรือบริการพิเศษ ซึ่งผู้บริโภคอาจเลือกซื้อเพื่อสร้างการยอมรับและภาพลักษณ์ในสังคม

ปัจจัยด้านจิตวิทยา (Psychological Factors)

ปัจจัยด้านจิตวิทยาเป็นปัจจัยภายในที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ การประมวลผลข้อมูล และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญดังนี้

การรับรู้ (Perception)

การรับรู้เป็นกระบวนการที่ผู้บริโภคเลือก จัดระเบียบ และตีความข้อมูลที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับสินค้าและบริการ การรับรู้ที่แตกต่างกันอาจส่งผลให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าเดียวกันแตกต่างกันได้

แรงจูงใจ (Motivation)

แรงจูงใจเป็นแรงผลักดันภายในที่กระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง โดยอาจเกิดจากความต้องการทางกายภาพ ความต้องการทางสังคม หรือความต้องการด้านจิตใจ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการ

การเรียนรู้ (Learning)

ผู้บริโภคสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ที่ผ่านมา การสังเกตพฤติกรรมของผู้อื่น และข้อมูลที่ได้รับผ่านสื่อดิจิทัล ซึ่งประสบการณ์เชิงบวกจะส่งผลต่อการซื้อซ้ำและความภักดีต่อตราสินค้าในระยะยาว

ทัศนคติ (Attitude)

ทัศนคติเป็นความรู้สึก ความเชื่อ และการประเมินของผู้บริโภคที่มีต่อสินค้า บริการ หรือแบรนด์ ซึ่งส่งผลต่อความตั้งใจและพฤติกรรมการซื้อ หากผู้บริโภคมีทัศนคติเชิงบวกต่อสินค้า ก็มีแนวโน้มที่จะตัดสินใจซื้อสูงขึ้น

บุคลิกภาพ (Personality)

บุคลิกภาพเป็นลักษณะเฉพาะของบุคคลที่ส่งผลต่อรูปแบบการตัดสินใจซื้อ ผู้บริโภคที่มีบุคลิกแตกต่างกันจะมีความต้องการและพฤติกรรมการบริโภคที่แตกต่างกัน เช่น ผู้ที่ชอบความเสี่ยงอาจยอมรับการทดลองใช้สินค้าใหม่ได้ง่ายกว่า

รูปแบบการดำเนินชีวิต (Lifestyle)

รูปแบบการดำเนินชีวิตสะท้อนค่านิยม ความสนใจ และกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเลือกสินค้าและบริการ โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่ผู้บริโภคมักเลือกสินค้าที่สอดคล้องกับอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของตนเอง

ปัจจัยด้านสังคมและวัฒนธรรม (Social and Cultural Factors)

ปัจจัยด้านสังคมและวัฒนธรรมมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดค่านิยม ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคของบุคคล

ครอบครัว (Family)

ครอบครัวถือเป็นสถาบันทางสังคมที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคมากที่สุด เนื่องจากเป็นแหล่งเรียนรู้ค่านิยม ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้จ่ายตั้งแต่วัยเด็ก

กลุ่มอ้างอิง (Reference Groups)

กลุ่มอ้างอิง เช่น เพื่อน เพื่อนร่วมงาน หรือบุคคลที่ผู้บริโภคชื่นชอบ สามารถส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผ่านการแนะนำ การเปรียบเทียบ และการสร้างแรงกดดันทางสังคม

สังคมออนไลน์ (Online Communities)

ในยุคดิจิทัล สังคมออนไลน์มีบทบาทสำคัญในการสร้างความคิดเห็นและการรับรู้ของผู้บริโภค การรีวิวสินค้า การให้คะแนน และการแชร์ประสบการณ์ผ่านแพลตฟอร์มต่าง ๆ สามารถส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคจำนวนมาก

วัฒนธรรมและค่านิยม (Culture and Values)

วัฒนธรรมเป็นปัจจัยพื้นฐานที่กำหนดรูปแบบการบริโภค ความเชื่อ และค่านิยมของบุคคล ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อสินค้า การใช้บริการ และการตอบสนองต่อกิจกรรมทางการตลาด

ปัจจัยด้านเทคโนโลยีและแพลตฟอร์มดิจิทัล (Technology and Digital Platform Factors)

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดประสบการณ์ของผู้บริโภคในยุคดิจิทัล

ความง่ายในการใช้งาน (Ease of Use)

แพลตฟอร์มที่มีขั้นตอนการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถเข้าถึงได้สะดวก จะช่วยเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค[6]

ประสิทธิภาพของระบบ (System Performance)

ประสิทธิภาพของระบบ เช่น ความเสถียร ความแม่นยำ และการตอบสนองของระบบ มีผลต่อความพึงพอใจและความไว้วางใจของผู้บริโภค

ความรวดเร็วในการเข้าถึง (Accessibility and Speed)

ความรวดเร็วในการค้นหาข้อมูล การประมวลผล และการทำธุรกรรมออนไลน์ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสบการณ์และการตัดสินใจซื้อ

การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience: UX และ User Interface: UI)

การออกแบบแพลตฟอร์มที่สวยงาม ใช้งานง่าย และตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ สามารถเพิ่มความพึงพอใจและส่งเสริมการตัดสินใจซื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบแนะนำสินค้า (Recommendation System)

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ช่วยให้แพลตฟอร์มสามารถนำเสนอสินค้าและบริการที่สอดคล้องกับความสนใจของผู้บริโภค ซึ่งส่งผลต่อการกระตุ้นการซื้อและการสร้างประสบการณ์เฉพาะบุคคล

ปัจจัยด้านการตลาดดิจิทัล (Digital Marketing Factors)

การตลาดดิจิทัลมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างการรับรู้และการกระตุ้นการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค

การโฆษณาออนไลน์ (Online Advertising)

การโฆษณาผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลช่วยให้ธุรกิจสามารถเข้าถึงกลุ่มเป้าหมายได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

การตลาดผ่านสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media Marketing)

สื่อสังคมออนไลน์เป็นช่องทางสำคัญในการสร้างการรับรู้ การมีส่วนร่วม และความสัมพันธ์ระหว่างแบรนด์กับผู้บริโภค

การตลาดผ่านผู้ทรงอิทธิพล (Influencer Marketing)

ผู้ทรงอิทธิพลทางความคิดมีบทบาทสำคัญในการสร้างความน่าเชื่อถือและส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้ติดตาม

การตลาดเนื้อหา (Content Marketing)

เนื้อหาที่มีคุณค่า มีความน่าสนใจ และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค จะช่วยสร้างความไว้วางใจและเพิ่มโอกาสในการตัดสินใจซื้อ

โปรโมชั่นและคูปองออนไลน์ (Online Promotions and Coupons)

ส่วนลด คูปอง และกิจกรรมส่งเสริมการขายออนไลน์ เป็นแรงจูงใจสำคัญที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อสินค้าได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

ปัจจัยด้านความน่าเชื่อถือและความปลอดภัย (Trust and Security Factors)

ความน่าเชื่อถือและความปลอดภัยเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับและการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการผ่านระบบออนไลน์

ความน่าเชื่อถือของเว็บไซต์ (Website Credibility)

เว็บไซต์หรือแพลตฟอร์มที่มีชื่อเสียง มีข้อมูลที่ชัดเจน และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค จะช่วยเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจซื้อ

ความปลอดภัยของข้อมูล (Data Security)

การคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลทางการเงินของผู้บริโภคมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างความไว้วางใจ

ความปลอดภัยของระบบชำระเงิน (Payment Security)

ระบบการชำระเงินที่มีมาตรฐานความปลอดภัยสูงและมีความน่าเชื่อถือ จะช่วยลดความกังวลและเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้บริโภค

การรับประกันสินค้าและบริการ (Product and Service Guarantee)

นโยบายการรับประกัน การคืนสินค้า และการบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดความเสี่ยงในการซื้อและส่งเสริมการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคได้อย่างมีนัยสำคัญ

โดยสรุป ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าและบริการออนไลน์เป็นผลมาจากการผสมผสานระหว่างปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยทางจิตวิทยา ปัจจัยทางสังคม ปัจจัยด้านเทคโนโลยี และปัจจัยด้านการตลาด ซึ่งองค์กรธุรกิจจำเป็นต้องทำความเข้าใจปัจจัยเหล่านี้อย่างรอบด้าน เพื่อพัฒนากลยุทธ์ทางการตลาดและการบริหารจัดการที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

แนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัล เศรษฐกิจ และสังคมในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้พฤติกรรมผู้บริโภคมีการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการเกิดขึ้นของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ เครือข่ายสังคมออนไลน์ และแพลตฟอร์มดิจิทัลรูปแบบใหม่ ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปแบบการบริโภคในอนาคต ผู้บริโภคในยุคใหม่มีแนวโน้มที่จะให้ความสำคัญกับความสะดวกสบาย ความรวดเร็ว ความเป็นส่วนตัว และประสบการณ์การใช้งานที่ตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะบุคคลมากขึ้น ดังนั้น การศึกษาทิศทางและแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคในอนาคตจึงมีความสำคัญต่อการกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจและการตลาดในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

การใช้ปัญญาประดิษฐ์ในการตัดสินใจซื้อ (Artificial Intelligence in Purchasing Decisions)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) กำลังเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคอย่างต่อเนื่อง โดยระบบ AI สามารถวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมผู้บริโภค ความสนใจ ประวัติการซื้อ และรูปแบบการใช้งานอินเทอร์เน็ต เพื่อเสนอสินค้าและบริการที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคแต่ละรายได้อย่างแม่นยำ

ในอนาคต ผู้บริโภคจะพึ่งพาเทคโนโลยี AI มากขึ้นในการค้นหาข้อมูล เปรียบเทียบสินค้า และตัดสินใจซื้อผ่านระบบผู้ช่วยอัจฉริยะ (AI Assistant) แชตบอต (Chatbot) และระบบแนะนำสินค้าอัตโนมัติ (Recommendation System) ส่งผลให้กระบวนการซื้อขายมีความรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะบุคคลได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ AI ยังสามารถช่วยลดความเสี่ยงในการตัดสินใจซื้อและเพิ่มความพึงพอใจของผู้บริโภคในระยะยาว

การซื้อขายผ่านไลฟ์สตรีมมิง (Live Streaming Commerce)

การซื้อขายผ่านการถ่ายทอดสดหรือไลฟ์สตรีมมิง (Live Streaming Commerce หรือ Live Commerce) เป็นรูปแบบการค้าดิจิทัลที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภครุ่นใหม่ที่ต้องการประสบการณ์การซื้อสินค้าแบบโต้ตอบได้ทันที

การขายสินค้าผ่านไลฟ์สตรีมมิงช่วยให้ผู้บริโภคสามารถรับชมการสาธิตสินค้า สอบถามข้อมูล และตัดสินใจซื้อได้ในเวลาเดียวกัน ส่งผลให้เกิดความรู้สึกใกล้ชิด ความไว้วางใจ และการมีส่วนร่วมระหว่างผู้ขายกับผู้บริโภคมากขึ้น ในอนาคต เทคโนโลยีการถ่ายทอดสดจะมีการพัฒนาให้มีความสมจริงและมีปฏิสัมพันธ์มากขึ้น ส่งผลให้การซื้อขายผ่านไลฟ์สตรีมมิงกลายเป็นหนึ่งในช่องทางหลักของธุรกิจค้าปลีกและพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์

การตลาดเฉพาะบุคคล (Personalized Marketing)

การตลาดเฉพาะบุคคลเป็นแนวโน้มสำคัญที่เกิดจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรม ความสนใจ และความต้องการของผู้บริโภคแต่ละราย

ในอนาคต ผู้บริโภคจะได้รับประสบการณ์การซื้อสินค้าและบริการที่มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการแนะนำสินค้า โปรโมชั่น การสื่อสารทางการตลาด หรือเนื้อหาที่สอดคล้องกับพฤติกรรมและความสนใจส่วนบุคคล การตลาดเฉพาะบุคคลจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารทางการตลาด ลดต้นทุนการดำเนินงาน และสร้างความพึงพอใจแก่ผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality and Augmented Reality)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) มีแนวโน้มที่จะเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสร้างประสบการณ์การซื้อสินค้าในอนาคต โดยเทคโนโลยีดังกล่าวช่วยให้ผู้บริโภคสามารถทดลองใช้สินค้า จำลองสถานการณ์ และประเมินความเหมาะสมของสินค้าได้ก่อนตัดสินใจซื้อ

ตัวอย่างเช่น การทดลองสวมใส่เสื้อผ้า เครื่องประดับ หรือเครื่องสำอางผ่านระบบเสมือนจริง การจำลองการตกแต่งบ้านด้วยเฟอร์นิเจอร์เสมือน หรือการทดลองขับรถยนต์ในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เทคโนโลยีเหล่านี้จะช่วยลดความไม่แน่นอนในการตัดสินใจซื้อ เพิ่มความมั่นใจ และสร้างประสบการณ์ที่แตกต่างให้แก่ผู้บริโภค

การเติบโตของ Social Commerce

Social Commerce หรือการค้าผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ เป็นแนวโน้มสำคัญที่กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยเป็นการผสมผสานระหว่างสื่อสังคมออนไลน์กับกิจกรรมทางการค้า ทำให้ผู้บริโภคสามารถค้นหา เปรียบเทียบ และซื้อสินค้าได้ภายในแพลตฟอร์มเดียว[7,8]

ในอนาคต แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์จะมีบทบาทมากขึ้นในฐานะช่องทางการซื้อขายสินค้าและบริการ ผู้บริโภคจะสามารถทำธุรกรรมได้อย่างครบวงจรภายในระบบเดียว ตั้งแต่การค้นหาข้อมูล การรับชมรีวิว การสื่อสารกับผู้ขาย การชำระเงิน และการติดตามสถานะสินค้า ส่งผลให้เส้นแบ่งระหว่างสื่อสังคมออนไลน์กับแพลตฟอร์มพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ลดลงอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ ผู้ทรงอิทธิพลทางความคิด (Influencers) ผู้สร้างเนื้อหา (Content Creators) และชุมชนออนไลน์จะมีบทบาทสำคัญในการสร้างการรับรู้ ความน่าเชื่อถือ และการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

การตัดสินใจซื้อโดยอาศัยข้อมูลและรีวิวออนไลน์ (Data-Driven and Review-Based Purchasing Decisions)

ผู้บริโภคในอนาคตจะให้ความสำคัญกับข้อมูลและความคิดเห็นจากผู้บริโภครายอื่นมากขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลที่มีความโปร่งใส น่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบได้ การตัดสินใจซื้อจะไม่ได้อาศัยเพียงข้อมูลจากผู้ขายหรือการโฆษณาเท่านั้น แต่จะพิจารณาจากคะแนนรีวิว ความคิดเห็นของผู้ใช้งานจริง การเปรียบเทียบสินค้าและข้อมูลเชิงวิเคราะห์จากแหล่งต่าง ๆ ร่วมกัน

การพัฒนาเทคโนโลยีวิเคราะห์ข้อมูลและระบบประเมินความน่าเชื่อถือของข้อมูลจะช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจซื้อได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ขณะเดียวกัน ธุรกิจต่าง ๆ จะต้องให้ความสำคัญกับการสร้างความโปร่งใส การรักษาคุณภาพสินค้า และการบริหารจัดการประสบการณ์ของลูกค้า เพื่อรักษาความเชื่อมั่นและความภักดีของผู้บริโภคในระยะยาว

สรุปแนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคในอนาคต

จากการวิเคราะห์แนวโน้มพฤติกรรมผู้บริโภคในอนาคต พบว่าการพัฒนาเทคโนโลยีดิจิทัลจะส่งผลให้ผู้บริโภคมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในกระบวนการตัดสินใจซื้อ โดยผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับความสะดวก ความรวดเร็ว ความปลอดภัย และประสบการณ์ที่ตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะบุคคล เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การค้าผ่านสื่อสังคมออนไลน์ และเทคโนโลยีเสมือนจริง จะกลายเป็นกลไกสำคัญที่กำหนดทิศทางของพฤติกรรมผู้บริโภคในอนาคต

ดังนั้น องค์กรธุรกิจจำเป็นต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัล การพัฒนานวัตกรรมทางการตลาด การสร้างประสบการณ์ลูกค้าที่มีคุณภาพ และการเสริมสร้างความน่าเชื่อถือขององค์กร เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันและความยั่งยืนในการดำเนินธุรกิจในยุคเศรษฐกิจดิจิทัลต่อไป

สรุป

พฤติกรรมผู้บริโภคในยุคแพลตฟอร์มดิจิทัลมีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายด้าน ทั้งปัจจัยส่วนบุคคล สังคม เทคโนโลยี และการตลาดดิจิทัล องค์กรและผู้ประกอบการจำเป็นต้องเข้าใจพฤติกรรมผู้บริโภคอย่างลึกซึ้ง เพื่อพัฒนากลยุทธ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

1. Engel JF, Blackwell RD, Miniard PW. Consumer behavior. 8th ed. Fort Worth (TX): Dryden Press; 1995.
2. Solomon MR. Consumer behavior: buying, having, and being. 13th ed. Harlow: Pearson Education; 2020.
3. Kotler P, Keller KL. Marketing management. 15th ed. Harlow: Pearson Education; 2016.
4. Schiffman LG, Wisenblit J. Consumer behavior. 12th ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson Education; 2019.
5. Ajzen I. The theory of planned behavior. Organ Behav Hum Decis Process. 1991;50(2):179-211. doi:10.1016/0749-5978(91)90020-T.
6. Davis FD. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Q. 1989;13(3):319-40. doi:10.2307/249008.
7. Laudon KC, Traver CG. E-commerce 2021-2022: business, technology, society. 17th ed. Harlow: Pearson Education; 2021.
8. Turban E, Outland J, King D, Lee JK, Liang TP, Turban DC. Electronic commerce 2018: a managerial and social networks perspective. 9th ed. Cham: Springer; 2018. doi:10.1007/978-3-319-58715-8.

อิทธิพลของวัฒนธรรมดิจิทัลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ในสังคมไทย

THE INFLUENCE OF DIGITAL CULTURE ON IDENTITY TRANSFORMATION AND LIFESTYLES OF THE NEW GENERATION IN THAI SOCIETY

อัครมณี สมใจ*, ณัฏฐชัย เอกนราจินดาวัฒน์*, ชลลดา สมใจ* และ สโรชินี ศิริวัฒนา*

AKARAMANEE SOMJAI, NATTACHAI AEKNARAJINDAWUT, CHONLADA SOMJAI, SROCHINEE SIRIWATTANA

วิทยาลัยนวัตกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

College of Innovation and Management, Suan Sunandha Rajabhat University.

หลักสูตรการจัดการมหาบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการ*

Master of Management Program in Management Innovation

อีเมล: kramanee.so@ssru.ac.th, nattachai.ae@ssru.ac.th, choniibankiiez@gmail.com, srochinee.si@ssru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของวัฒนธรรมดิจิทัลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ในสังคมไทย โดยใช้การศึกษาเชิงเอกสาร (Documentary Research) และการวิเคราะห์เชิงแนวคิด (Conceptual Analysis) จากงานวิจัย หนังสือ และบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษาพบว่า วัฒนธรรมดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปแบบการสร้างอัตลักษณ์ของคนรุ่นใหม่ ผ่านแพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ การบริโภคสื่อดิจิทัล และการมีส่วนร่วมในชุมชนออนไลน์ ซึ่งส่งผลให้เกิดอัตลักษณ์ที่มีลักษณะยืดหยุ่น (fluid identity) และหลากหลาย (multiple identities) นอกจากนี้ วิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ยังเปลี่ยนแปลงไปสู่ความเป็นดิจิทัลมากขึ้น ทั้งด้านการสื่อสาร การทำงาน การเรียนรู้ และการบริโภคสินค้าและบริการ อย่างไรก็ตาม วัฒนธรรมดิจิทัลยังนำมาซึ่งความท้าทาย เช่น ปัญหาความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล การเสพติดสื่อสังคมออนไลน์ และการสูญเสียความเป็นส่วนตัว ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะดิจิทัลเชิงวิพากษ์และการรู้เท่าทันสื่อเพื่อให้คนรุ่นใหม่สามารถปรับตัวได้อย่างเหมาะสมในยุคดิจิทัล

คำสำคัญ: วัฒนธรรมดิจิทัล, อัตลักษณ์, คนรุ่นใหม่, วิถีชีวิต, สังคมไทย

Abstract

This academic article aims to analyze the influence of digital culture on identity transformation and lifestyle changes among the new generation in Thai society. Using documentary research and conceptual analysis, the study draws on relevant academic literature, research studies, and scholarly articles. The findings reveal that digital culture plays a significant role in shaping the identity formation of young people through social media platforms, digital media consumption, and participation in online communities, resulting in fluid and multiple identities. Moreover, the lifestyles of the new generation have increasingly shifted toward digitalization in communication, work, education, and consumption patterns. However, digital culture also presents challenges such as digital inequality, social media addiction, and loss of privacy. The study emphasizes the importance of digital literacy and critical media awareness to enable young people to adapt effectively in the digital era.

Keywords: Digital Culture, Identity, New Generation, Lifestyle, Thai Society

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะการเกิดขึ้นของสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) แพลตฟอร์มดิจิทัล และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ซึ่งส่งผลให้มนุษย์มีรูปแบบการสื่อสาร การสร้างความสัมพันธ์ และการดำเนินชีวิตที่แตกต่างจากอดีตอย่างสิ้นเชิง เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่ได้เป็นเพียง “เครื่องมือ” ในการเข้าถึงข้อมูลอีกต่อไป แต่ได้กลายเป็น “โครงสร้างพื้นฐานทางสังคม” (social infrastructure) ที่กำหนดทิศทางของการปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ในระดับปัจเจก กลุ่ม และสังคมโดยรวม[1,2]

ในมิติทางเศรษฐกิจ ดิจิทัลแพลตฟอร์มได้เปลี่ยนรูปแบบการผลิต การบริโภค และการกระจายสินค้าและบริการอย่างมีนัยสำคัญ เกิดเศรษฐกิจแพลตฟอร์ม (Platform Economy) และเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative Economy) ที่เปิดโอกาสให้บุคคลทั่วไปสามารถเป็นผู้ผลิตและผู้ประกอบการได้ผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น การขายสินค้าในตลาดอีคอมเมิร์ซ การสร้างคอนเทนต์บนโซเชียลมีเดีย หรือการทำงานแบบฟรีแลนซ์ผ่านระบบดิจิทัล ส่งผลให้เส้นแบ่งระหว่าง “ผู้ผลิต” และ “ผู้บริโภค” มีความพร่าเลือนมากขึ้น (prosumers) และเกิดรูปแบบเศรษฐกิจใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (data-driven economy)[3-7]

สำหรับสังคมไทย คนรุ่นใหม่หรือ “Gen Z และ Gen Alpha” เติบโตขึ้นท่ามกลางสภาพแวดล้อมดิจิทัลที่เข้มข้น ส่งผลให้วัฒนธรรมดิจิทัล (Digital Culture) ไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือ แต่กลายเป็น “พื้นที่ทางสังคมใหม่” ที่กำหนดวิธีคิด การแสดงออก และการสร้างอัตลักษณ์ของบุคคล พื้นที่ออนไลน์ เช่น Facebook, Instagram, TikTok, YouTube และแพลตฟอร์มอื่น ๆ ได้กลายเป็นเวทีในการนำเสนอ “ตัวตนดิจิทัล” (digital self) ที่สามารถปรับเปลี่ยน สร้าง และจัดการได้ตามความต้องการของผู้ใช้ อัตลักษณ์จึงมิได้เป็นสิ่งคงที่ แต่มีลักษณะพลวัต (dynamic identity) ที่เปลี่ยนแปลงได้ตามบริบทของแพลตฟอร์ม สังคมออนไลน์ และกลุ่มผู้ชม (audience) ที่แตกต่างกัน[8-13]

นอกจากนี้ อิทธิพลของอัลกอริทึม (algorithmic influence) ยังมีบทบาทสำคัญในการกำหนดสิ่งที่ผู้คนเห็น รับรู้ และให้ความสนใจ ทำให้การสร้างอัตลักษณ์และทัศนคติของคนรุ่นใหม่ถูกหล่อหลอมผ่านการคัดกรองข้อมูลโดยระบบอัจฉริยะ ส่งผลให้เกิดทั้งโอกาสและความท้าทาย เช่น การเข้าถึงข้อมูลที่รวดเร็วและหลากหลาย ในขณะเดียวกันก็อาจนำไปสู่ภาวะ “ห้องเสียงสะท้อน” (echo chamber) หรือการรับรู้ข้อมูลที่มีความเอนเอียง[14-17]

ขณะเดียวกัน วิถีชีวิต (Lifestyle) ของคนรุ่นใหม่ก็เปลี่ยนไปสู่ความเป็นดิจิทัลมากขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งการเรียนออนไลน์ (online learning) การทำงานแบบ Remote Work หรือ Hybrid Work การสื่อสารผ่านแอปพลิเคชัน และการบริโภคผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นการสั่งอาหาร การชำระเงินแบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-payment) หรือการใช้บริการสตรีมมิงต่าง ๆ การใช้ชีวิตจึงมีลักษณะ “เชื่อมต่ออยู่ตลอดเวลา” (always connected society) ซึ่งส่งผลให้รูปแบบการจัดการเวลา ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ[18-21]

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังนำมาซึ่งประเด็นท้าทายเชิงสังคม เช่น ปัญหาความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล (digital divide) การเสพติดสื่อสังคมออนไลน์ ปัญหาสุขภาพจิตจากการเปรียบเทียบทางสังคม (social comparison) และความเปราะบางของข้อมูลส่วนบุคคลในโลกออนไลน์ สิ่งเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาดิจิทัลไม่ได้มีเพียงด้านบวก แต่ยังต้องพิจารณามิติทางจริยธรรม สังคม และความยั่งยืนควบคู่กันไป

ดังนั้น การศึกษาวัฒนธรรมดิจิทัลจึงมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางสังคมของไทยในยุคปัจจุบัน เนื่องจากช่วยอธิบายพลวัตของอัตลักษณ์ วิถีชีวิต และโครงสร้างทางสังคมที่เปลี่ยนไปภายใต้บริบทเทคโนโลยีดิจิทัล อีกทั้งยังเป็นฐานความรู้สำคัญในการกำหนดนโยบายทางการศึกษา สื่อสารมวลชน และการพัฒนาทุนมนุษย์ให้สอดคล้องกับโลกยุคใหม่ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลและนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความหมายและลักษณะของวัฒนธรรมดิจิทัล
2. เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์ของคนรุ่นใหม่ในสังคมไทย
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ภายใต้วัฒนธรรมดิจิทัล
4. ด้วยอีกทั้งยังเป็นฐานความรู้สำคัญในการกำหนดนโยบายทางการศึกษา สื่อสารมวลชน

ระเบียบวิธีวิจัย

บทความนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่มีความน่าเชื่อถือและเกี่ยวข้องกับประเด็นการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมดิจิทัล อัตลักษณ์ และวิถีชีวิตของคนในศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งเน้นการรวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์องค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมอย่างเป็นระบบ เพื่อสร้างกรอบความเข้าใจเชิงแนวคิด (conceptual framework) ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางสังคมร่วมสมัยได้อย่างลึกซึ้งและครอบคลุม[22-25]

การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ดำเนินการจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย ได้แก่ หนังสือและตำราทางสังคมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีสังคมวิทยา วัฒนธรรมศึกษา และเทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งช่วยให้เข้าใจฐานคิดทางทฤษฎีของการเปลี่ยนแปลงทางสังคมในระดับโครงสร้าง นอกจากนี้ยังใช้บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ เพื่อสะท้อนองค์ความรู้ร่วมสมัยและผลการศึกษาวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้ใช้สื่อดิจิทัล การสร้างอัตลักษณ์ออนไลน์ และผลกระทบของแพลตฟอร์มดิจิทัลต่อสังคม

ในขณะเดียวกัน ยังมีการศึกษา รายงานจากหน่วยงานด้านเทคโนโลยี สังคม และเศรษฐกิจ ทั้งในระดับประเทศและระดับสากล เช่น รายงานจากองค์กรด้านดิจิทัล เศรษฐกิจ และการพัฒนา เพื่อใช้เป็นข้อมูลเชิงสถิติและแนวโน้ม (trend analysis) ที่สะท้อนภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมดิจิทัล (Digital Culture) อัตลักษณ์ (Identity) และวิถีชีวิต (Lifestyle) ซึ่งช่วยเติมเต็มมิติทางทฤษฎีและการอธิบายเชิงประจักษ์[12,13,18,21,26,27]

หลังจากการรวบรวมข้อมูลแล้ว ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยการจัดหมวดหมู่ข้อมูล แยกประเด็นสำคัญ และตีความความหมายของเนื้อหาที่ปรากฏในเอกสารต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ เพื่อค้นหารูปแบบ (patterns) แนวโน้ม (trends) และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมดิจิทัล เช่น การเปลี่ยนแปลงของอัตลักษณ์ในโลกออนไลน์ และการปรับตัวของวิถีชีวิตภายใต้สภาพแวดล้อมดิจิทัล

นอกจากนี้ ยังใช้กระบวนการสังเคราะห์เชิงแนวคิด (Conceptual Synthesis) เพื่อบูรณาการองค์ความรู้จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเข้าด้วยกัน โดยเชื่อมโยงแนวคิด ทฤษฎี และผลการศึกษาที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่การสร้างกรอบแนวคิดใหม่ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมดิจิทัล อัตลักษณ์ และวิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่ในสังคมไทยอย่างเป็นองค์รวม วิธีการดังกล่าวช่วยให้บทความนี้สามารถนำเสนอความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางสังคมในยุคดิจิทัลได้อย่างมีระบบและมีความน่าเชื่อถือทางวิชาการมากยิ่งขึ้น

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดวัฒนธรรมดิจิทัลวัฒนธรรมดิจิทัล (Digital Culture)

แนวคิดวัฒนธรรมดิจิทัลวัฒนธรรมดิจิทัล (Digital Culture) หมายถึงรูปแบบของพฤติกรรม ความเชื่อ ค่านิยม และการปฏิบัติที่เกิดขึ้นและพัฒนาอยู่ภายใต้บริบทของเทคโนโลยีดิจิทัลและสภาพแวดล้อมออนไลน์ ซึ่งครอบคลุมทั้งการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) การสื่อสารผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัลแบบเรียลไทม์ การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ที่ไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ 1 และการสร้างตัวตนในพื้นที่เสมือนจริง (virtual space)

ในบริบทของสังคมร่วมสมัย วัฒนธรรมดิจิทัลมิได้เป็นเพียง “พฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี” แต่ได้กลายเป็น “ระบบความหมายทางสังคม” ที่กำหนดวิธีคิด การรับรู้ และการตีความโลกของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มคนรุ่นใหม่ที่เติบโตมากับเทคโนโลยีดิจิทัล วัฒนธรรมดังกล่าวส่งผลให้เกิดรูปแบบการมีส่วนร่วมทางสังคมใหม่ (digital participation) เช่น การแสดงความคิดเห็นออนไลน์ การสร้างคอนเทนต์ (content creation) และการเคลื่อนไหวทางสังคมผ่านสื่อดิจิทัล (digital activism)[8,13,28-33]

นอกจากนี้ วัฒนธรรมดิจิทัลยังสะท้อนถึงการเปลี่ยนผ่านจากวัฒนธรรมแบบดั้งเดิมที่เน้นการปฏิสัมพันธ์แบบเผชิญหน้า (face-to-face interaction) ไปสู่วัฒนธรรมแบบเครือข่าย (networked culture) ที่ผู้คนสามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างรวดเร็วและกว้างขวางผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล ส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของข้อมูล (information flow) อย่างต่อเนื่อง และทำให้พรมแดนทางวัฒนธรรมมีความพร่าเลือนมากยิ่งขึ้น[1,19,34,35]

แนวคิดอัตลักษณ์

Hall[36] อธิบายว่า อัตลักษณ์ (identity) มิได้เป็นสิ่งที่คงที่หรือมีอยู่โดยธรรมชาติ หากแต่เป็นสิ่งที่ถูกประกอบสร้างขึ้นผ่านกระบวนการทางสังคม วัฒนธรรม ประวัติศาสตร์ และความสัมพันธ์เชิงอำนาจ อัตลักษณ์จึงมีลักษณะเป็น “กระบวนการ” ที่ถูกสร้าง ต่อรอง และเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง มากกว่าจะเป็นสถานะที่

ตายตัว โดยเฉพาะในสังคมหลังสมัยใหม่ที่บุคคลต้องดำรงชีวิตอยู่ท่ามกลางบริบททางสังคมและวัฒนธรรมที่หลากหลาย

Goffman[37] เสนอแนวคิดเรื่องการนำเสนอตนเอง (self-presentation) โดยอธิบายว่า บุคคลเปรียบเสมือนผู้แสดงที่เลือกนำเสนอภาพลักษณ์ของตนให้เหมาะสมกับสถานการณ์และกลุ่มผู้ชมที่แตกต่างกัน แนวคิดดังกล่าวสามารถนำมาใช้อธิบายการสร้างอัตลักษณ์ในโลกดิจิทัล ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูล รูปภาพ ภาษา และเนื้อหาที่ต้องการเผยแพร่ เพื่อสร้างความประทับใจและกำหนดภาพลักษณ์ที่ต้องการให้ผู้อื่นรับรู้

ในบริบทของโลกดิจิทัล อัตลักษณ์ของบุคคลสามารถถูกสร้าง ต่อรอง และนำเสนอผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น สื่อสังคมออนไลน์ บล็อก และชุมชนเสมือนจริง ทำให้เกิด “อัตลักษณ์ดิจิทัล” (digital identity) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนไปตามบริบทของแพลตฟอร์ม วัตถุประสงค์ในการสื่อสาร และกลุ่มผู้ชม บุคคลหนึ่งจึงอาจนำเสนอตัวตนหลายรูปแบบในเวลาเดียวกัน เช่น อัตลักษณ์ทางวิชาชีพ อัตลักษณ์ทางสังคม และอัตลักษณ์ส่วนบุคคล[11]

Hogan[10] อธิบายว่า การนำเสนอตัวตนผ่านสื่อสังคมออนไลน์มีลักษณะเป็น “นิทรรศการ” (exhibition) ซึ่งผู้ใช้งานสามารถคัดเลือก จัดวาง และเก็บรักษาเนื้อหาที่แสดงถึงตัวตนไว้บนพื้นที่ออนไลน์ กระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดการสร้างตัวตนแบบคัดสรร (selective identity construction) โดยผู้ใช้สามารถเลือกนำเสนอเฉพาะด้านที่ต้องการให้ผู้อื่นมองเห็นได้

อย่างไรก็ตาม การนำเสนอตัวตนบนสื่อสังคมออนไลน์ต้องเผชิญกับกลุ่มผู้ชมที่มีความหลากหลายและอาจซ้อนทับกัน ผู้ใช้งานจึงต้องคาดการณ์ว่าใครคือผู้รับสารหรือ “ผู้ชมในจินตนาการ” (imagined audience) และปรับการนำเสนอตนเองให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้ชมเหล่านั้น12 กระบวนการดังกล่าวอาจก่อให้เกิดความตึงเครียดระหว่างตัวตนในชีวิตประจำวันกับตัวตนที่ถูกนำเสนอในพื้นที่ออนไลน์ ซึ่งถือเป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาอัตลักษณ์ในสังคมดิจิทัลร่วมสมัย

ทฤษฎีสังคมเครือข่าย (Network Society)

ทฤษฎีสังคมเครือข่าย (Network Society) Castells1 อธิบายว่า สังคมยุคใหม่ได้เปลี่ยนผ่านเข้าสู่ “สังคมเครือข่าย” (Network Society) ซึ่งเป็นโครงสร้างทางสังคมที่ขับเคลื่อนด้วยเครือข่ายข้อมูล (information networks) และเทคโนโลยีการสื่อสารดิจิทัล ส่งผลให้รูปแบบการจัดระเบียบทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมเปลี่ยนจากระบบลำดับชั้นแบบแนวดิ่ง (hierarchical structure) ไปสู่ระบบเครือข่ายแบบแนวนอน (horizontal network)

ในสังคมเครือข่าย ข้อมูลและความรู้กลายเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่สุดในการขับเคลื่อนสังคม อำนาจ (power) จึงไม่ได้กระจุกตัวอยู่เพียงองค์กรหรือรัฐ แต่กระจายอยู่ในเครือข่ายของผู้คน แพลตฟอร์ม และเทคโนโลยีดิจิทัล ส่งผลให้เกิดรูปแบบความสัมพันธ์ทางสังคมที่ซับซ้อนและยืดหยุ่นมากขึ้น

นอกจากนี้ สังคมเครือข่ายยังส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับปัจเจก โดยบุคคลสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายระดับโลกได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิด “พื้นที่ทางสังคมเสมือนจริง” (virtual social space) ที่มี

บทบาทสำคัญไม่แพ้พื้นที่ทางกายภาพ ส่งผลต่อการสร้างอัตลักษณ์ การสื่อสาร และวิถีชีวิตของผู้คนในยุคดิจิทัลอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษา

ความหมายและลักษณะสำคัญของวัฒนธรรมดิจิทัล

ผลการศึกษาพบว่า วัฒนธรรมดิจิทัล (digital culture) หมายถึง ระบบความคิด ค่านิยม พฤติกรรม และรูปแบบการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมที่เกิดขึ้นภายใต้อิทธิพลของเทคโนโลยีดิจิทัล วัฒนธรรมดิจิทัลจึงมิได้หมายถึงเพียงการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยี แต่ครอบคลุมถึงกระบวนการสร้างความหมาย การสื่อสาร การผลิตและเผยแพร่เนื้อหา ตลอดจนการสร้างความสัมพันธ์ผ่านเครือข่ายดิจิทัล[30,33]

ลักษณะสำคัญของวัฒนธรรมดิจิทัลประกอบด้วย การเชื่อมโยงกันผ่านเครือข่าย (networked connectivity) การมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน (digital participation) การสร้างเนื้อหาโดยผู้ใช้งาน (user-generated content) การไหลเวียนของข้อมูลอย่างรวดเร็ว และการผสมผสานระหว่างพื้นที่ออนไลน์กับพื้นที่ในชีวิตประจำวัน ผู้ใช้งานจึงไม่ได้เป็นเพียงผู้รับข้อมูล แต่สามารถเป็นผู้ผลิต ผู้เผยแพร่ และผู้ร่วมสร้างความหมายทางวัฒนธรรมได้ด้วย[13,35]

วัฒนธรรมดิจิทัลกับการสร้างอัตลักษณ์

คนรุ่นใหม่ในสังคมไทยเติบโตและดำเนินชีวิตภายใต้บริบทของวัฒนธรรมดิจิทัล ซึ่งแพลตฟอร์มออนไลน์ เช่น Facebook, TikTok, Instagram และ X (Twitter) ได้กลายเป็น “พื้นที่สาธารณะเสมือน” (virtual public sphere) สำหรับการแสดงออกและสร้างตัวตน อัตลักษณ์ของบุคคลในยุคดิจิทัลจึงมิได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่เป็นผลผลิตของการคัดเลือก การจัดวาง และการนำเสนอข้อมูลตนเองผ่านสื่อ (curated identity) ที่ผู้ใช้สามารถออกแบบได้อย่างตั้งใจ

การสร้างอัตลักษณ์ในโลกดิจิทัลมีลักษณะสำคัญ 3 ประการ ได้แก่

1. อัตลักษณ์เชิงเลือกสรร (Selective Identity) คือการเลือกนำเสนอเฉพาะบางด้านของตนเองที่ต้องการให้ผู้อื่นรับรู้ เช่น การเน้นภาพลักษณ์ความสำเร็จ ไลฟ์สไตล์ หรือความสามารถเฉพาะด้าน ขณะที่อาจละเลยหรือไม่แสดงด้านอื่นของชีวิต

2. อัตลักษณ์หลายมิติ (Multiple Identity) บุคคลหนึ่งสามารถมีตัวตนที่หลากหลายบนแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน เช่น ตัวตนเชิงวิชาชีพบน LinkedIn ตัวตนเชิงบันเทิงบน TikTok และตัวตนเชิงส่วนตัวบน Instagram

3. อัตลักษณ์แบบชั่วคราว (Temporary Identity) อัตลักษณ์สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วตามกระแสสังคม เทรนด์ หรือบริบทของแพลตฟอร์ม เช่น การปรับภาพลักษณ์ตามแฮชแท็กหรือกระแสไวรัล ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงความยืดหยุ่นและความไม่คงที่ของตัวตนในโลกดิจิทัล ซึ่งแตกต่างจากอัตลักษณ์ในสังคมดั้งเดิมที่มีความมั่นคงและผูกติดกับบริบททางสังคมและวัฒนธรรมในระยะยาว

การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต

วัฒนธรรมดิจิทัลได้ส่งผลให้วิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญในหลายมิติ ดังนี้

ด้านการสื่อสาร

การสื่อสารในปัจจุบันเปลี่ยนจากรูปแบบออฟไลน์ที่ต้องอาศัยเวลาและสถานที่ ไปสู่การสื่อสารแบบทันที (Instant Communication) ผ่านแอปพลิเคชัน เช่น LINE, Messenger และแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียต่าง ๆ ทำให้การปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ต่อเนื่อง และไร้พรมแดน ส่งผลให้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลมีความถี่สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันอาจลดทอนความลึกซึ้งของการสื่อสารแบบเผชิญหน้า

ด้านการเรียนรู้

การเรียนรู้ได้เปลี่ยนเข้าสู่รูปแบบออนไลน์ (E-learning) อย่างกว้างขวาง โดยมีแพลตฟอร์มการเรียนรู้ดิจิทัล เช่น YouTube, Coursera, Google Classroom และแพลตฟอร์มของสถาบันการศึกษา ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา (anywhere anytime learning) ส่งผลให้การเรียนรู้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น และเปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (lifelong learning)

ด้านเศรษฐกิจและการทำงาน

การเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัลนำไปสู่การเกิดขึ้นของเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy) และรูปแบบการทำงานใหม่ เช่น Work from Anywhere, Remote Work และ Gig Economy ซึ่งเปิดโอกาสให้แรงงานสามารถทำงานข้ามพื้นที่และเวลาได้อย่างอิสระมากขึ้น ขณะเดียวกันยังเพิ่มการแข่งขันในตลาดแรงงานที่ต้องการทักษะดิจิทัลและความสามารถในการปรับตัวสูง

ด้านการบริโภค

พฤติกรรมผู้บริโภคเปลี่ยนไปสู่การใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ในการเลือกซื้อสินค้าและบริการ เช่น Shopee และ Lazada รวมถึงการใช้ระบบชำระเงินดิจิทัล (e-payment) ทำให้กระบวนการบริโภคมีความสะดวก รวดเร็ว และสามารถเข้าถึงข้อมูลสินค้าได้อย่างหลากหลายผ่านรีวิวและการเปรียบเทียบราคา ส่งผลให้ผู้บริโภคมีอำนาจในการตัดสินใจมากขึ้น (consumer empowerment)

ผลกระทบของวัฒนธรรมดิจิทัล

ผลกระทบเชิงบวก

วัฒนธรรมดิจิทัลก่อให้เกิดผลกระทบเชิงบวกหลายประการ ได้แก่ การเพิ่มโอกาสทางกาเรียนรู้ผ่านแหล่งข้อมูลออนไลน์ที่หลากหลาย การขยายช่องทางการสื่อสารที่รวดเร็วและไร้พรมแดน รวมถึงการส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัลที่เปิดโอกาสให้เกิดผู้ประกอบการรายใหม่และการสร้างรายได้ในรูปแบบใหม่ เช่น คอนเทนต์ครีเอเตอร์ อินฟลูเอนเซอร์ และธุรกิจออนไลน์

ผลกระทบเชิงลบ

ในขณะเดียวกัน วัฒนธรรมดิจิทัลยังส่งผลกระทบเชิงลบที่ควรให้ความสำคัญ ได้แก่ ปัญหาการเสพติดสื่อสังคมออนไลน์ที่ส่งผลต่อสมาธิและประสิทธิภาพการดำเนินชีวิต ความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล (digital divide) ระหว่างผู้ที่เข้าถึงเทคโนโลยีได้และไม่ได้ การสูญเสียความเป็นส่วนตัวจากการใช้ข้อมูลส่วนบุคคลในแพลตฟอร์มออนไลน์ และปัญหาสุขภาพจิต เช่น ความเครียด ความวิตกกังวล และภาวะเปรียบเทียบทางสังคม (social comparison) ที่เกิดจากการรับชมภาพชีวิตที่ถูกคัดสรรของผู้อื่น

โดยรวมแล้ว ผลกระทบของวัฒนธรรมดิจิทัลจึงมีลักษณะทั้งเชิงสร้างสรรค์และเชิงท้าทาย ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการบริหารจัดการอย่างสมดุลทั้งในระดับบุคคล สังคม และนโยบายสาธารณะ เพื่อให้การพัฒนาดิจิทัลนำไปสู่ความยั่งยืนของสังคมในระยะยาว

อภิปรายผล

ความหมายและลักษณะของวัฒนธรรมดิจิทัล

ผลการศึกษาพบว่า วัฒนธรรมดิจิทัลมิได้หมายถึงเพียงพฤติกรรมการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีดิจิทัล แต่เป็นระบบความคิด ค่านิยม บรรทัดฐาน และการปฏิบัติทางสังคมที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ เทคโนโลยี และแพลตฟอร์มดิจิทัล ผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Gere[30] ซึ่งอธิบายว่า วัฒนธรรมดิจิทัลเป็นผลจากการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยี การสื่อสาร และการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรม มิใช่ผลจากการใช้เครื่องมือดิจิทัลเพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ Miller[33] ซึ่งเสนอว่า เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของการสร้างความหมายและการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ และสอดคล้องกับ van Dijck[13] ที่อธิบายว่า แพลตฟอร์มสื่อสังคมออนไลน์ได้พัฒนาเป็นระบบโครงสร้างทางสังคมที่มีอิทธิพลต่อการสื่อสาร การสร้างความสัมพันธ์ และการแลกเปลี่ยนข้อมูลของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ การที่คนรุ่นใหม่สามารถเป็นทั้งผู้รับ ผู้ผลิต และผู้เผยแพร่เนื้อหา ยังสอดคล้องกับแนวคิดวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วม (participatory culture) ของ Jenkins[35] ซึ่งอธิบายว่า ผู้ใช้งานสื่อในยุคดิจิทัลมิได้มีบทบาทเป็นเพียงผู้รับสาร แต่สามารถสร้าง ดัดแปลง และเผยแพร่เนื้อหาผ่านเครือข่ายดิจิทัลได้ด้วย วัฒนธรรมดิจิทัลจึงมีลักษณะเป็นกระบวนการร่วมสร้างความหมายระหว่างผู้ใช้งาน ชุมชนออนไลน์ และแพลตฟอร์ม

วัฒนธรรมดิจิทัลกับการเปลี่ยนแปลงอัตลักษณ์

ผลการศึกษาพบว่า อัตลักษณ์ของคนรุ่นใหม่ในสังคมดิจิทัลมีลักษณะยืดหยุ่น หลากหลาย และเปลี่ยนแปลงได้ตามบริบทของแพลตฟอร์มและกลุ่มผู้ชม ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Hall[36] ซึ่งอธิบายว่าอัตลักษณ์มิใช่สิ่งที่มีอยู่โดยธรรมชาติหรือมีลักษณะตายตัว แต่เป็นสิ่งที่ถูกประกอบสร้างผ่านประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม ภาษา และความสัมพันธ์ทางสังคม อัตลักษณ์จึงเป็นกระบวนการที่ถูกสร้าง ต่อรอง และปรับเปลี่ยนอย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาในบริบทของสื่อดิจิทัล ผลการศึกษาสอดคล้องกับแนวคิดการนำเสนอตนเองของ Goffman[37] ซึ่งเปรียบเทียบการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับการแสดงบนเวที โดยบุคคลจะเลือกนำเสนอภาพลักษณ์ของตนให้เหมาะสมกับสถานการณ์และกลุ่มผู้ชม แนวคิดดังกล่าวสามารถนำมาอธิบายพฤติกรรมของผู้ใช้งานที่เลือกเผยแพร่รูปภาพ ข้อความ วิดีโอ และข้อมูลบางส่วน เพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ต้องการบนสื่อสังคมออนไลน์

ผลการศึกษายังสอดคล้องกับ Hogan[10] ซึ่งอธิบายว่าการนำเสนอตนเองบนสื่อสังคมออนไลน์มิได้เป็นเพียงการแสดงที่เกิดขึ้นในขณะใดขณะหนึ่ง แต่มีลักษณะเป็น “นิทรรศการ” ที่ผู้ใช้งานสามารถคัดเลือก จัดวาง และเก็บรักษาเนื้อหาไว้ให้ผู้ชมเข้าถึงภายหลังได้ ลักษณะดังกล่าวปรากฏผ่านการสร้างอัตลักษณ์ที่ผ่านการคัดสรร โดยผู้ใช้งานเลือกนำเสนอเฉพาะด้านที่สอดคล้องกับภาพลักษณ์ที่ต้องการให้สังคมรับรู้

ขณะเดียวกัน การที่คนรุ่นใหม่อาจนำเสนอตัวตนแตกต่างกันในแต่ละแพลตฟอร์มสอดคล้องกับ Marwick[11] ซึ่งเสนอว่าอัตลักษณ์ออนไลน์สามารถถูกสร้างและปรับเปลี่ยนตามบริบทและวัตถุประสงค์ของการสื่อสาร เช่น การนำเสนอตัวตนทางวิชาชีพ ตัวตนทางสังคม และตัวตนส่วนบุคคล อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานอาจต้องสื่อสารกับผู้ชมหลายกลุ่มในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด “ผู้ชมในจินตนาการ” และ “การยุบรวมของบริบท” ของ Marwick และ boyd[12] ผู้ใช้งานจึงต้องคาดการณ์ว่าผู้รับสารคือใคร และปรับการนำเสนอตนเองให้เหมาะสมกับผู้ชมที่มีความหลากหลาย

ผลการศึกษาจึงแสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีดิจิทัลมิได้สร้างอัตลักษณ์ขึ้นโดยลำพัง แต่ทำหน้าที่เป็นพื้นที่และกลไกที่เปิดโอกาสให้บุคคลนำเสนอ ต่อรอง และปรับเปลี่ยนอัตลักษณ์ภายใต้เงื่อนไขของแพลตฟอร์ม บรรทัดฐานทางสังคม และการตอบสนองจากกลุ่มผู้ชม

วัฒนธรรมดิจิทัลกับการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต

ผลการศึกษาพบว่า วัฒนธรรมดิจิทัลทำให้วิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่เปลี่ยนแปลงในด้านการสื่อสาร การเรียนรู้ การทำงาน และการบริโภค โดยกิจกรรมในชีวิตประจำวันสามารถดำเนินการผ่านระบบออนไลน์ได้มากขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดสังคมเครือข่ายของ Castells[1] ซึ่งอธิบายว่าโครงสร้างของสังคมร่วมสมัยถูกจัดระเบียบผ่านเครือข่ายข้อมูลและเทคโนโลยีการสื่อสาร ทำให้ข้อมูล ความรู้ และกิจกรรมทางเศรษฐกิจสามารถไหลเวียนข้ามข้อจำกัดด้านเวลาและพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว

การที่คนรุ่นใหม่สามารถสื่อสาร เรียนรู้ ทำงาน และบริโภคผ่านเครือข่ายดิจิทัลยังสอดคล้องกับแนวคิดปัจเจกบุคคลแบบเครือข่าย (networked individualism) ของ Rainie และ Wellman[19] ซึ่งอธิบายว่าบุคคลในสังคมร่วมสมัยไม่ได้ดำรงอยู่ภายใต้เครือข่ายทางสังคมเพียงกลุ่มเดียว แต่สามารถเชื่อมโยงกับหลายเครือข่ายตามความสนใจ บทบาท และวัตถุประสงค์ของตนเอง เทคโนโลยีดิจิทัลจึงช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการสร้างความสัมพันธ์และการจัดการกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

ในด้านการเรียนรู้ ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Livingstone[38] ซึ่งชี้ให้เห็นว่าอินเทอร์เน็ตช่วยขยายโอกาสในการเข้าถึงข้อมูล การเรียนรู้ และการมีส่วนร่วมของเด็กและเยาวชน อย่างไรก็ตาม โอกาสดังกล่าว

ขึ้นอยู่กับความพร้อมด้านอุปกรณ์ ทักษะ และสภาพแวดล้อมทางสังคมของแต่ละบุคคลด้วย จึงไม่ควรสรุปว่าคนรุ่นใหม่ทุกคนได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีในระดับเดียวกัน

ในด้านเศรษฐกิจและการทำงาน ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Kenney และ Zysman[3] ซึ่งอธิบายว่าเศรษฐกิจแพลตฟอร์มได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการผลิต การจ้างงาน และการให้บริการ โดยข้อมูล อัลกอริทึม และแพลตฟอร์มกลายเป็นกลไกสำคัญในการเชื่อมโยงผู้ผลิต แรงงาน และผู้บริโภค การทำงานทางไกล การทำงานแบบอิสระ และการหารายได้ผ่านแพลตฟอร์มจึงเป็นส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างในระบบเศรษฐกิจดิจิทัล

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาไม่ควรตีความว่าการสื่อสารดิจิทัลเข้ามาแทนที่การพบปะแบบเผชิญหน้าโดยสมบูรณ์ แต่เป็นการผสมผสานระหว่างพื้นที่ออนไลน์และออฟไลน์ เทคโนโลยีดิจิทัลจึงช่วยขยายช่องทางการสื่อสาร ขณะเดียวกันก็อาจทำให้เส้นแบ่งระหว่างเวลาเรียน เวลาทำงาน และเวลาส่วนตัวพร่าเลือนมากขึ้น

ผลกระทบและแนวทางการปรับตัวภายใต้วัฒนธรรมดิจิทัล

ผลการศึกษาพบว่า วัฒนธรรมดิจิทัลก่อให้เกิดทั้งโอกาสและความเสี่ยงต่อคนรุ่นใหม่ ด้านหนึ่งเทคโนโลยีดิจิทัลช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงความรู้ การแสดงออก การสร้างเครือข่าย การประกอบอาชีพ และการมีส่วนร่วมในประเด็นสาธารณะ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Jenkins et al.[32] ซึ่งอธิบายว่าวัฒนธรรมแบบมีส่วนร่วมเปิดโอกาสให้บุคคลสร้างสรรค์เนื้อหา แลกเปลี่ยนความรู้ และมีส่วนร่วมในชุมชนผ่านสื่อดิจิทัล การใช้สื่อดิจิทัลเพื่อแสดงความคิดเห็น รณรงค์ และขับเคลื่อนประเด็นสาธารณะยังสอดคล้องกับ Earl และ Kimport[29] ซึ่งเสนอว่าเทคโนโลยีดิจิทัลช่วยลดต้นทุนและข้อจำกัดในการรวมกลุ่มและเคลื่อนไหวทางสังคม รวมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดการกระทำเชิงเชื่อมโยงของ Bennett และ Segerberg[28] ซึ่งอธิบายว่า บุคคลสามารถเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมผ่านการแบ่งปันข้อมูลและข้อเรียกร้องเฉพาะบุคคล โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาองค์กรแบบเป็นทางการเพียงอย่างเดียว

ในอีกด้านหนึ่ง ผลการศึกษาพบความเสี่ยงจากความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล การใช้สื่อมากเกินไป การละเมิดความเป็นส่วนตัว การเปรียบเทียบทางสังคม และการรับข้อมูลที่มีความเอนเอียง ประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับ Helsper และ Eynon[31] ซึ่งชี้ว่าการเป็นคนรุ่นใหม่ไม่ได้หมายความว่าบุคคลทุกคนจะมีทักษะและความสามารถในการใช้เทคโนโลยีเท่าเทียมกัน ความแตกต่างด้านเศรษฐกิจ การศึกษา และสภาพแวดล้อมทางสังคมยังคงส่งผลต่อโอกาสและคุณภาพในการใช้เทคโนโลยี

นอกจากนี้ ความเสี่ยงจากการรับข้อมูลที่สอดคล้องกับความเชื่อเดิมยังสอดคล้องกับ Cinelli et al.[16] ซึ่งพบว่าลักษณะของแพลตฟอร์มและเครือข่ายผู้ใช้งานอาจเอื้อต่อการเกิดห้องเสียงสะท้อน อย่างไรก็ตาม Bakshy et al.[14] ชี้ว่า ความหลากหลายของข้อมูลที่บุคคลได้รับไม่ได้ขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียว แต่ยังสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกแหล่งข้อมูลและการเลือกเปิดรับเนื้อหาของผู้ใช้งานด้วย

ดังนั้น แนวทางการปรับตัวไม่ควรมุ่งเพียงการเพิ่มความสามารถในการใช้อุปกรณ์ แต่ควรครอบคลุมการรู้เท่าทันสื่อและข้อมูล การคิดเชิงวิพากษ์ การตรวจสอบแหล่งที่มา การจัดการความเป็นส่วนตัว การรักษา

ความปลอดภัยทางดิจิทัล และการบริหารเวลาในการใช้สื่อ สถาบันครอบครัว สถานศึกษา ภาครัฐ และผู้ให้บริการแพลตฟอร์มควรมีส่วนร่วมในการสร้างระบบนิเวศดิจิทัลที่ปลอดภัย เป็นธรรม และสนับสนุนคุณภาพชีวิตของคนรุ่นใหม่อย่างยั่งยืน

สรุป

ประการแรก วัฒนธรรมดิจิทัลมิได้หมายถึงเพียงการใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยี แต่ครอบคลุมระบบความคิด ค่านิยม บรรทัดฐาน พฤติกรรม และกระบวนการสร้างความหมายที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ เทคโนโลยี และแพลตฟอร์มดิจิทัล ลักษณะสำคัญของวัฒนธรรมดิจิทัล ได้แก่ การเชื่อมโยงผ่านเครือข่าย การสื่อสารอย่างรวดเร็ว การไหลเวียนของข้อมูล การมีส่วนร่วมของผู้ใช้งาน และการสร้างเนื้อหาด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้ใช้งานเป็นทั้งผู้รับ ผู้ผลิต และผู้เผยแพร่ข้อมูลในเวลาเดียวกัน[13,30,35]

ประการที่สอง วัฒนธรรมดิจิทัลส่งผลให้อัตลักษณ์ของคนรุ่นใหม่มีลักษณะยืดหยุ่น หลากหลาย และเปลี่ยนแปลงได้ตามบริบทของแพลตฟอร์มและกลุ่มผู้ชม อัตลักษณ์จึงมิใช่สิ่งที่ตายตัว แต่เป็นกระบวนการที่ถูกสร้าง ต่อรอง และประกอบสร้างอย่างต่อเนื่อง[36] คนรุ่นใหม่สามารถคัดเลือกข้อมูล รูปภาพ ภาษา และเนื้อหาเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ต้องการนำเสนอ ทำให้เกิดอัตลักษณ์เชิงเลือกสรร อัตลักษณ์หลายมิติ และอัตลักษณ์ที่ผ่านการคัดสรร อย่างไรก็ตาม การนำเสนอตัวตนต่อผู้ชมหลายกลุ่มอาจทำให้เกิดความตึงเครียดระหว่างตัวตนในชีวิตประจำวันกับตัวตนออนไลน์[10,12]

ประการที่สาม วัฒนธรรมดิจิทัลทำให้วิถีชีวิตของคนรุ่นใหม่เปลี่ยนแปลงทั้งด้านการสื่อสาร การเรียนรู้ การทำงาน และการบริโภค คนรุ่นใหม่สามารถสื่อสารและเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว เรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์มออนไลน์ ทำงานในรูปแบบทางไกลหรือแบบผสมผสาน ตลอดจนซื้อสินค้าและใช้บริการผ่านแพลตฟอร์มดิจิทัล การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสะท้อนลักษณะของสังคมเครือข่าย ซึ่งข้อมูล ความรู้ และกิจกรรมทางสังคมสามารถดำเนินไปโดยไม่ถูกจำกัดด้วยเวลาและพื้นที่[1,19] แม้เทคโนโลยีจะเพิ่มความสะดวกและความยืดหยุ่น แต่ก็ทำให้เส้นแบ่งระหว่างการเรียน การทำงาน และชีวิตส่วนตัวพร่าเลือนมากขึ้น

ประการที่สี่ วัฒนธรรมดิจิทัลก่อให้เกิดทั้งโอกาสและความท้าทาย ผลกระทบเชิงบวก ได้แก่ การเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงความรู้ การแสดงออก การสร้างเครือข่าย การประกอบอาชีพ การสร้างรายได้ และการมีส่วนร่วมทางสังคมผ่านสื่อดิจิทัล[29] ส่วนผลกระทบเชิงลบ ได้แก่ ความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัล การใช้สื่อมากเกินไป ปัญหาความเป็นส่วนตัว ผลกระทบต่อสุขภาพจิต และการรับข้อมูลที่สอดคล้องกับความเชื่อเดิมจนเกิดห้องเสียงสะท้อน[16] อย่างไรก็ตาม ความเสี่ยงดังกล่าวมิได้เกิดจากอัลกอริทึมเพียงอย่างเดียว แต่ยังสัมพันธ์กับพฤติกรรมการเลือกแหล่งข้อมูลของผู้ใช้งานด้วย[14]

เอกสารอ้างอิง

1. Castells M. The rise of the network society. 2nd ed. Chichester: Wiley-Blackwell; 2010. doi:10.1002/9781444319514.
2. Kaplan AM, Haenlein M. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of social media. Bus Horiz. 2010;53(1):59-68. doi:10.1016/j.bushor.2009.09.003.
3. Kenney M, Zysman J. The rise of the platform economy. Issues Sci Technol. 2016;32(3):61-9.
4. Lehdonvirta V, Kässi O, Hjorth I, Barnard H, Graham M. The global platform economy: a new offshoring institution enabling emerging-economy microproviders. J Manage. 2019;45(2):567-99. doi:10.1177/0149206318786781.
5. Toffler A. The third wave. New York: William Morrow; 1980.
6. United Nations Conference on Trade and Development. Creative economy outlook 2022: overview. Geneva: United Nations; 2022.
7. van Dijck J, Poell T, de Waal M. The platform society: public values in a connective world. New York: Oxford University Press; 2018. doi:10.1093/oso/9780190889760.001.0001.
8. boyd d. It's complicated: the social lives of networked teens. New Haven (CT): Yale University Press; 2014.
9. Buckingham D, editor. Youth, identity, and digital media. Cambridge (MA): MIT Press; 2008. doi:10.1162/dmal.9780262524834.
10. Hogan B. The presentation of self in the age of social media: distinguishing performances and exhibitions online. Bull Sci Technol Soc. 2010;30(6):377-86. doi:10.1177/0270467610385893.
11. Marwick AE. Online identity. In: Hartley J, Burgess J, Bruns A, editors. A companion to new media dynamics. Chichester: Wiley-Blackwell; 2013. p. 355-64.
12. Marwick AE, boyd d. I tweet honestly, I tweet passionately: Twitter users, context collapse, and the imagined audience. New Media Soc. 2011;13(1):114-33. doi:10.1177/1461444810365313.
13. van Dijck J. The culture of connectivity: a critical history of social media. New York: Oxford University Press; 2013. doi:10.1093/acprof:oso/9780199970773.001.0001.
14. Bakshy E, Messing S, Adamic LA. Exposure to ideologically diverse news and opinion on Facebook. Science. 2015;348(6239):1130-2. doi:10.1126/science.aaa1160.

15. Bucher T. If...then: algorithmic power and politics. New York: Oxford University Press; 2018. doi:10.1093/oso/9780190493028.001.0001.
16. Cinelli M, De Francisci Morales G, Galeazzi A, Quattrociocchi W, Starnini M. The echo chamber effect on social media. Proc Natl Acad Sci U S A. 2021;118(9):e2023301118. doi:10.1073/pnas.2023301118.
17. Gillespie T. The relevance of algorithms. In: Gillespie T, Boczkowski PJ, Foot KA, editors. Media technologies: essays on communication, materiality, and society. Cambridge (MA): MIT Press; 2014. p. 167-94. doi:10.7551/mitpress/9780262525374.003.0009.
18. Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD digital economy outlook 2020. Paris: OECD Publishing; 2020. doi:10.1787/bb167041-en.
19. Rainie L, Wellman B. Networked: the new social operating system. Cambridge (MA): MIT Press; 2012. doi:10.7551/mitpress/8358.001.0001.
20. Turkle S. Alone together: why we expect more from technology and less from each other. New York: Basic Books; 2011.
21. World Bank. Digital progress and trends report 2023. Washington (DC): World Bank; 2024.
22. Bowen GA. Document analysis as a qualitative research method. Qual Res J. 2009;9(2):27-40. doi:10.3316/QRJ0902027.
23. Grant MJ, Booth A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. Health Info Libr J. 2009;26(2):91-108. doi:10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x.
24. Scott J. A matter of record: documentary sources in social research. Cambridge: Polity Press; 1990.
25. Snyder H. Literature review as a research methodology: an overview and guidelines. J Bus Res. 2019;104:333-9. doi:10.1016/j.jbusres.2019.07.039.
26. สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์. รายงานผลการสำรวจพฤติกรรมผู้ใช้อินเทอร์เน็ตในประเทศไทย ปี 2565. กรุงเทพฯ: กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม; 2565.
27. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2566. กรุงเทพฯ: กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม; 2566.
28. Bennett WL, Segerberg A. The logic of connective action: digital media and the personalization of contentious politics. Inf Commun Soc. 2012;15(5):739-68. doi:10.1080/1369118X.2012.670661.

29. Earl J, Kimport K. Digitally enabled social change: activism in the Internet age. Cambridge (MA): MIT Press; 2011. doi:10.7551/mitpress/9780262015103.001.0001.
30. Gere C. Digital culture. 2nd ed. London: Reaktion Books; 2008.
31. Helsper EJ, Eynon R. Digital natives: where is the evidence? Br Educ Res J. 2010;36(3):503-20. doi:10.1080/01411920902989227.
32. Jenkins H, Purushotma R, Weigel M, Clinton K, Robison AJ. Confronting the challenges of participatory culture: media education for the 21st century. Cambridge (MA): MIT Press; 2009. doi:10.7551/mitpress/8435.001.0001.
33. Miller V. Understanding digital culture. London: SAGE Publications; 2011.
34. Christensen M. Transnational media flows: some key questions and debates. Int J Commun. 2013;7:2400-18.
35. Jenkins H. Convergence culture: where old and new media collide. New York: New York University Press; 2006.
36. Hall S. Who needs “identity”? In: Hall S, du Gay P, editors. Questions of cultural identity. London: SAGE Publications; 1996. p. 1-17.
37. Goffman E. The presentation of self in everyday life. Garden City (NY): Doubleday; 1959.
38. Livingstone S. Children and the Internet: great expectations, challenging realities. Cambridge: Polity; 2009.