ISSN : 2821-9813 (Online)

ปีที่ 56 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569
Vol. 56 No.1 January - June 2026

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

บทความวิจัย

- การพัฒนาตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว เพื่อเป็นทางเลือกของ**อาหารสุขภาพ**
- **การประยุกต์ฐานข้อมูลกราฟ**เพื่อระบุวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์สำคัญในเครือข่ายส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร
- **การวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ** และสารต้านอนุมูลอิสระอาหารพื้นถิ่นเพื่อการท่องเที่ยว กรณีศึกษาชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์
- ปริมาณโซเดียมใน**อาหารปรุงสำเร็จ**ประเภทแกงถุงในตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลใน**บรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์**พร้อมรับประทานจากเมนูต้มจับฉ่าย เพื่อผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย
- **จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่**และแนวทางการประยุกต์ใช้ในอาหารฟังก์ชัน
- **การพัฒนาผลิตภัณฑ์**ไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก
- **น้ำตาลทากาโทส**และกรรมวิธีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

JFRPD (online)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
INSTITUTE OF FOOD RESEARCH AND PRODUCT DEVELOPMENT
KASETSART UNIVERSITY

ISSN: 2821-9813 (Online)

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

วัตถุประสงค์และขอบเขต

วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (JFRPD) เป็นวารสารภาษาไทยที่เผยแพร่บทความทางวิชาการด้านอาหารในสาขาเทคโนโลยีการอาหาร เคมีอาหาร เทคโนโลยีชีวภาพทางอาหารโภชนาการ และวิทยาศาสตร์การอาหารที่เกี่ยวข้อง

บทความที่เผยแพร่ต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ในสาขาที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนสามารถส่งบทความ เพื่อตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

Aim and scope

Journal of Food Research and Product Development (JFRPD) is a Thai journal that publishes food academic articles in the field of food technology, food chemistry, food biotechnology, nutrition, and relating food sciences.

The published articles must be evaluated by peer review in relating field. The authors can submit their articles for publication free of charge.

สำนักงาน

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ปณ. 1043 ปทฝ.
เกษตรศาสตร์
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10903
โทร. 0 2942 8629 ต่อ 1303 โทรสาร. 0 2561 1970

Office

Institute of Food Research and Product
Development, Kasetsart University. P.O. Box 1043,
Kasetsart,
Chatuchak, Bangkok 10903, Thailand
Tel. 662 942 8629 ext. 1303 Fax. 662 561 1970

ที่ปรึกษา

ดร.พิศมัย ศรีชาเยช	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นิพัฒน์ ลิ้มสงวน	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ประมวล ทรายทอง	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

ดร.วนิดา เทวารุทธิ์ ชิติสรรค์กุล	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองบรรณาธิการ

ดร.วนิดา ปานอุทัย	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อรวรรณ ละอองคำ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นราพร พรหมไกรวร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนศักดิ์ ล้อมทอง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี ศรีอริยนันท์	ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและกระบวนการ บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา เศวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ จันทร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา	คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พันเอกหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภมร จินดามณี	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัติพร นกแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชนีย์ ยะสุรินทร์	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติยา แววนุกูล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์พงษ์ มั่นหลำ	สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี
อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ดร.รุ้งดาว กลิ่นจะโป๊ะ	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ดร.อทิตยา ตันธรรศกุล	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ฐิตาภรณ์ ตัมพานุวัตร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นราพร พรหมไกรวร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ปิยาภัทร ไตรสนธิ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศิริพร ตันจอ	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นางกนกวรรณ ยอดอินทร์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นภัสสร เพียสุระ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายพสธร ผ่องแผ้ว	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก (Peer review)

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนศักดิ์ ล้อมทอง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี ศรีอริยนันท์	ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและกระบวนการ บัณฑิตวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา เศวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ จันทร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา	คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พันเอกหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภมร จินดามณี	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัติพร นกแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชนีย์ ยะสุรินทร์	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติยา แววนุกูล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์พงษ์ มั่นหลำ	สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี
อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ดร.รุ้งดาว กลิ่นจะโป๊ะ	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ดร.อทิตยา ตันธรรศกุล	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก

ดร.ศิริพงศ์ รักใหม่	วิทยาลัยดุสิตธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุจิตตา เรืองรัศมี	คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะนาฎ จันทร์กระจ่าง	สำนักวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
คุณชิสา วิบูลย์ชาติ	สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพิมล ชูพานิช	สาขาวิชาการบริหารสาธารณสุข การส่งเสริมสุขภาพ โภชนาการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล	ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์)
รองศาสตราจารย์ ดร.มัสลิน นาคไพจิตร	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อติกร ปัญญา	ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยส่วนผสมฟังก์ชั่นและนวัตกรรมอาหาร ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC)
ผศ. ดร.บุญทิวา นิลจันทร์	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน (Peer review)

ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ฐิตาภรณ์ ตัมพานุวัตร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นราพร พรหมไกรวร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ปิยาภัทร ไตรสนธิ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศิริพร ตันจอ	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางกนกวรรณ ยอดอินทร์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นภัสสร เพียสุระ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายพสธร ผ่องแผ้ว	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อรไท สวัสดิชัยกุล	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.งามจิตร โล่วิทูร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สุภัคชนม์ คล่องดี	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้จัดการวารสาร

นายณัฐนนท์ เนาวรัตน์	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ISSN: 2821-9813 (Online)

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

บรรณาธิการ...บอกเล่า

วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งนำเสนอบทความทางวิชาการด้านอาหารในสาขาเทคโนโลยีการอาหาร เคมีอาหาร เทคโนโลยีชีวภาพทางอาหาร โภชนาการ และวิทยาศาสตร์การอาหารที่เกี่ยวข้อง บทความที่เผยแพร่ต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ในสาขาที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนสามารถส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และผู้สนใจสามารถเข้าถึงบทความที่เผยแพร่ในวารสารผ่านทางเว็บไซต์: https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/JFRPD โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายเช่นกัน

วารสารฉบับนี้ เป็นปีที่ 56 ฉบับที่ 1 ประจำเดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2569 ซึ่งประกอบด้วยบทความเกี่ยวกับการพัฒนาและสร้างนวัตกรรมด้านอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารมูลค่าเพิ่ม โดยครอบคลุมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากวัตถุดิบท้องถิ่น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและฐานข้อมูลเพื่อสนับสนุนการวิจัยและศึกษาด้านอาหารและโภชนาการ ตลอดจนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้สูงอายุ นอกจากนี้ยังสะท้อนแนวโน้มการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน การเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตร และการส่งเสริมอุตสาหกรรมอาหารฟังก์ชันและอาหารเพื่อสุขภาพในอนาคต

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการประเมินและเสนอแนะแก้ไขจนได้บทความที่มีความสมบูรณ์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้เชิงวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์อาหารที่มีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการต่อยอดพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งงานวิจัยและการต่อยอดในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

แบบสอบถาม

ISSN: 2821-9813 (Online)

ปีที่ 56 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569
Vol. 56 No. 1 January - June 2026

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สารบัญ

บทความวิจัย

การพัฒนาตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเล *CHANOS CHANOS* นึ่งซีอิ๊ว เพื่อเป็นทางเลือกของอาหารสุขภาพ 1
Development of a standardized recipe for steamed Milkfish (*Chanos chanos*) in soya sauce as a healthy food alternative
นันธิดา แดงขาว, พชร พิริยาพร, อภิราม สินธุพาชี, และมารศรี จันสี
Nantida Dangkhaw, Phatchara Phiriyaphorn, Apiram Sinthupachee, and Marasri Junsi

การประยุกต์ฐานข้อมูลกราฟเพื่อระบุวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์สำคัญในเครือข่ายส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร 21
Application of graph database to identify key raw materials and active ingredients in dietary supplement networks
พิทักษ์ สูตรอนันต์
Pitak Sootanan

การวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระอาหารพื้นถิ่นเพื่อการท่องเที่ยว กรณีศึกษาชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ 39
Nutritional Value and Antioxidant Analysis of Ethnic Traditional Foods for Tourism: A Case Study of Ban Khok Mueang Community, Chorakhe Mak Subdistrict, Prakhon Chai District, Buriram Province
รัตนา เพ็งเพราะ, สุภาพร ปาโมกข์, และจิตตะวัน กุโบลา
Rattana Pengproh, Supaporn Pamok, and Jittawan Kubola

ปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงในตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 63
Sodium Content in Ready-to-Eat Curry Pouches Sold at Mai Phetcharoen Market, Loei Province, Thailand
ณัฐพล เมืองมัจฉา, ชนกนาถ นิลนามะ, และสุระเดช ไชยตอกเกี้ย
Nattapol Mueangmatcha, Chanoknart Ninnama, and Suradech Chaitokkia

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์พร้อมรับประทานจากเมนูต้มจับฉ่าย เพื่อผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย 77
Development of ready-to-eat gel food product from Tom Jubb Chai (Chinese vegetable stew) in retort pouch for elderly with mild dysphagia
สมฤดี ไทพาณิชย์, ณฐมล จินดาพรรณ, ชนากานต์ พ่วงเงิน, และสุสารี ประคินกิจ
Somruedee Thaiphanit, Nathamol Chindapan, Chanakan Puangngoen, and Susaree Prakhinkit

ISSN: 2821-9813 (Online)

ปีที่ 56 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2569
Vol. 56 No. 1 January - June 2026

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย

◆ **จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่และแนวทางการประยุกต์ใช้ในอาหารฟังก์ชัน** 102
Next-generation probiotics and their applications in functional foods
อรวรรณ ละอองคำ
(Orawan La-ongkham)

◆ **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก** 127
Development of coconut milk ice cream enhanced nipa palm fruit pulp
ธีรนุช ฉายศิริโชติ, พิรมาลย์ บุญธรรม, บุษราคัม สีดาเหลือง, และฉัตรชนก บุญไชย
Teeranuch Chysirichote, Piramal Buntham, Bussarakam Seedaluang, and Chutchanok Boonchai

◆ **น้ำตาลทากาโทสและกรรมวิธีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม** 144
Tagatose and its environmentally friendly production process
ณีรนุช มิละสิงห์ และปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ
Neeranuch Milasing and Pramote Khuwijitjaru

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน 156

การพัฒนาตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) นึ่งซีอิ๊วเพื่อเป็นทางเลือกของอาหารสุขภาพ

นันธิดา แดงขาว[1] พชร พิริยาพร[1] อภิราม สินธุพาชี[1] และมารศรี จันสี[1]*

[1]สาขาศิลปะการประกอบอาหาร คณะศิลปะการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: marasri.ju@dtc.ac.th

รับเมื่อ 8 มิถุนายน 2568 **แก้ไขเมื่อ** 14 สิงหาคม 2568 **ตอบรับเมื่อ** 23 มกราคม 2569

จุดเด่น

- การพัฒนาตำรับอาหารให้เป็นตำรับมาตรฐาน
- คุณลักษณะทางเคมีกายภาพของปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว
- คุณค่าโภชนาการของปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วทางด้านโปรตีนสูง พลังงานต่ำ

บทคัดย่อ

ปลานวลจันทร์ทะเลเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีโปรตีนสมบูรณ์ที่ย่อยง่ายกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่นและเพาะเลี้ยงง่าย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วและประเมินคุณค่าทางโภชนาการ โดยเก็บข้อมูลเชิงพรรณนาและพัฒนาตำรับมาตรฐานด้วยวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัส (9-Points hedonic scale และ Just About Right; JAR) วิเคราะห์ค่าความชื้น ค่าสี และวัดเนื้อสัมผัสด้วย Texture Profile Analysis (TPA) รวมทั้งประเมินคุณค่าทางโภชนาการตามกรอบฉลากโภชนาการไทย ผลการวิจัยพบว่าเนื้อปลานวลจันทร์ทะเลที่นึ่งสุกมีค่าความชื้นร้อยละ 70.86 มีค่าสี *L* a* b** เท่ากับ 76.01, 5.66 และ 7.66 ตามลำดับ ด้านเนื้อสัมผัสมีค่า hardness 74.66 N gumminess 17.73 N และ chewiness 9.12 N ตามลำดับ ในขณะที่ cohesiveness springiness และ resilience ต่ำ เท่ากับ 0.19, 0.46 และ 0.07 ตามลำดับ ตำรับที่พัฒนาได้รับคะแนนด้านลักษณะปรากฏโดยรวม กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เท่ากับ 8.7, 8.8, 8.3, 8.1, 7.7 และ 8.2 ตามลำดับ สำหรับคุณค่าโภชนาการคิดเทียบปริมาณแนะนำให้บริโภคต่อวันของไทย (Thai RDI) ขนาดรับประทาน 225 กรัม พบว่ามีพลังงานทั้งหมด 280 กิโลแคลอรี โดยมีโปรตีนสูงถึง 38 กรัม มีวิตามินบี 1

ร้อยละ 25 และมีแคลเซียมร้อยละ 15 จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วมีจุดเด่นด้านการเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง และมีพลังงานต่ำ เหมาะสมเป็นอาหารสุขภาพ โดยเฉพาะสำหรับผู้สูงวัย

คำสำคัญ: ปลานวลจันทร์ทะเล ปลานึ่งซีอิ๊ว ตำรับอาหารมาตรฐาน อาหารโปรตีนสูง อาหารสุขภาพ

Development of a standardized recipe for steamed Milkfish (*Chanos chanos*) in soya sauce as a healthy food alternative

Nantida Dangkhaw[1] Phatchara Phiriyaphorn[1] Apiram Sinthupachee[1] and Marasri Junsi[1]*

[1]Culinary Arts Program, Faculty of Culinary Arts, Dusit Thani College

*Corresponding author, e-mail: marasri.ju@dtc.ac.th

Received 8 June 2025; **Revised** 14 August 2025; **Accepted** 23 January 2026

Highlights

- Development of a standardized recipe
- Physicochemical properties of steamed Milkfish in soya sauce
- The high-protein and low-energy nutritional value of steamed milkfish in soya sauce.

Abstract

Milkfish (*Chanos chanos*) are a highly nutritious food source, containing complete proteins that are easier to digest than those found in other types of meat, and it is also easy to farm. This study aimed to develop a standardized recipe for steamed milkfish in soya sauce and to evaluate its nutritional value. Descriptive data were collected, and the standardized recipe was developed using sensory evaluation methods, including the 9-point Hedonic scale and the Just-About-Right (JAR) scale. Physicochemical properties such as moisture content, color parameters, and texture profile analysis (TPA) were measured. Nutritional values were assessed according to the Thai Nutrition Labeling standards. The results showed that the cooked steamed milkfish had a moisture content of 70.86 percent, with color values of *L**, *a**, and *b** at 76.01, 5.66, and 7.66, respectively. Texture profile analysis indicated hardness at 74.66 N, gumminess at 17.73 N, and chewiness at 9.12 N, while cohesiveness, springiness, and resilience were relatively low at 0.19, 0.46, and 0.07, respectively. The developed recipe

received sensory scores for appearance, odor, taste, flavor, texture, and overall liking at 8.7, 8.8, 8.3, 8.1, 7.7, and 8.2, respectively. The nutritional content per serving (225 grams), based on the Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI), was 280 kilocalories, with a protein content of 38 grams, 25% for vitamin B1, and 15% for calcium. These findings highlight that steamed milkfish in soya sauce is a nutritious dish with high protein and low energy, making it a suitable and healthy food option, particularly for older adults.

Keywords: Milkfish, steamed fish in soya sauce, standardized recipe, high protein food, healthy food

บทนำ

ปลานวลจันทร์ทะเล *(Chanos chanos)* เป็นปลาที่มีรสชาติดี ให้เนื้อเยอะ ได้รับการสนับสนุนให้มีการเพาะเลี้ยงเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย เนื่องจากใช้เงินทุนเลี้ยงต่ำกว่าการเลี้ยงปลาชนิดอื่นที่กินเนื้อเป็นอาหาร สามารถเจริญเติบโตรวดเร็ว ทนทานต่อโรค เลี้ยงง่าย โดยให้อาหารได้ทั้งพืชและสัตว์ เช่น ปลาอื่น ๆ ที่มีขนาดเล็กกว่า สาหร่าย ตะไคร่น้ำ แพลงก์ตอน ไรน้ำ รำข้าว ขี้แดด รวมถึงให้อาหารสำเร็จรูปได้[1-3] การเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเลจึงดีต่อระบบนิเวศ เช่น มีการเลี้ยงในบ่อที่เลิกเลี้ยงกุ้งแล้วเพื่อบำบัดน้ำเสียในบ่อกุ้งให้คืนสภาพดีก่อนเลี้ยงกุ้งรอบใหม่ การได้รับสารอาหารที่ยังคงอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่เหลือในบ่อกุ้งทำให้ปลาจะเจริญเติบโตเร็วและลดต้นทุนจากการเลี้ยงได้[2]

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 โครงการในพระราชดำริได้เริ่มถ่ายทอดองค์ความรู้โดยมีหลักสูตรฝึกอบรมเรื่องการเลี้ยงปลานวลจันทร์ทะเลสู่เกษตรกรชาวประมงให้สามารถสร้างอาชีพ สร้างรายได้ และเพิ่มมูลค่าโดยนำปลานวลจันทร์ทะเลมาใช้ประกอบอาหาร และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด เช่น ปลานวลจันทร์ทะเลถอดก้าง ปลายัดไส้ ปลาก้างนิ่ม ปลากระป๋อง ปลายอเส้น ก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา และปลาส้ม เป็นต้น[4-6] ทั้งนี้ปลานวลจันทร์ทะเลจัดเป็นอีกแหล่งวัตถุดิบเพื่อสุขภาวะด้านโภชนาการที่ดีของมนุษย์ เพราะปลาอุดมไปด้วยโปรตีนคุณภาพ (complete protein) ที่ย่อยง่ายกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น ๆ โดย Malle et al. (2019)[7] รายงานว่าปลานวลจันทร์ทะเลมีสัดส่วนโปรตีนมากถึงร้อยละ 24.18 ซึ่งพบกรดกลูตามิก (glutamic acid) ร้อยละ 1.28 ส่งเสริมให้ปลามีรสชาติอร่อย อีกทั้งมีไขมันต่ำและประกอบด้วยเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acids; MUFAs) มีสัดส่วนเป็นกรดโอเลอิก (oleic acid) สูงถึงร้อยละ 32.11 นอกจากนี้ ยังมีแร่ธาตุ (มิลลิกรัม/100 กรัม) คือ แคลเซียม (Ca) 54.92 แมกนีเซียม (Mg) 39.97 โซเดียม (Na) 61.89 และโพแทสเซียม (K) 320.01 เหล็ก (Fe) 0.03 สังกะสี (Zn) 0.08 ทองแดง (Cu) 0.04 และแมงกานีส (Mn) 0.06 และมีวิตามิน ได้แก่ วิตามินเอ 0.02 วิตามินบี 1 0.06 และวิตามินบี 12 3.81 มิลลิกรัม/100 กรัม จากข้อมูลโภชนาการดังกล่าวจึงเหมาะต่อการเป็นอาหารสุขภาพที่ดีต่อทุกเพศ ทุกวัย โดยเฉพาะผู้สูงวัย ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยจัดเป็นสังคมผู้สูงวัยอย่างสมบูรณ์[8] ดังนั้นเพื่อให้ผู้สูงวัยสามารถใช้ชีวิตได้ยืนยาวอย่างมีความสุข สำนักโภชนาการกรมอนามัย[9] แนะนำแนวทางการบริโภคอาหารเพื่อให้ได้รับสารอาหารครบถ้วน โดยใช้ธงโภชนาการร่วมกับหลักโภชนบัญญัติ 9 ประการ ซึ่งเน้นอาหารให้มีความหลากหลายในสัดส่วนและปริมาณที่เหมาะสม

เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงวัยมีภาวะโภชนาการที่ดี แข็งแรง และเพิ่มภูมิต้านทานของร่างกาย โดยหมวดหมู่ของเนื้อสัตว์หรือกลุ่มที่ให้โปรตีนเป็นหลักควรกินปลา ไข่ เนื้อสัตว์ไม่ติดมัน ถั่ว และผลิตภัณฑ์จากถั่วเป็นประจำ หากผู้สูงวัยมีปัญหาการเคี้ยวให้เพิ่มขั้นตอนการเตรียมอาหารให้มีลักษณะอ่อนนุ่ม เคี้ยวง่าย หรือเลือกอาหารที่อ่อนนุ่ม ย่อยง่าย

จากเหตุผลดังกล่าวรายการอาหารที่มีปลานวลจันทร์ทะเลเป็นวัตถุดิบจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ และตอบโจทย์ด้านโภชนาการที่ดี โดยเฉพาะสำหรับกลุ่มผู้สูงวัย งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว (steamed milkfish in soya sauce) โดยการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) จากผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (physicochemical properties) และประเมินคุณค่าทางโภชนาการของตำรับอาหารมาตรฐานที่พัฒนาได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมปลานวลจันทร์ทะเล และการประกอบอาหารเป็นปลานึ่งซีอิ๊ว

ใช้ปลานวลจันทร์ที่เลี้ยงในบ่อดินตามแนวทางของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี อายุประมาณ 7-8 เดือน น้ำหนักโดยประมาณ 500-600 กรัมต่อตัว ตัดแต่งปลาในรูปแบบ debone butterfly fillet milkfish ดังกระบวนการใน Figure 1 โดยวิธีประกอบอาหารรายการปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วมีรายละเอียดดังนี้ ส่วนของปลานึ่งซีอิ๊ว คือ

(1) ปรุงรสตัวปลาด้วยเกลือและน้ำมะนาวเล็กน้อย

(2) จัดเรียง ต้นหอมและขิงลงภาชนะก่อนวางตัวปลาส่วนหลังทับอยู่ด้านบน จากนั้นนำไปนึ่ง (ไฟกลาง) นาน 6-8 นาที แล้วเทน้ำที่ออกมาตอนนึ่งทิ้ง

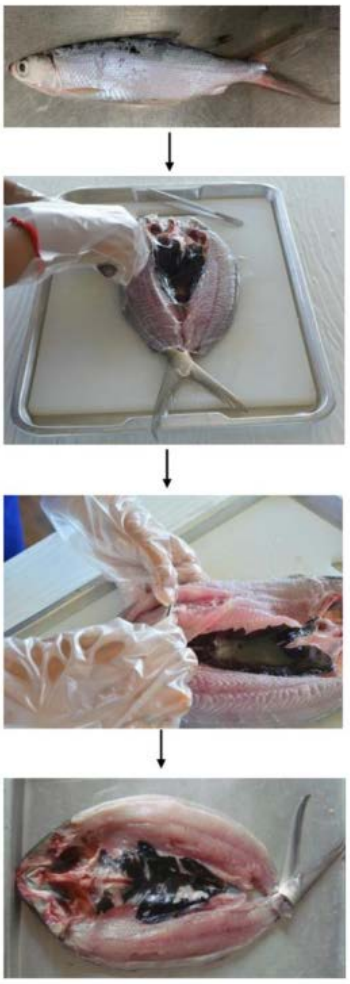
(3) ราดน้ำมันพืชที่อุ่นร้อนบนตัวปลาแล้วกำจัดน้ำมันออก ให้เหลือแค่ตัวปลา

(4) ย้ายปลานึ่งไปยังภาชนะที่ไว้เสิร์ฟแล้วราดด้วยซอสนึ่งซีอิ๊วทันที (ขณะอุณหภูมิของปลาร้อน ๆ)

(5) ตกแต่งด้วยผักที่ซอยไว้เป็นเส้นบาง ได้แก่ ใบผักชี 5 กรัม พริกชี้ฟ้าแดงที่ผ่าเม็ดออก 3 กรัม ขิงอ่อน 5 กรัม และก้านต้นหอม 5 กรัม และขั้นตอนการเตรียมส่วนของซอสนึ่งซีอิ๊วที่ใช้ราดบนปลานึ่ง คือ

(1) นำส่วนผสมทั้งหมด (สต๊อกปลา น้ำมันหอย ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำหวาน น้ำตาลทราย พริกไทยขาวป่น) ใส่หม้อซอสให้ความร้อนจนเดือด แล้วใส่แป้งมันที่ละลายน้ำไว้ จนได้ซอสที่ใส (light thicken)

(2) ใส่เหล้าจีนและน้ำมันงาในหม้อซอสที่เตรียมไว้ แล้วคนให้เข้ากัน ขั้นตอนจัดเสิร์ฟปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วใช้ปลานึ่ง 1 ตัว (330 กรัม) ต่อซอสนึ่งซีอิ๊ว 120 กรัม (อัตราส่วน 2.75:1 โดยน้ำหนัก)



Milkfish (*Chanos chanos*)
↓
Removing scales
↓
First wash
↓
Filleting steps:
1. Slicing along the backbone toward the tail.
2. Removing the guts, roe, and gills.
3. Removing the fin bones by either pulling them out or using a knife to cut and ease them out.
4. Slicing around the ribs by slipping the knife blade underneath and slicing upward, away from the backbone.
↓
Second wash
↓
Storing the fish on ice for approximately one night
↓
Removing the small pin bones (four lines)
↓
Boneless milkfish

Figure 1 Milkfish butterfly fillet deboning procedure[4]

2. การพัฒนาสูตรเพื่อใช้เป็นตำรับมาตรฐาน

2.1 การให้ข้อมูลเชิงพรรณนาเนื้อปลานวลจันทร์ทะเลรูปแบบปลาถอดก้างนึ่ง และให้นิยามคุณลักษณะที่ดีของปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว ด้านลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (taste) และเนื้อสัมผัส (texture) โดยใช้แบบสอบถามกึ่งสัมภาษณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร จำนวน 10 ท่าน (อาจารย์ที่สอนในศาสตร์การประกอบอาหารที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป และเคยเป็นเชฟที่ประกอบอาหาร

ในครัวโรงแรมขนาดใหญ่ที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป)

2.2 การพัฒนาสูตรเพื่อให้ได้รายการอาหารตามนิยามคุณลักษณะที่ดีในข้อ 2.1 ใช้วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้เชี่ยวชาญด้านอาหาร การพัฒนาสูตรในระยะแรกใช้การทดสอบฮีโดนิก 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale) สอบถามความชอบ[9] และทดสอบด้วยสเกลความพอดี (just about right; JAR) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับสูตร โดยเมื่อทดสอบชิมแล้วทำแบบทดสอบ Degree of change scale (DCS)[11] เช่น ปรับให้เพิ่มขึ้นมาก ปรับให้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย พอดี (ไม่ต้องปรับ) ปรับให้ลดลงเล็กน้อย หรือปรับให้ลดลงมาก โดยการแปลผลจากการใช้สเกลความพอดี (JAR) พิจารณาอย่างง่ายจากระดับความพอดีที่ตั้งเกณฑ์ไว้[12] หากความพอดีมีความถี่ตั้งแต่ร้อยละ 70 (cut-off point) ไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะดังกล่าว แต่หากมีค่าไม่ถึงให้พิจารณาค่าขนาดและทิศทางของความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง (net effect หรือค่า net scores) ซึ่งหาได้จากร้อยละของคำตอบที่บอกว่า “เข้มไป” ลบด้วยร้อยละของคำตอบที่บอกว่า “อ่อนไป” หากค่า net effect มีความแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 20 ยังไม่ต้องทำการปรับปรุงในคุณลักษณะนั้น ๆ[13] แต่หากมีค่าความแตกต่างมากกว่าร้อยละ 20 ให้พิจารณาปรับตามทิศทางที่มีค่ามากกว่า และการพัฒนาสูตรระยะที่ 2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design: CRD) ศึกษา 3 ระดับ โดยใช้การทดสอบฮีโดนิก 9 ระดับ สอบถามความชอบ และทดสอบด้วยสเกลความพอดี เพื่อเลือกสูตรที่มีคุณลักษณะพอดีตามคำนิยามข้อ 2.1 โดยคัดเลือกสูตรที่มีคะแนนความชอบสูงที่สุด และมีค่าความพอดีด้าน กลิ่นรสชาติ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสครบทุกด้าน มาเป็นตำรับมาตรฐานของปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว

2.3 ทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (physicochemical properties) ตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์ดังนี้ วัดค่าสี (L^* a^* b^*) โดยเครื่องวัดสี (Color Global: Model Color Quest XE, America) วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity) ตามวิธีของ AOAC (2005)[14] ด้วยเครื่องวัดวอเตอร์แอคติวิตี้ (TH-500, AW sprint novasina, Neuheinatrasse, Switzerland) วัดค่าความชื้นตามวิธีของ AOAC (2005)[14] วัดค่า pH โดยเครื่อง pH meter (FiveEasy Benchtop F20, METTLER TOLEDO, Switzerland) วัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer (Polyvisc, Visco Basic Plus, Switzerland) โดยใช้หัววัด Spindle No. 61, Speed 200 rpm วัดค่าความหวาน (°Brix) ด้วยเครื่อง Refractometer วัดค่าความเค็ม (%Salinity) ด้วยเครื่อง Salinity Meter และวัดค่าเนื้อสัมผัสแบบ Texture profile analysis (TPA) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT Plus texture analyzer (Stable Micro Systems Ltd, Godalming,

Surrey, UK) ใช้หัววัด aluminum cylinder P50, Compression 70% of the original weight, Speed 60 mm/min ขนาดชิ้นตัวอย่าง กว้าง * ยาว * สูง ที่ 3 * 3 * 1 ซ.ม. จำนวน 5 ซ้ำ

3. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสในตำรับมาตรฐาน

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินการยอมรับของผู้บริโภคด้วยฮีโดนิก 9 ระดับ (9 Points Hedonic Scale) ให้คะแนนความชอบ[10] ด้านลักษณะปรากฏ (appearance) กลิ่น (odor) รสชาติ (taste) กลิ่นรส (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และความชอบโดยรวม (overall liking) โดยผู้เชี่ยวชาญ การวิจัยนี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยรังสิต ภายใต้การรับรองเลขที่ใบรับรองจริยธรรมในมนุษย์ RSUERB2022-018 โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนเป็นผู้ที่มีอายุมากกว่า 18 ปี ซึ่งเคยรู้จักและเคยรับประทานรายการอาหารประเภทปลานวลจันทร์ทะเลหรือปลาทะเลมาก่อน รวมทั้งไม่มีประวัติการแพ้ปลา และส่วนผสมในรายการอาหาร ผู้วิจัยได้แจ้งส่วนผสม และข้อมูลที่อาจส่งผลต่อสุขภาพให้ผู้เข้าร่วมรับทราบก่อนการทดสอบ เช่น วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่จัดเป็นอาหารก่อการแพ้ได้ และผู้วิจัยจะยุติการทดสอบทันที หากผู้เข้าร่วมมีอาการเจ็บป่วยระหว่างการประเมิน หรือมีอาการแพ้อาหาร

4. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของตำรับมาตรฐานที่พัฒนาได้

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการจำนวน 15 รายการตามกรอบข้อมูลโภชนาการ เพื่อใช้แสดงเป็นฉลากโภชนาการ ได้แก่ พลังงานทั้งหมด (total calories) พลังงานจากไขมัน (calories from fat) คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (total carbohydrates include dietary fiber) โปรตีน (protein/total nitrogen) ไขมันทั้งหมด (total fat) ไขมันอิ่มตัว (saturated fat) คอเลสเตอรอล (cholesterol) ใยอาหาร (dietary fiber) น้ำตาลทั้งหมด (total sugar) วิตามินเอ (vitamin A) วิตามินบี1 (vitamin B1) วิตามินบี2 (vitamin B2) โซเดียม (sodium) แคลเซียม (calcium) และเหล็ก (iron) โดยผ่านการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร จากห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) อ้างอิงพื้นฐานตามวิธีการของ AOAC (2019)[15] สำหรับคุณค่าทางโภชนาการตามคิดเทียบปริมาณแนะนำให้บริโภคต่อวันของไทย (Thai RDI) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 445) พ.ศ. 2566 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง ฉลากโภชนาการ

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) สำหรับคะแนนความชอบของการศึกษาปริมาณซีอิ๊ว 3 ระดับ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

ทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และนำข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพเนื้อปลานวลจันทร์ทะเลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย paired sample t-test และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยโปรแกรม SPSS เวอร์ชั่น 26

ผลการทดลอง

ผลการพัฒนาสูตรเพื่อใช้เป็นตำรับมาตรฐาน

1. รายการปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วคุณลักษณะที่ดีตามคำนิยามของผู้เชี่ยวชาญดังนี้ เนื้อปลาไม่เละ น่ารับประทาน สีขาวตามธรรมชาติของปลา มีกลิ่นขิงและต้นหอมดับกลิ่นคาวปลา น้ำซอสสีน้ำตาลดำ มีกลิ่นหอมน้ำมันงา เหล้าจีน และซีอิ๊วรสชาติเค็มนำหวานตามเล็กน้อย กลมกล่อมด้วยส่วนผสมของวัตถุดิบ เนื้อสัมผัสปลาไม่แข็งหรือแห้งกระด้าง และมีข้อเสนอแนะคือ รายการปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว ปลามีรสชาติเปรี้ยวโดยธรรมชาติ แต่ต้องการมีรสหวานธรรมชาติของปลาและสูตรพื้นฐานมีรสเค็มมากไปเล็กน้อย ด้านกลิ่นรสสมุนไพรน้อยไป โดยเฉพาะกลิ่นขิงน้อยไป เนื้อสัมผัสของปลาชนิดนี้ค่อนข้างแข็งและร่วนง่าย ปลาสายพันธุ์นี้รสชาติอร่อยแต่ผู้บริโภคอาจเปรียบเทียบกับปลาสายพันธุ์อื่นที่เนื้อสัมผัสนุ่มฟูกว่า ดังนั้นจานนี้จึงต้องระวังในการเสิร์ฟ โดยไม่เตรียมปลาไว้นาน

2. จากการพัฒนาสูตรที่เหมาะสม ระยะแรกได้นำสูตรของปลานึ่งซีอิ๊วที่เชฟใช้ประกอบอาหารในภัตตาคารอาหารจีนกว่า 30 ปี โดยเปลี่ยนวัตถุดิบเป็นปลานวลจันทร์ทะเลพบว่า ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วได้รับคะแนนความชอบระดับชอบปานกลาง โดยด้านลักษณะปรากฏ (appearance) กลิ่น (odor) เนื้อสัมผัส (texture) และความชอบโดยรวม (overall liking) มีค่า 7.8, 7.4, 7.6 และ 7.2 คะแนน ตามลำดับ ในขณะที่ด้านรสชาติ (taste) และกลิ่นรส (flavor) มีค่าคะแนนความชอบเพียงชอบเล็กน้อยที่ 6.5 และ 6.4 คะแนน ดังแสดงใน Table 1 สอดคล้องกับค่าความพอดี (JAR) คุณลักษณะด้านรสชาติ (taste) กับกลิ่นรส (flavor) มีค่าความพอดีต่ำกว่าร้อยละ 70 โดยทิศทางของความแตกต่าง (net effect) แสดงที่ค่าเข้มไปเล็กน้อย (too strong) ดังแสดงใน Table 2 แนวทางในการพัฒนาต่อคือต้องปรับลดรสเค็ม ปรับลดปริมาณสมุนไพรขั้นตอนการนึ่งและเพิ่มขิงซอยขั้นตอนการเสิร์ฟ

Table 1 Liking scores for steamed milkfish in soya sauce (basic formula)

Attribute	Liking score
Appearance	7.8±0.75
Odor	7.4±0.49
Taste	6.5±0.49
Flavor	6.4±0.80
Texture	7.6±0.80
Overall liking	7.2±0.75

Note: Data are expressed as mean±sd (n=10)

Table 2 Just-about-right (JAR) scale results and development guidelines for steamed milkfish in soya sauce

Attribute	just about right scale					Net effect	Guidelines For development
	Much too light	Too light	Just about right	Too strong	Much too strong		
Appearance			**100%**				-
Odor		20%	**80%**				-
Taste			**60%**	40%		40	Reduce salt
Flavor		60%	**0%**	40%		20	Reduce ratio of Herb
Texture		20%	**80%**				-

การพัฒนาสูตรในระยะที่ 2 เมื่อศึกษาปริมาณซีอิ๊วขาว 3 ระดับ คือ 30 กรัม (F1: สูตรพื้นฐานจากระยะที่ 1) 25 กรัม (F2) และ 20 กรัม (F3) พบว่าปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วทั้ง 3 สูตร มีคะแนนความชอบโดยรวมและด้านอื่น ๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ยกเว้นรสเค็มโดยให้คะแนนความชอบสูตร F3 มากที่สุดที่ 8.3 คะแนน มากกว่าสูตร F1 แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับสูตร F2 (Table 3) และผลการทดสอบด้วยสเกลความพอดี สูตร F2 และ F3 มีค่าความพอดีมากกว่าร้อยละ 70 ทุกคุณลักษณะ (attribute) ดัง Table 4 จึงคัดเลือกรายการอาหารปลานวลจันทร์นึ่งซีอิ๊วสูตร F3 เป็นตำรับมาตรฐานเนื่องจากได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด อีกทั้งมีปริมาณซีอิ๊วขาวน้อยกว่าซึ่งจะลดปริมาณโซเดียมในสูตรอาหารได้ดีกว่า

Table 3 Liking scores for three formulations of steamed milkfish in soya sauce

Attribute	Liking score		
	F1	F2	F3
Appearance	8.6±0.72[a]	8.6±0.72 [a]	8.8±0.44 [a]
Odor	8.4±0.88 [a]	8.1±1.16 [a]	8.3±0.70 [a]
Salty	7.3±0.70 [b]	8.0±0.86 [ab]	8.3±0.86 [a]
Flavor	7.8±1.09 [a]	7.8±1.09 [a]	8.1±0.78 [a]
Texture	7.3±1.22 [a]	7.7±1.20 [a]	7.7±1.09 [a]
Overall liking	7.5±1.13 [a]	8.0±1.11 [a]	8.2±0.97 [a]

Note: F1 means 30 g of soya sauce; F2 means 25 g of soya sauce; F3 means 20 g of soya sauce. Within a row, the average values with different letters are significantly different (p<0.05). The values are expressed as mean±sd (n=10)

Table 4 Just about right (JAR) scale results for three formulations of steamed milkfish in soya sauce

Attribute	Formulas	Much too light	Too light	Just about right	Too strong	Much too strong	net effect
Appearance	F1			**100%**			
	F2			**100%**			
	F3			**100%**			
Odor	F1			**100%**	10%		
	F2			**100%**	10%		
	F3		10%	**90%**			
Salty	F1		10%	**60%**	30%		20
	F2		10%	**70%**	20%		
	F3		20%	**70%**	10%		
Flavor	F1		20%	**50%**	30%		
	F2		20%	**80%**			
	F3	10	20%	**70%**			
Texture	F1			**70%**	10%	20%	
	F2			**80%**	20%		
	F3		10%	**80%**	10%		

Note: F1, F2, and F3 means 30 g. 25 g and 20 g of soya sauce in formulas, respectively

3. การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (physicochemical properties) จากตำรับมาตรฐานที่พัฒนาได้ แยกระหว่างส่วนของเนื้อปลากับส่วนของเหลว พบว่าส่วนของเนื้อปลานึ่งซีอิ๊วมีค่าความชื้นร้อยละ 70.86 มีค่าความสว่างของสี *L** เท่ากับ 76.01 ค่าสีแดง *a** เท่ากับ 5.66 และค่าสีเหลือง *b** เท่ากับ 7.66 มี ลักษณะด้านเนื้อสัมผัสปลานวลจันทร์ทะเล ค่าที่บ่งบอกความแข็ง (hardness) เท่ากับ 74.66 N ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) และค่าการยึดติด (adhesiveness, N.sec) เท่ากับ 0.19 และ 0.03 ตามลำดับ ค่าความยืดหยุ่น (springiness) เท่ากับ 0.46 ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) และความเหนียว (chewiness) เท่ากับ 17.73 และ 9.12 ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 5 ส่วนของเหลว (น้ำซอสปลานึ่งซีอิ๊ว) มีค่าความสว่างของสี *L** เท่ากับ 23.27 ค่าสีแดง *a** เท่ากับ 1.36 และค่าสีเหลือง *b** เท่ากับ 1.68 มีค่าความหนืดเท่ากับ 13.58 cP ค่า pH เท่ากับ 4.89 ค่าความเค็ม (salinity) (%) 11.0 และค่าความหวาน (Brix) 12.8 ดังแสดงใน Table 6

Table 5 Physicochemical properties of steamed milkfish in soya sauce

Parameters	Steamed milkfish
Moisture content (%)	70.86 ± 0.65
Color	
*L**	76.01 ± 1.16
*a**	5.66 ± 0.44
*b**	7.66 ± 0.20
Texture profiles	
Hardness (N)	74.66 ± 0.76
Adhesiveness (N.sec)	0.03 ± 0.00
Cohesiveness	0.19 ± 0.01
Springiness	0.46 ± 0.01
Gumminess (N)	17.73 ± 0.49
Chewiness (N)	9.12 ± 0.81
Resilience	0.07 ± 0.01

Note: Data are expressed as mean±standard deviation
(n=5 for moisture content; n=5 for color; n=5 for texture profiles)

Table 6 Physicochemical properties of soya sauce

Parameters	Soy sauce
Color	
*L**	23.27 ± 0.05
*a**	1.36 ± 0.06
*b**	1.68 ± 0.08
Viscosity, cP	13.58 ± 0.23
pH	4.89 ± 0.05
Salinity, %	11.0 ± 0.36
°Brix	12.8 ± 0.43

Note: Data are expressed as mean ± standard deviation (n=5)

ผลการทดสอบการยอมรับในตำรับมาตรฐานรายการปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว

ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วได้คะแนนความชอบโดยรวม 8.2 คะแนน โดยได้คะแนนด้านลักษณะปรากฏโดยรวม กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส 8 คะแนนขึ้นไปซึ่งอยู่ในระดับชอบมาก ยกเว้นด้านเนื้อสัมผัสได้รับคะแนน 7.7 คะแนน อยู่ในระดับชอบปานกลาง ดังแสดงใน Table 7

Table 7 Liking scores of steamed milkfish in soya sauce

Characteristics	Liking score
Appearance	8.7 ± 0.44
Odor	8.8 ± 0.29
Taste	8.3 ± 0.86
Flavor	8.1 ± 0.78
Texture	7.7 ± 1.09
Overall liking	8.2 ± 0.97

Note: Data are expressed as mean±standard deviation (n=50)

ผลการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ตำรับมาตรฐานที่พัฒนาได้

ผลการประเมินคุณค่าทางโภชนาการมีปริมาณสารอาหารใน 100 กรัม ดังแสดงใน Table 8 พบว่าปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วให้พลังงานทั้งหมดเพียง 125.19 กิโลแคลอรี ให้โปรตีนสูงถึง 33.03 กรัม ไขมันทั้งหมด 3.67 กรัม มีวิตามินบี1 0.129 มิลลิกรัม และแคลเซียม 45.93 มิลลิกรัม มีข้อควรระวังเรื่องโซเดียมที่มีอยู่ 323.03 มิลลิกรัม และคอเลสเตอรอล 54.47 มิลลิกรัม โภชนาการของปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วตามรูปแบบของฉลากโภชนาการไทย ขนาดบรรจุรับประทาน 1 ตัว 450 กรัม (หน่วยบริโภคที่แนะนำ 2 ครั้ง คือปลาครึ่งตัวเนื้อปลา 165 กรัม รวมน้ำซอสปลานึ่งซีอิ๊ว 60 กรัม) จะมีปริมาณสารอาหารคิดเทียบปริมาณแนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) (กรอบข้อมูลโภชนาการ) ดังนี้ พลังงานทั้งหมดเพียง 280 กิโลแคลอรี ให้โปรตีนสูง 38 กรัม มีใยอาหารร้อยละ 16 มีวิตามินบี1 ร้อยละ 25 และมีแคลเซียมร้อยละ 15 แต่ข้อจำกัดที่ควรระวังเรื่องโซเดียมร้อยละ 36 และคอเลสเตอรอลร้อยละ 42 อย่างไรก็ตามจะลดปริมาณโซเดียมในมื้ออาหารได้โดยการลดการทานส่วนของน้ำซอสปลานึ่งซีอิ๊ว

Table 8 The nutrition facts of steamed milkfish in soya sauce

Nutrition Facts	100 g. of sample	
Total energy (Kcal)	125.19	
Energy from fat (Kcal)	33.03	
Total fat (g)	3.67	Serving size: 225 g. (drain wt. 165 g)
Saturated fat (g)	1.50	Serving container : 2
Cholesterol (mg)	54.47	
Protein (factor 6.25) (g)	16.67	
Total carbohydrate (g)	6.37	
Fiber (g)	1.92	
Sugars (g)	3.07	
Sodium (mg)	323.03	
Vitamin A (µg)	nd	
Vitamin B1 (mg)	0.129	
Vitamin B2 (mg)	<0.020	

Nutrition Facts	100 g. of sample
Calcium (mg)	45.93
Iron (mg)	0.45
Ash (g)	1.46
Moisture (g)	71.83

nd=not detected

วิจารณ์

ปลานวลจันทร์ทะเลเป็นปลาทะเลผิวน้ำ (pelagic fishes) ที่ระดับผิวน้ำลงไปถึงระดับกลางน้ำ ซึ่งปลากลุ่มนี้ต้องใช้ชีวิตกับคลื่นและศัตรูอื่นในทะเลจึงเคลื่อนไหวตัวหรือว่ายน้ำได้ว่องไว มีกิจกรรมสูง ส่งผลให้ในกล้ามเนื้อปลากลุ่มนี้มีเม็ดเลือด มีสารประกอบและเอนไซม์ต่าง ๆ ที่สนับสนุนให้มีการเคลื่อนไหวได้เร็ว ซึ่งเลือดและสารประกอบเหล่านั้นจะส่งผลต่อสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสของปลา[16] การทดลองนี้เมื่อได้สูตรตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว พบว่าปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งมีค่าความสว่างของสี *L** เท่ากับ 76.01 ค่าสีแดง *a** เท่ากับ 5.66 และค่าสีเหลือง *b** เท่ากับ 7.66 ซึ่งในกระบวนการประกอบอาหารที่ทำให้สุกด้วยความร้อน โปรตีนในเนื้อปลาจะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติด้วยความร้อน (thermal denaturation) สาเหตุเกิดจากความร้อนส่งผลให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ถูกทำลาย โปรตีนไมโอซิน (myosin) ในเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibril) ของปลาเกิดการคลายตัว[17] จนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการตกตะกอนทำให้เนื้อมีสีและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปแบบผันกลับไม่ได้ (irreversible) ดังนั้นเนื้อปลาจึงสูญเสียคุณสมบัติการอุ้มน้ำ และจับตัวกันเหนียวแน่นมากขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสแข็งหรือเหนียวมากขึ้น ในการทดลองนี้ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งมีค่าความชื้นร้อยละ 70.86 เมื่อเทียบกับรายงานของ Malle et al. (2019)[7] ซึ่งพบว่า ปลานวลจันทร์ (*Chanos chanos, Forskal*) (Pangkep) เนื้อปลานั้นมีปริมาณความชื้นร้อยละ 70.79 ส่วนของหนังปลาที่มีความหนาและเหนียวมีองค์ประกอบของความชื้นร้อยละ 66.03[18] สื่อถึงการประกอบอาหารประเภทนึ่งทำให้สูญเสียปริมาณน้ำในอาหารไปน้อยมาก ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของปลานวลจันทร์ทะเลที่มีมัดกล้ามเนื้อแน่น ค่อนข้างหยาบ และร่วนง่าย สอดคล้องกับค่าเนื้อสัมผัส (texture profiles) ที่วัดด้วยเครื่อง Texture analyzer แสดงค่าที่บ่งบอกความแข็ง (hardness) สูงถึง 74.66 N ค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) ความเหนียว (chewiness) ซึ่งแสดงถึงความรู้สึกขณะเคี้ยวค่อนข้างสูง คือ 17.73 N และ 9.12 N ตามลำดับ ในขณะที่ค่าการ

ยึดเกาะ (cohesiveness) ค่าความยืดหยุ่น (springiness) และความหยุ่นขณะเคี้ยว (resilience) มีค่าต่ำ คือ 0.19, 0.46 และ 0.07 ตามลำดับ คุณลักษณะปลานวลจันทร์ทะเลทางเคมีกายภาพดังที่กล่าวมาแล้วนี้ ค่าความแข็ง (hardness) และค่าความเหนียวเป็นยาง (gumminess) อาจทำให้ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยกว่าด้านอื่น สอดคล้องกับผลการให้คะแนนความชอบโดยตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วนี้เป็นที่ยอมรับซึ่งได้คะแนนความชอบโดยรวม และคะแนนด้านลักษณะปรากฏโดยรวม กลิ่น รสชาติ และกลิ่นรส ระดับชอบมาก (8 คะแนนขึ้นไป) ในขณะที่ด้านเนื้อสัมผัสได้รับคะแนนระดับชอบปานกลาง (7.7 คะแนน) แต่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการนำมาประกอบอาหารเพื่อการบริโภค เนื่องจากปลาเป็นเนื้อสัตว์ที่อ่อนนุ่มและเคี้ยวได้ง่ายถ้าเทียบกับเนื้อสัตว์อื่น อีกทั้งการนึ่งที่ใช้ความร้อนชื้นในเวลาสั้นไม่ส่งผลต่อระดับการยอมรับของผู้บริโภคต่อรายการอาหารปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊ว นอกจากนี้การที่ปลานวลจันทร์ทะเลมีผิวหนังปลาหนาและเหนียวจะช่วยพยุงรูปร่างชิ้นอาหารไม่ให้เปื่อยยุ่ยได้ง่าย เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนในหนังปลานวลจันทร์ทะเลมีสูงถึงร้อยละ 31.98[18] ซึ่งดีต่อสุขภาพมนุษย์ ด้านคุณค่าทางโภชนาการตามรูปแบบของฉลากโภชนาการจำนวน 15 รายการ ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วขนาดรับประทาน 225 กรัม ประกอบด้วยปลาครึ่งตัวเนื้อปลา 165 กรัม น้ำซอสปลานึ่งซีอิ๊ว 60 กรัม และมีผักซอยที่ใช้ตกแต่งเล็กน้อย ได้แก่ ใบผักชี พริกชี้ฟ้าแดงที่ผ่าเม็ดออก ขิงอ่อน และก้านตันหอม มีปริมาณสารอาหารคิดเทียบปริมาณแนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) ดังนี้ พลังงานทั้งหมด 280 กิโลแคลอรี ให้โปรตีน 38 กรัม มีใยอาหารร้อยละ 16 มีวิตามินบี 1 ร้อยละ 25 และมีแคลเซียมร้อยละ 15 กล่าวได้ว่ารายการอาหารจากปลานวลจันทร์ทะเลมีคุณค่าทางโภชนาการเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี มีพลังงานต่ำ โดยเฉพาะการทดลองนี้มีการเตรียมปลารูปแบบแล่และกรีดเนื้อเป็นแนวเพื่อถอดก้าง (debone butterfly fillet) ส่งเสริมให้อาหารสุกเร็วขึ้น ใช้เวลานึ่งด้วยไฟกลางเพียง 6-8 นาทีเท่านั้น จึงเป็นสัญญาณดีว่าโอกาสเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยลง โดยเฉพาะกลุ่มของวิตามินบีที่ละลายได้ในน้ำจะถูกความร้อนทำลายได้ง่าย ซึ่งการทดลองนี้พบว่า ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วมีวิตามินบี 1 ร้อยละ 25 ด้านคุณค่าทางโภชนาการที่ดีนี้สอดคล้องกับ Malle et al. (2019)[7] ที่รายงานว่าปลานวลจันทร์ทะเลเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูงโดยมีโปรตีน 22 มิลลิกรัม/100 กรัม ที่

ส่วนประกอบของกรดอะมิโนกลูตามิกและมีไขมันต่ำเพียง 3.0 มิลลิกรัม/100 กรัม โดยมีอัตราส่วนของกรดไขมันโอเลอิกสูง มีทั้งโอเมก้าสาม และโอเมก้าหก จากคุณค่าโภชนาการที่ดีนี้จะส่งเสริมให้ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วที่พัฒนาเป็นตำรับมาตรฐานได้รับความพึงพอใจจากผู้บริโภค หากนำตำรับอาหารไปต่อยอดให้เป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ควรแสดงข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนาการในรูปแบบของฉลากโภชนาการ[19] เนื่องจากฉลากโภชนาการของอาหารสามารถใช้ฉลากเป็นเครื่องมือของผู้ผลิตอาหารในการสื่อสารและโฆษณาผลิตภัณฑ์แก่ผู้บริโภค ช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และการแข่งขันทางการค้า สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบคุณภาพอาหารและให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์กับผู้บริโภค โดยเฉพาะกลุ่มคนรักสุขภาพ[20-21] โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถตอบโจทย์ผู้บริโภคกลุ่มคนรักสุขภาพ กลุ่มที่ต้องการโปรตีนสูงและย่อยได้ง่ายอย่างผู้สูงวัยได้ดี จากการศึกษาของ Tanopanuwat et al. (2023)[22] รายงานว่าผู้สูงวัยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 71.60) มีความต้องการให้ส่งเสริมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ โดยจัดให้มีแหล่งจำหน่ายอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงวัยที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย ในขณะที่ผู้ประกอบการด้านอาหารส่วนใหญ่ (ร้อยละ 84.40) ไม่มีเมนูอาหารสุขภาพสำหรับผู้สูงวัย ดังนั้นตำรับมาตรฐานปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วที่พัฒนาขึ้นนี้จึงเป็นทางเลือกรายการอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีได้

บทสรุป

ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วสูตร F3 เป็นตำรับมาตรฐาน ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวมที่ 8.2 คะแนน มีความชอบด้านลักษณะปรากฏโดยรวม กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส ระดับชอบมาก (8 คะแนนขึ้นไป) ด้านเนื้อสัมผัสได้รับคะแนนระดับชอบปานกลาง (7.7 คะแนน) ทั้งนี้ปลานวลจันทร์ทะเลนึ่งซีอิ๊วขนาดรับประทาน 225 กรัม (ปลาครึ่งตัวเนื้อปลา 165 กรัม น้ำซอสปลานึ่งซีอิ๊ว 60 กรัม) มีคุณค่าโภชนาการคิดเทียบปริมาณแนะนำให้บริโภคต่อวันของไทย (Thai RDI) ให้พลังงานทั้งหมดเพียง 280 กิโลแคลอรี ให้โปรตีน 38 กรัม มีวิตามินบี 1 ร้อยละ 25 แร่ธาตุแคลเซียมร้อยละ 15 มีข้อควรระวังเรื่องโซเดียมร้อยละ 36 และคอเลสเตอรอลร้อยละ 42 จัดเป็นรายการอาหารที่ดีต่อสุขภาพและเหมาะสมกับผู้สูงวัยที่ต้องการโปรตีนย่อยง่ายไปบำรุงร่างกาย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยดุสิตธานี และได้รับการเอื้อเฟื้อวัตถุดิบจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Freyhof J, Sparks JS, Kaymaram F, Feary D, Bishop J, Al-Husaini M, et al. *Chanos chanos* . IUCN Red List of Threatened Species e.T60324A151598011 [Internet]. 2019 [cited 2025 May 28]; 1-10. Available from: doi:10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T60324A151598011.en.
2. Wongwiwat N. The Study on Growth Rate of MilkFish *(Chanos chanos Forskal, 1775)* with Pellet Feed in the Earthen Pond. [Master of Science] Cheingmai: Maejo University; 2010.
3. Bagarinao TU. Biology of Milkfish (*Chanos chanos Forsskal*). Philippines: Aquaculturc Department Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC); 1991.
4. Dangkhaw N, Korsawaddipat P, Suksri C, Klamklomjit S, (2023). Effect of salt concentrations for fermentation process on the quality of Pla-som from Milkfish (*Chanos Chanos*). Buu Sci J. 2023;28:848-864.
5. Dangkhaw N. Development of Milkfish noodles product mixed with green caviars. TJST. 2018;26:1311-1324.
6. Kongrat W, Kongpun O. Product Development from Milkfish (*Chanos chanos, Forskal*). Fishery Technological Development Division, Department of Fisheries, Ministry of Agriculture and Cooperatives; 2015.
7. Malle S, Tawali AB, Tahir MM, Bilang M. Nutrient composition of Milkfish (*Chanos Chanos, Forskal*) from Pangkep, South Sulawesi, Indonesia. Mal J Nutr. 2019;25:155-162.
8. Khamwachiraphitak M. Food for a complete-aging society for the elderly in a new normal. J Res Innov Sci Technol. 2022; 3:43-56.
9. Ministry of Social Development and Human Security [Internet]. Bangkok; 2021. Strategy of the Department of Elderly Affairs 2017-2022 (Revised Edition No. 2/2020) [cited 2025 May 28]. Available from: https://www.dop.go.th.
10. Meilgaard MC, Civille GV, Carr BT. Sensory Evaluation Techniques (4th ed.). Florida, US: CRC Press; 2007.
11. Pokorny J, Davidek J. Application of hedonic sensory profiles for the characterization of food quality. DieNahrung. 1986;8:757-763.
12. Rothman L. The use of just-about-right (JAR) scales in food product development and reformulation. Consumer-led food product development. 1st Ed. U.S.A.: Imprint: Woodhead Publishing; 2007.
13. Rothman L, Parker MJ. Just-About-Right Scales: Design, Usage, Benefits, and Risks. ASTM Manual MNL63, ASTM International, Conshohocken, PA. 2009.
14. AOAC. Official method of analysis chemists. In W. Horwitz (Ed.), *Method 950.46 (18th ed.).* Maryland, USA.; 2005.
15. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International. In W. Horwitz (Ed.), *Method 937.09 -981.12 (21st Edition)*. Washington DC, USA.; 2019.
16. Chaijan M, Panpipat W, Benjakul S. Physicochemical properties and gel-forming ability of surimi from three species of mackerel caught in Southern Thailand. Food Chem. 2010;121:85-92.
17. Zhang Z, Pham H, Tan Y, Zhou H, McClements DJ. Investigation of protein denaturation and textural changes of atlantic salmon (*Salmo salar*) during simulated cooking. Food Biophysics. 2021;16:512-519.
18. Chansomboon C, Chankajornkul S. Production of biodegradable film from Milkfish (*Chanos Chanos, Forskal*) skin gelatin. In: Proceeding of the Annual Conference on Fisheries, 2023. Bangkok, Thailand p. 70-79.
19. Hirunyophat P, Fuengkajhornfung N, Sanphom T, Piaseu N. Development of low-calorie meal box sets from Suan Sunandha's palace cuisine. RMUTSV Res J. 2023;15: 121-132.
20. Theeasana P. Development smart label to boost revenue using augmented reality technology. J Comp & InfoTech. 2018;4:1-6.

21. Weenuttranon J. Factors Related to Health Food Consumption Behavior of Undergraduate Studentsin Rajabhat University of Bangkok Metropolis. [Master Thesis of Home Economics] Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon; 2016.
22. Tanopanuwat S, Kongnual P, Teerabavornrakul N, Laeucharone P. The development of entrepreneurial skills in healthy food for the elderly. JDRU. 2023;17:84-102.

การประยุกต์ฐานข้อมูลกราฟเพื่อระบุวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์สำคัญในเครือข่ายส่วนประกอบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

พิทักษ์ สูตรอนันต์

ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อีเมล: pitak@go.buu.ac.th

รับเมื่อ 1 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 5 สิงหาคม 2568 **ตอบรับเมื่อ** 23 มกราคม 2569

จุดเด่น

- วิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารด้วยฐานข้อมูลกราฟ
- ระบุสารสำคัญที่มีศักยภาพด้วยการวิเคราะห์ค่าชี้วัดเชิงโครงข่าย
- สนับสนุนการออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีหลายสรรพคุณได้อย่างแม่นยำและเป็นระบบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลกราฟ (graph database) ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบ (raw material; RM) และสารออกฤทธิ์ (active ingredient; AI) ที่เชื่อมโยงกับสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (health claim; HC) โดยพัฒนาฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จาก 9 เอนทิตีหลัก และแปลงเป็นเครือข่ายกราฟ (graph network) จากนั้นใช้โปรแกรม Cytoscape ร่วมกับปลั๊กอิน CytoNCA วิเคราะห์ค่าชี้วัดทางโครงสร้าง ได้แก่ degree, betweenness, closeness และ score เพื่อจัดลำดับความสำคัญของ RM และ AI ในแต่ละกลุ่ม HC ผลการวิเคราะห์พบว่าสารออกฤทธิ์บางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) โพลีฟีนอล (polyphenols) และใยอาหาร (dietary fiber) ปรากฏในหลายกลุ่ม HC สะท้อนถึงคุณสมบัติทางชีวภาพที่หลากหลาย และศักยภาพในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์แบบหลายสรรพคุณ (multi-benefit formulation) ข้อมูลจากส่วนที่ใช้ของพืช (part used; PU) และวิธีสกัด (extraction process; EX) ยังช่วยสนับสนุนการเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมกับเป้าหมายสุขภาพ แม้จะมีข้อจำกัด เช่น ความครบถ้วนของตัวอย่าง และความน่าเชื่อถือของคำเคลมจากผู้ผลิต ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าฐานข้อมูลกราฟเป็น

เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เชิงระบบ และช่วยสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอย่างแม่นยำ

คำสำคัญ: ฐานข้อมูลกราฟ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร สารออกฤทธิ์ วัตถุดิบ การวิเคราะห์เครือข่าย

Application of graph database to identify key raw materials and active ingredients in dietary supplement networks

Pitak Sootanan

Department of Biochemistry, Faculty of Science, Burapha University

E-mail: pitak@go.buu.ac.th

Received 1 July 2025; **Revised** 5 August 2025; **Accepted** 23 January 2025

Highlights

- Network analysis of raw materials and active ingredients using a graph database
- Identify high-potential compounds through network centrality analysis
- Support the precise and systematic formulation of multi-benefit dietary supplements

Abstract

This study aims to apply a graph database to analyze structural relationships between raw materials (RM) and active ingredients (AI) associated with health claims (HC) of dietary supplements. A relational database was developed based on nine core entities and converted into a graph network. Cytoscape and its CytoNCA plugin were used to evaluate key centrality measures—degree, betweenness, closeness, and overall score—to rank the importance of RM and AI within each HC group. The results showed that certain active ingredients, such as flavonoids, polyphenols, and dietary fiber, appeared across multiple HC groups, reflecting their diverse biological functions and potential for multi-benefit formulation. Additional information, including plant part used (PU) and extraction method (EX), helped support the selection of suitable raw materials aligned with specific health outcomes. Although some limitations exist, such as incomplete sample coverage and the reliability of manufacturer claims, the findings demonstrate

that graph databases are effective tools for systematic analysis. They can enhance the precision of dietary supplement development by identifying key bioactive components and their interrelations across health benefits.

Keywords: graph database, dietary supplements, active ingredients, raw materials, network analysis

บทนำ

ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มประชากรหลากหลายช่วงวัย โดยเฉพาะผู้ที่ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมสุขภาพและการป้องกันโรคเรื้อรัง[1] ปัจจัยด้านพฤติกรรมสุขภาพที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อ ได้เร่งให้ผู้บริโภคหันมาพึ่งพาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีสรรพคุณในการเสริมภูมิคุ้มกันและลดความเสี่ยงของโรค[2] อย่างไรก็ตาม แม้จะมีการนำเสนอผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งในด้านสูตรตำรับ แหล่งวัตถุดิบ และสารออกฤทธิ์ ซึ่งรวมถึงสารสกัดจากพืช สัตว์ แร่ธาตุ และสารสังเคราะห์[3] แต่ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ยังคงขึ้นกับปัจจัยหลายด้าน เช่น ชนิดและปริมาณของสารที่ใช้ ความสม่ำเสมอในการบริโภค และพื้นฐานสุขภาพของแต่ละบุคคล[2,4]

ในเชิงวิชาการ การประเมินคุณภาพและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารยังเผชิญความท้าทาย โดยเฉพาะในบริบทของข้อมูลจากคำเคลมเชิงพาณิชย์ที่อาจเกินจริง หรือขาดการตรวจสอบตามหลักวิชาการ[5] อีกทั้ง ความซับซ้อนของสูตรผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์หลากหลายชนิด อาจก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์เชิงบวกหรือเชิงลบต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของสารแต่ละชนิด[1,3,4] ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระดับโครงสร้างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในด้านการพัฒนาและการกำกับดูแลผลิตภัณฑ์อย่างมีระบบ

ฐานข้อมูลกราฟ (graph database) ได้รับความสนใจในฐานะเครื่องมือที่มีศักยภาพในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงหลายมิติ โดยใช้โหนด (nodes) และเส้นเชื่อม (edges) เป็นโครงสร้างพื้นฐานในการแทนข้อมูลและความสัมพันธ์[6,7] แนวทางดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา เช่น ชีววิทยาเชิงระบบ (systems biology)[8] การวิเคราะห์โรคในระดับโมเลกุล[9] ตลอดจนการศึกษาเชิงพฤติกรรมผู้บริโภค[10] ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพของฐานข้อมูลกราฟในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน

จากแนวโน้มดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลกราฟในการวิเคราะห์โครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสรรพคุณ (HC), วัตถุดิบ (RM) และสารออกฤทธิ์ (AI) ในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ซึ่งจัดทำขึ้นจากประกาศของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)[11,12] ข้อมูลเลขสารบบผลิตภัณฑ์สุขภาพ[13] และ

คำอธิบายสรรพคุณที่สื่อสารโดยผู้ผลิต[14] ข้อมูลทั้งหมดถูกปรับโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบของเครือข่ายกราฟ และวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Cytoscape[15]

การวิเคราะห์เชิงเครือข่ายที่ได้จะช่วยเปิดเผยโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงระบบขององค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ตลอดจนระบุองค์ประกอบสำคัญที่มีศักยภาพในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และตอบโจทย์สุขภาพแบบองค์รวมได้อย่างแม่นยำในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แหล่งข้อมูล (data gathering)

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้มาจากฐานข้อมูลการใช้ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร[11] ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบความสัมพันธ์ของประเภทข้อมูล (data types) ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร โดยกำหนด รหัสตัวแปร เพื่อใช้ในโปรแกรมดังนี้: วัตถุดิบหรือส่วนประกอบสำคัญ (RM – raw material) ชื่ออื่น (ON – other name) กลุ่มวัตถุดิบ (MG – material group) สารสำคัญ (AI – active ingredient) ส่วนที่ใช้ (PU – part used) กรรมวิธีการผลิต (EX – extraction process) เงื่อนไข (CO – condition) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ (EP – example product) และสรรพคุณของผลิตภัณฑ์ (HC – health claim) โดยข้อมูลเหล่านี้ถูกออกแบบให้มีความสัมพันธ์ในลักษณะโครงสร้างเชิงเครือข่าย (graph structure) เพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทั้งนี้ฐานข้อมูลดังกล่าว[11] ได้รวบรวมข้อมูลมาจากหลายแหล่งข้อมูล ได้แก่ ประกาศคำแนะนำการใช้ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา[12] ฐานข้อมูลเลขสารบบผลิตภัณฑ์สุขภาพ[13] การจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์เสริมอาหารตามวัตถุประสงค์ด้านสุขภาพ[14] และแหล่งข้อมูลออนไลน์อื่นที่เกี่ยวข้อง

2. การจัดการข้อมูล (data cleansing)

ก่อนการสร้างชุดข้อมูล (dataset) และนำเข้าสู่การวิเคราะห์ ได้มีการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล เช่น การลบข้อมูลซ้ำ การแก้ไขชื่อที่สะกดผิด การทำให้รูปแบบการบันทึกข้อมูลมีความสอดคล้องกัน และการแทนค่าที่ขาดหายไป ด้วยค่าที่เหมาะสมตามหลักการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ชุดข้อมูล ที่ได้มีคุณภาพเพียงพอสำหรับการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

3. การสร้างแบบจำลองข้อมูล (data modeling)

จากข้อมูลที่ผ่านการจัดการเรียบร้อยแล้ว ได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบกราฟ (graph schema) โดยใช้ประเภทข้อมูลและรหัสตัวแปรที่ได้ระบุไว้ในหัวข้อ 1. แหล่งข้อมูล เป็น โหนด (node) ของเครือข่าย และสร้าง เส้นเชื่อม (edge) สำหรับเชื่อมโยงความสัมพันธ์ตามที่ปรากฏในฐานข้อมูล ตัวอย่าง เช่น

RawMaterial_ActiveIngredient→
contains_active_ingredient
RawMaterial_PartUsed→
uses_part.Example
Product_HealthClaim→
provides_health_claim

เป็นต้น เพื่อแสดงภาพรวมความสัมพันธ์ของระบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ได้สร้าง ความสัมพันธ์เสมือน (virtual relationship) ระหว่าง HC ⟶ RM และ HC ⟶ AI เพื่อระบุความเชื่อมโยงที่ไม่ได้ปรากฏโดยตรงในฐานข้อมูลเดิม

คุณลักษณะ (attribute) ของ node และ edge เช่น ชื่อวิทยาศาสตร์ วิธีการสกัด และส่วนที่ใช้ ถูกบันทึกไว้เพื่อเพิ่มมิติในการวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บเป็นไฟล์ CSV หรือ Excel และประมวลผลเบื้องต้นด้วย Python โดยใช้ไลบรารี pandas และ NetworkX เพื่อสร้างไฟล์ node และ edge ตาม graph schema ที่ออกแบบไว้ โดยแนวทางการใช้ NetworkX อ้างอิงจากงานของ Hagberg et al.[16]

4. การสร้างเครือข่ายและการรายงานผล (network construction & data report)

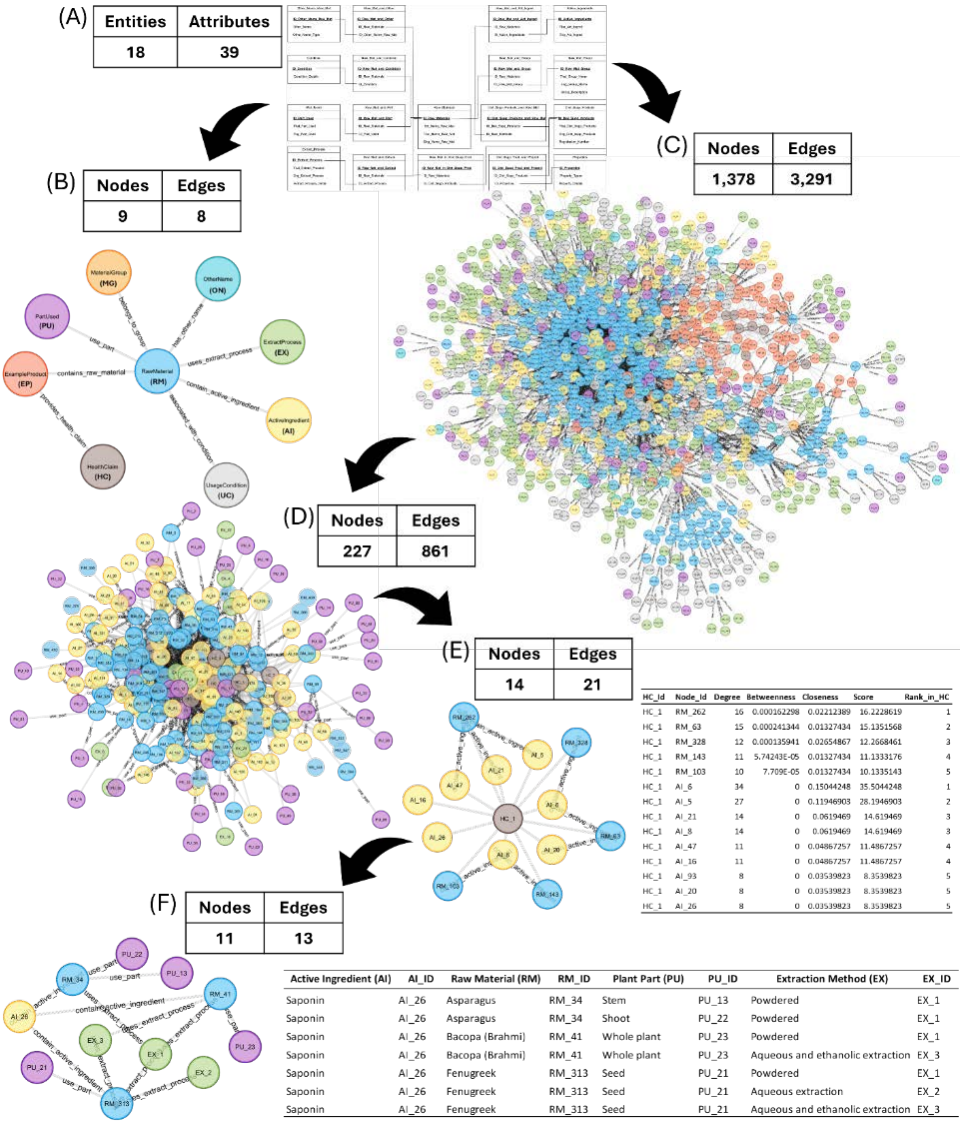
ไฟล์ node และ edge ที่ได้ถูกนำเข้าสู่โปรแกรม Cytoscape v3.10.3 เพื่อแสดงผลและวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่าย โดยทำการกำหนด mapping ของ ID, source–target และชนิดของความสัมพันธ์ (interaction) จากนั้นปรับแต่งการแสดงผล (style) (ดูรายละเอียดใน Supplementary S1) ให้ node แต่ละประเภทมีสีแตกต่างกันตามความหมายของข้อมูล (ดูรายละเอียดใน Supplementary S2) ขนาดของ node ในทุกเครือข่ายถูกกำหนดให้เท่ากันทั้งหมด จึงไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ ส่วน edge ทั้งหมดเป็นแบบ indirect ซึ่งไม่ได้ระบุค่าระดับความสัมพันธ์ และใช้ layout algorithm เช่น Prefuse Force Directed หรือ Organic Layout เพื่อจัดระเบียบเครือข่ายให้อ่านง่ายและไม่ซ้อนทับกัน[15]

การวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายใช้ Network Analyzer และปลั๊กอิน CytoNCA[17] เพื่อคำนวณค่า degree, betweenness และ closeness centrality แล้วนำมาสร้างคะแนนรวม (score = degree + (10

× betweenness) + (10 × closeness)) ผลลัพธ์ถูก cross-validate กับการวิเคราะห์ใน NetworkX เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเส้นทางสำคัญ (เช่น HC ⟶ RM ⟶ AI) และความสมเหตุสมผลของโครงสร้าง[16]

ผลการทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร สรรพคุณทางสุขภาพ (health claim – HC) วัตถุดิบ (raw material – RM) และสารออกฤทธิ์ (active ingredient - AI) ได้มีการออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) โดยใช้แผนภาพ ER (entity-relationship diagram) เพื่อกำหนดโครงสร้างข้อมูล ประกอบด้วย 9 ตารางหลัก ได้แก่ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (EP) สรรพคุณ (HC) วัตถุดิบ (RM) สารออกฤทธิ์ (AI) ส่วนที่ใช้ของพืช (PU) กระบวนการสกัด (EX) ชื่ออื่น (ON) กลุ่มวัตถุดิบ (MG) และประเภทการใช้งาน (UC) (Figure 1A)[11] จากนั้นได้แปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ไปเป็นฐานข้อมูลกราฟ (graph database) โดยแต่ละเอนทิตีทำหน้าที่เป็นโหนด (node) และความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีเป็นเส้นเชื่อม (edge) ตามโครงสร้างความสัมพันธ์เดิม (Figure 1B) เพื่อแสดงภาพรวมความสัมพันธ์ของระบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Figure 1C) และเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ได้สร้างความสัมพันธ์เสมือน (virtual relationship) ระหว่าง HC ⟶ RM และ HC ⟶ AI เพื่อระบุความเชื่อมโยงที่ไม่แสดงตรงในฐานข้อมูลเดิม (Figure 1D) เพื่อแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน ได้สร้างเครือข่ายย่อยของกลุ่ม HC ด้านการบำรุงสมองและความจำ โดยเลือก RM และ AI ที่มีค่า degree สูงสุด 5 อันดับ (Figure 1E) และแสดงเครือข่ายของ AI_26 (saponin) ที่เชื่อมโยงกับ RM, PU และ EX ที่เกี่ยวข้อง (Figure 1F)



HC_Id	Node_Id	Degree	Betweenness	Closeness	Score	Rank_in_HC
HC_1	RM_262	16	0.000162298	0.02212389	16.2228619	1
HC_1	RM_63	15	0.000241344	0.01327434	15.1351568	2
HC_1	RM_328	12	0.000135941	0.02654867	12.2668461	3
HC_1	RM_143	11	5.74243E-05	0.01327434	11.1333176	4
HC_1	RM_103	10	7.709E-05	0.01327434	10.1335143	5
HC_1	AI_6	34	0	0.15044248	35.5044248	1
HC_1	AI_5	27	0	0.11946903	28.1946903	2
HC_1	AI_21	14	0	0.0619469	14.619469	3
HC_1	AI_8	14	0	0.0619469	14.619469	3
HC_1	AI_47	11	0	0.04867257	11.4867257	4
HC_1	AI_16	11	0	0.04867257	11.4867257	4
HC_1	AI_93	8	0	0.03539823	8.3539823	5
HC_1	AI_20	8	0	0.03539823	8.3539823	5
HC_1	AI_26	8	0	0.03539823	8.3539823	5

Active Ingredient (AI)	AI_ID	Raw Material (RM)	RM_ID	Plant Part (PU)	PU_ID	Extraction Method (EX)	EX_ID
Saponin	AI_26	Asparagus	RM_34	Stem	PU_13	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Asparagus	RM_34	Shoot	PU_22	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Bacopa (Brahmi)	RM_41	Whole plant	PU_23	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Bacopa (Brahmi)	RM_41	Whole plant	PU_23	Aqueous and ethanolic extraction	EX_3
Saponin	AI_26	Fenugreek	RM_313	Seed	PU_21	Powdered	EX_1
Saponin	AI_26	Fenugreek	RM_313	Seed	PU_21	Aqueous extraction	EX_2
Saponin	AI_26	Fenugreek	RM_313	Seed	PU_21	Aqueous and ethanolic extraction	EX_3

Figure 1 Transformation from relational schema to graph-based network. (A) Entity-Relationship (ER) diagram representing the relational structure of dietary supplement data. (B) Graph schema illustrating node and edge types after data conversion. (C) Complete graph network displaying all nodes and relationships. (D) Subnetwork incorporating inferred relationships between health claims (HC), raw materials (RM), and active ingredients (AI). (E) Subgraph showing the top five RM and AI nodes most strongly associated with HC 1 (supporting brain and memory). (F) Subnetwork centered on AI 26 (saponin), showing linked RM, PU, and EX nodes relevant to memory-related formulations

การวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายด้วยโปรแกรม Cytoscape ร่วมกับปลั๊กอิน CytoNCA ทำให้สามารถประเมินความสำคัญเชิงโครงสร้างของโหนด RM และ AI ได้ โดยใช้ค่าชี้วัด degree, betweenness, closeness และ score ซึ่งแสดงใน Table 1 โดยรวบรวม RM และ AI ที่มีค่า score สูงสุดในแต่ละกลุ่ม HC (รวม 9 กลุ่ม) จากผลิตภัณฑ์ 100 รายการ พบว่าวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์บางรายการปรากฏในหลายกลุ่ม HC อย่างสม่ำเสมอ สะท้อนถึงฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย (multi-functional bioactivity) และศักยภาพในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ การใช้ค่าชี้วัดโครงสร้างร่วมกันช่วยจัดลำดับความสำคัญของวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 1 Degree, betweenness, closeness, and score of the top 5 RM and AI nodes for each of 9 health claims based on 100 dietary supplement products

HC_Id	HC_Label	Node_Type	Node_Id	Node_Label	Degree	Betweenness	Closeness	Score	Rank_in_HC
HC_1	Support brain function and enhance memory	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_63	Green tea White tea	15	0.000241	0.013274	15.135157	2
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	3
			RM_143	Reishi mushroom	11	0.000057	0.013274	11.133318	4
			RM_103	Cordyceps	10	0.000077	0.013274	10.133514	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	3
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	3
			AI_47	Ascorbic acid	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_93	Anthocyanidins	8	0.000000	0.035398	8.353982	5
			AI_20	Polyphenols	8	0.000000	0.035398	8.353982	5
			AI_26	Saponins	8	0.000000	0.035398	8.353982	5
HC_2	Support women's health and beauty	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	2
			RM_318	cranberry	13	0.000021	0.013274	13.132953	3
			RM_323	Grape	13	0.000136	0.008850	13.089854	4
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_3	Support overall/basic health	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	2
			RM_318	cranberry	13	0.000021	0.013274	13.132953	3
			RM_317	Blueberry	11	0.000019	0.013274	11.132933	4
			RM_319	Bilberry	11	0.000019	0.013274	11.132933	4
			RM_240	Indian gooseberry	11	0.000035	0.008850	11.088841	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_4	Support digestive health	RawMaterial	RM_63	Green tea White tea	15	0.000241	0.013274	15.135157	1
			RM_314	Wheat	14	0.000163	0.008850	14.090126	2
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	3
			RM_115	Pumpkin	13	0.000163	0.013274	13.134371	4
			RM_318	cranberry	13	0.000021	0.013274	13.132953	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_5	Support eye health	RawMaterial	RM_314	Wheat	14	0.000163	0.008850	14.090126	1
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	2
			RM_115	Pumpkin	13	0.000163	0.013274	13.134371	3
			RM_56	Broccoli	13	0.000021	0.008850	13.088709	4
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5

Table 1 (continued)

HC_Id	HC_Label	Node_Type	Node_Id	Node_Label	Degree	Betweenness	Closeness	Score	Rank_in_HC
HC_6	Support bone and joint health	RawMaterial	RM_200	Peppermint	10	0.000157	0.022124	10.222806	1
			RM_342	Collagen	9	0.000393	0.022124	9.225172	2
			RM_374	Fish oil	8	0.000079	0.017699	8.177778	3
			RM_93	Orange sweet	8	0.000079	0.008850	8.089283	4
			RM_311	White jelly mushroom	6	0.000048	0.008850	6.088977	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	3
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_174	Eicosapentaenoic acid (EPA)	5	0.000000	0.022124	5.221239	5
			AI_175	docosahexaenoic acid (DHA)	5	0.000000	0.022124	5.221239	5
HC_7	Support heart health	RawMaterial	RM_323	Grape	13	0.000136	0.008850	13.089854	1
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	2
			RM_200	Peppermint	10	0.000157	0.022124	10.222806	3
			RM_12	Garlic	10	0.000090	0.008850	10.089391	4
			RM_342	Collagen	9	0.000393	0.022124	9.225172	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	3
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	4
			AI_172	Gingerols	7	0.000000	0.030973	7.309735	5
HC_8	Strengthen the immune system	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_328	Ginger	12	0.000136	0.026549	12.266846	2
			RM_143	Reishi mushroom	11	0.000057	0.013274	11.133318	3
			RM_240	Indian gooseberry	11	0.000035	0.008850	11.088841	4
			RM_200	Peppermint	10	0.000157	0.022124	10.222806	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_8	Polysaccharides	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_111	Proanthocyanidins	12	0.000000	0.053097	12.530973	5
HC_9	Assist in weight gain or weight management	RawMaterial	RM_262	Pomegranate	16	0.000162	0.022124	16.222862	1
			RM_63	Green tea White tea	15	0.000241	0.013274	15.135157	2
			RM_142	Strawberry	13	0.000059	0.022124	13.221826	3
			RM_115	Pumpkin	13	0.000163	0.013274	13.134371	4
			RM_30	Spirulina	10	0.000085	0.017699	10.177839	5
		ActiveIngredient	AI_6	Flavonoids	34	0.000000	0.150442	35.504425	1
			AI_5	Phenolic compounds	27	0.000000	0.119469	28.194690	2
			AI_1	Dietary fiber	17	0.000000	0.075221	17.752212	3
			AI_21	Anthocyanins	14	0.000000	0.061947	14.619469	4
			AI_47	Ascorbic acid	11	0.000000	0.048673	11.486726	5
			AI_24	Protein	11	0.000000	0.048673	11.486726	5
			AI_16	Fatty acids	11	0.000000	0.048673	11.486726	5

เพื่อเสริมการประเมิน ได้รวบรวมข้อมูล PU และ EX ที่เกี่ยวข้องกับ RM และ AI ที่มี score สูงสุดในแต่ละกลุ่ม HC (Table 2) พบว่าสารสำคัญ เช่น flavonoids, anthocyanins, phenolic compounds และ dietary fiber มักได้จากพืชหลายชนิด เช่น ผลไม้ ผัก สมุนไพร เห็ด และพืชน้ำ โดยใช้ส่วนต่าง ๆ เช่น ผล ใบ ราก ลำต้น และเมล็ด ผ่านกระบวนการสกัดหลายรูปแบบ ได้แก่ การบดแห้ง การสกัดด้วยน้ำ การสกัดด้วยน้ำและเอทานอล การสกัดเย็น และการแปรรูป โดยเฉพาะในกลุ่มน้ำมันปลา (เช่น DHA และ EPA) ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับ PU และ EX เหล่านี้ช่วยเสริมแนวทางการเลือกวัตถุดิบและวิธีสกัดให้สอดคล้องกับเป้าหมายด้านสุขภาพ และส่งเสริมการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความแม่นยำตามคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น

วิจารณ์

การวิเคราะห์โครงสร้างเครือข่ายของวัตถุดิบ (raw material – RM) และสารออกฤทธิ์ (active ingredient – AI) ที่เชื่อมโยงกับสรรพคุณของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (health claim - HC) (Table 1) พบว่าวัตถุดิบและสารสำคัญหลายชนิดปรากฏในหลายกลุ่ม HC สะท้อนถึงบทบาททางชีวภาพที่หลากหลายและครอบคลุม ตัวอย่างเช่น ทับทิม (*Punica granatum*) ซึ่งพบในหลายกลุ่ม HC เช่น บำรุงสมอง เสริมความจำ เสริมภูมิคุ้มกัน และบำรุงหัวใจ มีค่า score สูงสุดในกลุ่ม RM (16.22) และชาเขียว/ชาขาว (*Camellia sinensis*) ขิง (*Zingiber officinale*) และ เห็ดหลินจือ (*Ganoderma-lucidum*) ก็เป็น RM ที่ปรากฏในหลายสรรพคุณเช่นกัน ส่วนในกลุ่ม AI พบว่า ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) มีค่า score สูงสุด (35.50) ตามด้วย สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) โพลีฟีนอล (polyphenols) และใยอาหาร (dietary fiber) ซึ่งมีคุณสมบัติสำคัญ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และช่วยปรับสมดุลระบบภายในร่างกาย ข้อมูลเชิงโครงสร้างร่วมกับค่า score เหล่านี้ จึงเป็นหลักฐานเชิงปริมาณที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเลือกวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์หลักในการออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์อย่างมีเหตุผลและแม่นยำ

จากค่าชี้วัดเชิงโครงสร้าง (centrality measures) พบว่าโหนดที่มีค่า degree, betweenness และ score สูง มักเป็นโหนดที่เกี่ยวข้องกับสรรพคุณมากกว่าหนึ่งประเภท ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลจากวรรณกรรมที่สนับสนุนคุณสมบัติของสารสำคัญดังกล่าวในการป้องกันโรคเรื้อรัง และส่งเสริมสุขภาพแบบองค์รวม เช่น ฟลาโวนอยด์และโพลีฟีนอลจากทับทิมและชาเขียว มีบทบาทในการปกป้องเซลล์ประสาท ลดความเสื่อมของระบบประสาทส่วนกลาง[18,19] ขิงและเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิต และกระตุ้นการสร้างสารสื่อประสาท[20,21] ส่วนในกลุ่มสรรพคุณที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพผู้หญิงและความงาม พบว่าวัตถุดิบของกลุ่มเบอร์รี เช่น สตรอว์เบอร์รี แครนเบอร์รี และทับทิมมีศักยภาพสูงในการเสริมสร้างคอลลาเจนและชะลอการเกิดริ้วรอย[22,23] สำหรับสุขภาพทางเดินอาหารและสุขภาพพื้นฐาน สารสำคัญจากฟักทอง ข้าวสาลี และชาเขียว มีบทบาทในการช่วยปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ และลดการอักเสบในระบบทางเดินอาหาร[24] ขณะที่การบริโภค ลูทีนจากฟักทองและบล็อกโคลี ช่วยปกป้องจอประสาทตา[25] และคอลลาเจนเปปไทด์รวมถึงโอเมก้า-3 จากน้ำมันปลาช่วยบำรุงข้อต่อและกระดูก[26]

นอกจากนี้ พบการซ้อนทับของ RM และ AI ในหลายกลุ่ม HC โดยเฉพาะกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับ

ระบบประสาท หัวใจ การเผาผลาญ และภูมิคุ้มกัน ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ร่วม เช่น ฟลาโวนอยด์ และโพลีฟีนอล ที่มีฤทธิ์หลากหลาย เช่น ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ[27,28] ความเชื่อมโยงนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกวัตถุดิบเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีเหตุผล ตัวอย่างเช่น หากต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดูแลหัวใจและระบบประสาทไปพร้อมกัน ข้อมูลจากกราฟชี้ให้เห็นว่าฟลาโวนอยด์ปรากฏร่วมกันในทั้งสองกลุ่ม HC จึงเหมาะสำหรับการใช้เป็นสารออกฤทธิ์หลัก หรือหากมุ่งพัฒนาสูตรเสริมภูมิคุ้มกันและควบคุมการอักเสบ โพลีฟีนอลก็เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจ วิธีการนี้ช่วยให้การวางแผนสูตรผลิตภัณฑ์แบบหลายสรรพคุณ (multi-benefit formulation) มีความแม่นยำและมีศักยภาพต่อยอดสู่การศึกษาทางคลินิกได้ในอนาคต

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง RM, AI, ส่วนที่ใช้ของพืช (part used – PU) และกระบวนการสกัด (extraction process – EX) (Table 2) พบว่า RM ที่มี centrality สูง เช่น ทับทิม ชาเขียว ขิง เห็ดหลินจือ และมากีเบอร์รี มีความเชื่อมโยงกับสารออกฤทธิ์หลัก เช่น ฟลาโวนอยด์ แอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และกรดแอสคอร์บิก โดยเฉพาะฟลาโวนอยด์ ซึ่งพบใน RM หลากชนิด เช่น ทับทิม ชาเขียว และขึ้นฉ่าย ซึ่งใช้ส่วนของเมล็ด ใบ หรือยอดอ่อน สกัดด้วยน้ำหรือเอทานอล ซึ่งมีประสิทธิภาพในการคงฤทธิ์ทางชีวภาพ[19,29] สำหรับ แอนโทไซยานิน ซึ่งพบในสตรอว์เบอร์รี ทับทิม และมากีเบอร์รี นิยมใช้เนื้อหุ้มเมล็ดหรือผลทั้งผลร่วมกับการสกัดด้วยน้ำ[30] ส่วนกรดแอสคอร์บิกในกะหล่ำปลีและบล็อกโคลีมักพบในใบและต้นอ่อน โดยการบดผงหรือสกัดด้วยน้ำช่วยคงสารสำคัญได้ดี[31] ความสัมพันธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าฐานข้อมูลกราฟสามารถสนับสนุนการเลือก RM, PU และ EX ให้เหมาะกับเป้าหมายสุขภาพ และเป็นฐานข้อมูลสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 2 Part used and extraction process of top 5 active ingredients and raw materials

Active Ingredients (AI)	Raw Materials (RM)	Plant Parts Used (PU)	Extraction Methods (EX)
Anthocyanidins	Blueberry, Bilberry, Elderberry	Fruit	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Anthocyanins	Pomegranate, Blueberry, Bilberry, Maqui berry, Strawberry, Elderberry, Cranberry	Fruit, Aril, Seed	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Ascorbic acid	Cabbage, Pomegranate, Broccoli, Strawberry	Flower, Fruit, Stem, Aril, Seed, Leaf	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Dietary fiber	Okra, Wheat, Broccoli, Beetroot, Pumpkin, Tamarind, Bael, Fenugreek, Asparagus, Psyllium, Shiitake	Germ, Flower, Mushroom cap, Fruit, Root, Stem, Shoot, Flesh, Ripe flesh, Seed, Seed (no peel), Seed coat, Leaf, Young leaf	Powdered, Pressed (Oil), Pressed (Seed oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract
Docosahexaenoic acid (DHA)	Fish oil		Processed
Eicosapentaenoic acid (EPA)	Fish oil		Processed
Fatty acids	Wheat, Fish oil, Pumpkin, Grape	Germ, Fruit, Flesh, Peel, Seed, Seed (no peel), Young leaf	Powdered, Pressed (Oil), Pressed (Seed oil), Processed, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Flavonoid	Fingerroot, Black ginger, Cabbage, Holy basil, Ginger, Celery, Kale, Green tea, White tea, Lemongrass, Blueberry, Broccoli, Bilberry, Indian gooseberry, Maqui berry,	Flower, Flower bud, Fruit, Shoot, Root, Stem, Flesh (no seed), Peel, Seed, Rhizome, Leaf	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract, Ethyl acetate Extract
Gingerol	Ginger	Rhizome	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract
Phenolic compounds	Cabbage, Holy basil, Celery, Kale, Lemongrass, Pomegranate, Broccoli, Pumpkin, Indian gooseberry, Bael, Lychee, Fenugreek, Pine, Cinnamon, Horsetail, Peppermint, Carrot, Basil	Flower, Fruit, Stem, Flesh, Ripe flesh, Aril, Peel, Seed, Leaf	Powdered, Pressed (Seed oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract
Polyphenol	Green tea, White tea, Lychee, Cinnamon	Flower bud, Shoot, Aril, Peel, Leaf	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract
Polysaccharide	Wheat, Cordyceps, Beetroot, Aloe vera, Lingzhi, Shiitake, White fungus, Maitake	Germ, Mushroom cap, Root, Leaf gel, Seed (no peel), Young leaf, Mycelium	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract
Proanthocyanidins	Blueberry, Bilberry, Pine, Maritime pine, Grape, Cranberry	Fruit, Peel, Seed	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract, Ethanol Extract, Ethyl acetate Extract
Protein	Wheat, Chlorella, Spirulina, Shiitake, Maitake, Water mimosa	Germ, Mushroom cap, Algae, Seed (no peel), Leaf, Young leaf	Powdered, Pressed (Oil), Water Extract, Water + Ethanol Extract
Saponin	Brahmi, Fenugreek, Asparagus	Whole plant, Stem, Shoot, Seed	Powdered, Water Extract, Water + Ethanol Extract

โดยสรุป การวิเคราะห์เชิงโครงสร้างจากฐานข้อมูลกราฟในครั้งนี้ ไม่เพียงเผยให้เห็นความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลแบบตาราง แต่ยังชี้แนวทางใหม่ในการเลือกใช้วัตถุดิบ สารออกฤทธิ์ส่วนที่ใช้ และวิธีการสกัดอย่างมีเหตุผล ข้อมูลเชิงโครงสร้างและค่าชี้วัดเชิงปริมาณช่วยสนับสนุนการคัดเลือกวัตถุดิบหลักที่มีบทบาทในหลายกลุ่ม HC เช่น ทับทิม และฟลาโวนอยด์ เพื่อนำมาพัฒนาสูตรหลายสรรพคุณ ที่ตอบโจทย์สุขภาพแบบองค์รวม ลดความซ้ำซ้อนในการพัฒนาสูตร และเพิ่ม

ศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมสุขภาพได้ในระยะยาว

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ในครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาเพื่อการตีความผลลัพธ์และการวางแผนวิจัยในอนาคต ข้อมูลที่ใช้สร้างเครือข่ายมาจากผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร 100 รายการ โดยอ้างอิงจากข้อความเคลมของผู้ผลิต ซึ่งอาจคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริงหรือมาตรฐานทางกฎหมาย อีกทั้ง รายการวัตถุดิบยังไม่ครอบคลุมทั้งหมดตามบัญชีของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)[11,12] ส่งผลให้ความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุดิบ (RM) กับองค์ประกอบอื่น เช่น ชื่ออื่น (ON) ส่วนที่ใช้ (PU) วิธีสกัด (EX) สารออกฤทธิ์ (AI) และประเภทการใช้งาน (UC) อาจไม่สมบูรณ์ และกระทบต่อค่าชี้วัดโครงสร้าง (centrality) นอกจากนี้ การแปลงข้อมูลจากฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นฐานข้อมูลกราฟอาจทำให้ข้อมูลบางส่วนหายไป หากไม่มีรายการวัตถุดิบหรือความสัมพันธ์ปรากฏในตัวอย่าง ส่งผลต่อความครบถ้วนของโครงสร้างเครือข่าย และอาจทำให้โหนดหรือเส้นเชื่อมสำคัญบางรายการไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ ดังนั้น ในการพัฒนาเครือข่ายในอนาคต ควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างผลิตภัณฑ์ให้ครอบคลุมมากขึ้น และนำข้อมูลจากแหล่งทางการ เช่น ประกาศ อย. มาใช้เป็นฐานข้อมูลต้นทาง เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความครบถ้วนของโครงสร้าง นอกจากนี้ ควรพิจารณาให้ค่าน้ำหนักกับเส้นเชื่อม (edge) ตามระดับหลักฐาน (evidence-based weighting) เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำ และสะท้อนโครงสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

บทสรุป

การพัฒนาฐานข้อมูลกราฟจากข้อมูลเชิงสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร ช่วยเปิดเผยความเชื่อมโยงเชิงโครงสร้างระหว่างสรรพคุณ (HC) วัตถุดิบ (RM) และสารออกฤทธิ์ (AI) ได้อย่างเป็นระบบ การแปลงข้อมูลเป็นเครือข่ายกราฟร่วมกับการวิเคราะห์ด้วยค่าชี้วัดโครงสร้าง (degree, betweenness, closeness และ score) ช่วยจัดลำดับความสำคัญขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสรรพคุณแต่ละประเภท ผลการวิเคราะห์พบว่าวัตถุดิบและสารออกฤทธิ์บางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล และใยอาหาร มีบทบาทหลากหลายและปรากฏในหลายกลุ่มสรรพคุณ โดยได้จากพืชหลายชนิดผ่านส่วนที่ใช้และกระบวนการสกัดที่หลากหลาย ข้อมูลเหล่านี้สามารถสนับสนุนการออกแบบสูตรผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความแม่นยำและตอบโจทย์สุขภาพแบบหลายมิติ นอกจากนี้ การสร้างความสัมพันธ์เสมือนในเครือข่ายกราฟช่วยเชื่อมโยงข้อมูลที่ไม่ปรากฏโดยตรงใน

โครงสร้างเดิม เพิ่มมิติการวิเคราะห์และเสริมศักยภาพในการออกแบบผลิตภัณฑ์เชิงนวัตกรรม ทั้งด้านประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความครบถ้วนขององค์ความรู้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมภายใต้โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ประจำปี 2567 โดยได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา สัญญาเลขที่ อพ.สธ.02/2567 ทั้งนี้ มีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (AI) โดยเฉพาะ ChatGPT เพื่อช่วยในการเขียนและตรวจทานเนื้อหา

เอกสารอ้างอิง

1. Pattarabovornwut K, Phonngam P. Dietary supplements for health. J MCU Nakhondhat. 2023;10(10):244–252. Available from: https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/273022.
2. Wierzejska RE. Dietary Supplements—For whom? The current state of knowledge about the health effects of selected supplement use. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(17):8897. doi:10.3390/ijerph18178897.
3. Abubakar AA, Singh K, Abdurrahman MI, Tsoho AU. A review on dietary supplements: health benefits, market trends, and challenges. Int J Sci Dev Res. 2020;5(11):26–35. Available from: https://ijsdr.org/papers/IJSDR2011007.pdf.
4. Coates PM, Bailey RL, Blumberg JB, El-Sohemy A, Floyd E, Goldenberg JZ, et al. The evolution of science and regulation of dietary supplements: past, present, and future. J Nutr. 2024;154(8):2335–2345. doi:10.1016/j.tjnut.2024.06.017.
5. Kungsung APT. Consumer protection from online dietary supplement advertising and sales. Public Health Policy and Laws Journal. 2023;9(1):97–107. Available from: https://so05.tci-thaijo.org/index.php/journal_law/article/view/262433.
6. Romsaayhud W. Neo4j: A graph database for analysis. Bangkok: SE-EDUCATION Public Company Limited; 2020. 206 p. ISBN: 978-616-08-3907-0.
7. Đukić M, Pantelić O, Pajić Simović A, Krstović S, Jejić O. A systematic approach for converting relational to graph databases. IPSI Trans Internet Res. 2024;20(1):17–28. doi:10.58245/ipsi.tir.2401.03.
8. Mazein I, Rougny A, Mazein A, Henkel R, Gütebier L, Michaelis L, et al. Graph databases in systems biology: a systematic review. Brief Bioinform. 2024;25(6):bbae561. doi:10.1093/bib/bbae561.
9. Zagare A, Balaur I, Rougny A, Saraiva C, Gobin M, Monzel AS, et al. Deciphering shared molecular dysregulation across Parkinson's disease variants using a multi-modal network-based data integration and analysis. NPJ Parkinsons Dis. 2025;11:63. doi:10.1038/s41531-025-00914-3.
10. Sriphromting N, Luenam P. Identifying movies influencers using social network analysis. J Appl Stat Inf Technol. 2019;4(1):49–64. Available from: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/asit-journal/article/view/173022.

11. Sootanan P, Petchlert C. Database of key ingredients used in dietary supplements [Internet]. 2025 [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://nutrasource.rspgburapha.com/.
12. Thai Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. Notification of the Thai Food and Drug Administration: Guidelines on the use of key ingredients in dietary supplements [Internet]. 2024 Jul 9 [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://food.fda.moph.go.th/.
13. Thai Food and Drug Administration, Ministry of Public Health. Check product registration number for health products [Internet]. 2022b [cited 2025 Jun 11]. Available from: https://oryor.com/check-product-serial.
14. Zawistowski J. Health foods and foods with health claims in the Asian subcontinent: countries of the association of Southeast Asian nations. In: Bagchi D, editor. Developing New Functional Food and Nutraceutical Products. Cambridge (MA): Academic Press; 2017. p. 315–330. doi:10.1016/B978-0-12-802780-6.00018-3.
15. Shannon P, Markiel A, Ozier O, Baliga NS, Wang JT, Ramage D, et al. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. Genome Res. 2003 Nov;13(11):2498–504. doi:10.1101/gr.1239303.
16. Hagberg AA, Schult DA, Swart PJ. Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. Proc 7th Python Sci Conf. 2008;11-5. doi: 10.25080/TCWV9851.
17. Tang Y, Li M, Wang J, Pan Y, Wu FX. CytoNCA: a cytoscape plugin for centrality analysis and evaluation of protein interaction networks. Biosystems. 2015;127:67-72. doi:10.1016/j.biosystems.2014.11.005.
18. Vauzour D, Vafeiadou K, Rodriguez-Mateos A, Rendeiro C, Spencer JP. The neuroprotective potential of flavonoids: a multiplicity of effects. Genes Nutr. 2008;3(3-4):115-126. doi:10.1007/s12263-008-0091-4.
19. Aviram M, Dornfeld L. Pomegranate juice consumption reduces oxidative stress, atherogenic modifications to LDL, and platelet aggregation: studies in humans and in atherosclerotic apolipoprotein E–deficient mice. Am J Clin Nutr. 2000;71(5):1062-1076. doi:10.1093/ajcn/71.5.1062.
20. Mashhadi NS, Ghiasvand R, Askari G, Hariri M, Darvishi L, Mofid MR. Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of ginger in health and physical activity: review of current evidence. Int J Prev Med. 2013;4(Suppl 1):S36-S42. PMID: 23717767; PMCID: PMC3665023.
21. Wasser SP. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. Appl Microbiol Biotechnol. 2002;60(3):258-274. doi:10.1007/s00253-002-1076-7.
22. Giampieri F, Alvarez-Suarez JM, Battino M. Strawberry and human health: effects beyond antioxidant activity. J Agric Food Chem. 2014;62(18):3867-3876. doi:10.1021/jf405455n.
23. Basu A, Rhone M, Lyons TJ. Berries: emerging impact on cardiovascular health. Nutr Rev. 2010;68(3):168-177. doi:10.1111/j.1753-4887.2010.00273.x.
24. Slavin JL. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. Nutrients. 2013;5(4):1417-1435. doi:10.3390/nu5041417.
25. Bernstein PS, Zhao DY, Wintch SW, Ermakov IV, McClane RW, Gellermann W. Resonance Raman measurement of macular carotenoids in normal subjects and in age-related macular degeneration patients. Ophthalmology. 2002;109(10):1780-1787. doi: 10.1016/s0161-6420(02)01173-9.

26. Zague V. A new view concerning the effects of collagen hydrolysate intake on skin properties. Arch Dermatol Res. 2008 Oct;300(9):479–483. doi:10.1007/s00403-008-0888-4.
27. Pérez-Vizcaíno F, Duarte J. Flavonols and cardiovascular disease. Mol Aspects Med. 2010;31(6):478-494. doi:10.1016/j.mam.2010.09.002.
28. Hursel R, Westerterp-Plantenga MS. Thermogenic ingredients and body weight regulation. Int J Obes (Lond). 2010;34(4):659-669. doi:10.1038/ijo.2009.299.
29. Basu A, Penugonda K. Pomegranate juice: a heart-healthy fruit juice. Nutr Rev. 2009;67(1):49-56. doi:10.1111/j.1753-4887.2008.00133.x.
30. Wu X, Beecher GR, Holden JM, Haytowitz DB, Gebhardt SE, Prior RL. Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. J Agric Food Chem. 2006;54(11):4069-4075. doi:10.1021/jf060300l.
31. Howard LA, Wong AD, Perry AK, Klein BP. β-Carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. J Food Sci. 1999;64(5):929-936. doi:10.1111/j.1365-2621.1999.tb15943.x.

การวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระอาหารพื้นถิ่นเพื่อการท่องเที่ยว กรณีศึกษาชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์

รัตนา เพ็งเพราะ[1*] สุภาพร ปาโมกข์[1] และจิตตะวัน กุโบลา[2]

[1] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

[2] สาขาวิชานวัตกรรมอาหารและแปรรูป คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

อีเมล: rattana.pp@bru.ac.th

รับเมื่อ 2 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 15 กันยายน 2568 **ตอบรับเมื่อ** 23 มกราคม 2569

จุดเด่น

- อัตลักษณ์ของอาหารพื้นถิ่นบุรีรัมย์เพื่อรองรับการท่องเที่ยว
- อาหารพื้นถิ่นบุรีรัมย์มีคุณค่าโภชนาการ และเมนูน้ำพริกนายฮ้อยมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด
- การเชื่อมโยงเรื่องคุณค่าโภชนาการของอาหารพื้นถิ่นให้มีมาตรฐานเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระจากอาหารพื้นถิ่น เพื่อรองรับการท่องเที่ยว โดยเฉพาะชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อรองรับการท่องเที่ยวทางกีฬา และจัดสำรับอาหารให้เหมาะสมกับช่วงวัยของนักท่องเที่ยว พื้นที่ศึกษามีกลุ่มชาติพันธุ์หลัก 3 กลุ่ม คือ ไทยเขมร ไทยลาว และไทยกูย ซึ่งมีประเพณีเชื่อมโยงทางวัฒนธรรมการบริโภคที่คล้ายคลึงกัน โดยคัดเลือกอาหารพื้นถิ่น 5 เมนู ได้แก่ ต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อน ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง น้ำพริกนายฮ้อย ตำมะม่วงใส่ไก่ และข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อจัดรายการอาหารสำหรับกลุ่มนักท่องเที่ยว ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อาหารทั้ง 5 รายการ ให้พลังงานอยู่ในช่วง 43 - 461 กิโลแคลอรี /อาหาร 100 กรัม โดยข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีกให้พลังงานมากที่สุด การวิเคราะห์คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC, FRAP และ DPPH พบว่าน้ำพริกนายฮ้อยมีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด จากผลการศึกษาได้จัดเมนูอาหารให้เหมาะสมกับความต้องการทางโภชนาการของ

นักท่องเที่ยวในแต่ละช่วงวัย โดยกลุ่มนักกีฬาแนะนำผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่องและข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก สำหรับผู้สูงอายุแนะนำผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่องและตำมะม่วงใส่ไข่ ส่วนเด็กแนะนำหลากหลาย ได้แก่ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง ข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก และต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อน ดังนั้นอาหารพื้นถิ่นของชุมชนบ้านโคกเมืองมีศักยภาพในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพอย่างยั่งยืน และตอบสนองความต้องการตามช่วงวัยของนักท่องเที่ยวได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: อาหารพื้นถิ่น คุณค่าโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ การท่องเที่ยว การท่องเที่ยวเชิงอาหาร

Nutritional Value and Antioxidant Analysis of Ethnic Traditional Foods for Tourism: A Case Study of Ban Khok Mueang Community, Chorakhe Mak Subdistrict, Prakhon Chai District, Buriram Province

Rattana Pengproh[1*] Supaporn Pamok[1] and Jittawan Kubola[2]

[1]Department of Biology, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

[2]Department of Food Innovation and Processing, Faculty of Agricultural Technology, Buriram Rajabhat University

E-mail: rattana.pp@bru.ac.th

Received 2 July 2025; **Revised** 15 September 2025**; Accepted** 23 January 2026

Highlights

- The unique identity of Buriram's local foods to support tourism.
- Buriram's traditional local foods are nutritionally valuable, and Nam Prik Nai Hoi exhibits the highest antioxidant activity.
- Standardizing the nutritional value of local foods to accommodate tourism.

Abstract

This research aimed to analyze the nutritional value and antioxidant potential of ethnic traditional foods in Ban Khok Mueang, Chorakhe Mak Subdistrict, Prakhon Chai District, Buriram Province, to support sports tourism and design age-appropriate meal sets for tourists. The area comprises three major ethnic groups: Thai-Khmer, Thai-Lao, and Thai-Kui, with similar culinary traditions. Five ethnic dishes were selected for nutritional and antioxidant analysis: Tom Kai Sai Bai Ma-kham On (chicken soup with young tamarind leaves), Pad Goong Jom Song Kruang (stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs), Nam Prik Nai Hoi (Nai Hoi chili dip), Tam Ma-muang Sai Kai (spicy green mango salad with chicken), and Khao Tan Na Goong Jom Kra Chiek

(crispy rice cakes topped with shredded fermented shrimp). The nutritional analysis showed that the energy content of these dishes ranged from 43 to 461 kilocalories per 100 grams of food, with the crispy rice cakes providing the highest energy. Antioxidant activity, measured using the ORAC, FRAP, and DPPH methods, revealed that the Nam Prik Nai Hoi exhibited the strongest antioxidant activity. Based on the study results, personalized meal sets were developed for specific consumer groups. The athlete-oriented set included stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs and crispy rice cakes topped with shredded fermented shrimp. The elderly-oriented set consisted of stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs and spicy green mango salad with chicken, while the child-oriented set comprised stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs, crispy rice cakes topped with shredded fermented shrimp, and chicken soup with young tamarind leaves. In conclusion, the ethnic cuisine of Ban Khok Mueang demonstrates potential for promoting sustainable health tourism while meeting the diverse nutritional needs of tourists across age groups.

Keywords: Local Food, Nutritional Value, Antioxidants, Tourism, Food Tourism

บทนำ

อาหารพื้นถิ่นเป็นอาหารที่มีอัตลักษณ์และเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น แต่ละพื้นที่จะมีภูมิปัญญาที่ถูกถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่นจนเป็นสำรับอาหารที่ใช้รับประทานในครัวเรือนและงานประเพณี เสน่ห์ของอาหารพื้นถิ่นคือ วิธีการปรุง รสชาติ และการจัดตกแต่งอาหารที่แตกต่างกันไปตามวัตถุดิบของอาหารแต่ละฤดูกาล[1] อาหารพื้นถิ่นจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างประสบการณ์ในการท่องเที่ยวเพราะนักท่องเที่ยวสามารถสัมผัสและเข้าถึงวัฒนธรรมของแต่ละท้องถิ่นได้[2-3] ปัจจุบันรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ เช่น การท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ (health tourism) การท่องเที่ยวเชิงผจญภัย (adventure tourism) และการท่องเที่ยวเชิงศาสนา (spiritual tourism) กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก และรูปแบบการท่องเที่ยวดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากนักท่องเที่ยวจะได้รับประสบการณ์ที่มีคุณค่าจากการมีส่วนร่วมอย่างจริงจังกับกิจกรรมในพื้นที่ท่องเที่ยว อีกทั้งยังได้ร่วมพัฒนาศักยภาพการสร้างสรรค์ของตนไปพร้อมกับชุมชนท้องถิ่น และวัฒนธรรมพื้นถิ่น ประสบการณ์ในลักษณะดังกล่าวนี้จะก่อให้เกิดความจดจำและประทับใจ นอกจากนี้การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการรักษาสมดุลทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมของชุมชนได้อย่างยั่งยืนอีกด้วย[4-7] อาหารจึงเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ซึ่งมีคุณค่าทางศิลปะ วัฒนธรรม และสังคม

ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นพื้นที่หนึ่งที่ยังคงไว้ซึ่งวัฒนธรรมท้องถิ่น ที่มีการแสดงออกทางวัฒนธรรมและประเพณีท้องถิ่นที่มีลักษณะโดดเด่นด้านชาติพันธุ์ ซึ่งมีชาติพันธุ์ที่โดดเด่น 3 ชาติพันธุ์ ได้แก่ ไทยลาว ไทยเขมร และไทยกูย ซึ่งแต่ละชาติพันธุ์จะมีวิถีการดำเนินชีวิตวัฒนธรรมที่เหมือนและแตกต่างกันไปตามชาติพันธุ์ เช่น วัฒนธรรมด้านภาษา และวัฒนธรรมการกิน โดยเฉพาะวัฒนธรรมการกินจากการรายงานพบว่าชาติพันธุ์ไทยเขมร และชาติพันธุ์ไทยกูย จะมีวิถีการดำเนินชีวิตและวัฒนธรรมการกินอาหารที่ค่อนข้างจะคล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างจากกลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาว คือ ชาติพันธุ์ไทยเขมรและชาติพันธุ์ไทยกูย ในการประกอบอาหารส่วนใหญ่จะใช้กะทิเป็นส่วนประกอบของเมนูอาหาร เช่น น้ำพริกกะทิ แกงหอยใส่กะทิ การกินอาหารจะเป็นการกินร่วมกันเป็นสำรับหรือการใช้มือในการกินอาหารบางชนิดที่ยังคงปฏิบัติกันอยู่ แต่กลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาวเมนูอาหารส่วนใหญ่จะใช้ปลาร้าเป็นส่วนประกอบ เน้นรสจัดจ้านและมี

หลากหลาย เช่น ส้มตำ น้ำพริกนายฮ้อย แจ่วบอง ลาบ น้ำตก และอาหารประเภทหมกต่าง ๆ ที่ใช้ใบตองเป็นภาชนะในการห่อ และวัฒนธรรมการกินอาหารของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาวจะเป็นการนั่งล้อมวงกินข้าวเหนียวจากกระติ๊บข้าวร่วมกัน เป็นต้น นอกจากนี้กลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาวจะมีเอกลักษณ์ของวิถีการดำเนินชีวิตและวัฒนธรรมการกินที่โดดเด่น เนื่องจากกลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาวส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านโคกเมืองใกล้กับแหล่งท่องเที่ยวปราสาทหินเมืองต่ำที่มีประวัติศาสตร์ที่เก่าแก่ยาวนาน ดังนั้นหมู่บ้านโคกเมืองจึงเป็นแหล่งรวมแห่งขนบธรรมเนียมประเพณี วัฒนธรรม ความเชื่อ ประวัติศาสตร์ที่เก่ารวมถึงวัฒนธรรมการกินการอยู่แบบพื้นเมืองเฉพาะถิ่น ซึ่งหลอมรวมกันเป็นวิถีชีวิตแบบดั้งเดิมที่สืบทอดกันมาเป็นเวลาหลายชั่วอายุคน บ้านโคกเมืองจึงเป็นหมู่บ้านแห่งการท่องเที่ยวอันดับต้น ๆ ของจังหวัดบุรีรัมย์ มีนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเดินทางมาเที่ยวเป็นประจำทุกปี และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ [8-9] จึงเกิดโอกาสให้กลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาวสามารถนำเสนอเมนูอาหารและวัฒนธรรมการกินที่โดดเด่นของตนเองให้นักท่องเที่ยวได้สัมผัส โดยชุมชนชาติพันธุ์ไทยลาวอาจมีการนำเสนอวัฒนธรรมการกินควบคู่ไปกับการท่องเที่ยว เช่น การเปิดร้านอาหารท้องถิ่นหรือการจัดกิจกรรมสาธิตการทำอาหารพื้นถิ่น ทำให้วิถีการดำเนินชีวิตและวัฒนธรรมการกินของชาติพันธุ์ไทยลาวเป็นที่นิยม เป็นที่รู้จักได้ง่ายและโดดเด่นกว่าชาติพันธุ์อื่น ๆ อย่างไรก็ตาม รูปแบบกิจกรรมการท่องเที่ยวในชุมชนยังมีข้อจำกัดอยู่หลายด้าน เช่น นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่มาชื่นชมโบราณสถาน วิถีชีวิตความเป็นอยู่ วัฒนธรรมการทอผ้าแล้วเดินทางกลับ แต่ภูมิปัญญาด้านอื่น ๆ ที่สามารถนำมาเป็นสิ่งดึงดูดใจทางการท่องเที่ยวยังมีอีกมาก ดังนั้นคณะวิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่นในการประกอบอาหารซึ่งเป็นคุณค่าของวัฒนธรรมที่แฝงอยู่ในวิถีชีวิตที่นักท่องเที่ยวสามารถเรียนรู้และมีส่วนร่วมกับกิจกรรมได้ในเวลาอันสั้น และด้วยกระแสทางการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ที่กำลังเป็นที่นิยมในกลุ่มนักท่องเที่ยวในปัจจุบันและมีแนวโน้มมากยิ่งขึ้นในอนาคต จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์คุณค่าโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระอาหารพื้นถิ่นเพื่อการท่องเที่ยว กรณีศึกษาชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ทั้งนี้ผลจากการวิจัยจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนา “คู่มือเส้นทางอาหารสุขภาพชุมชนบ้านโคกเมือง” และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดกิจกรรมการทำอาหารเพื่อสุขภาพสำหรับนักท่องเที่ยว ซึ่งจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอาหารพื้นถิ่น และดึงดูด

นักท่องเที่ยวกลุ่มใหม่ ๆ ที่ให้ความสำคัญกับสุขภาพ โดยจะนำไปสู่การสร้างรายได้ที่มั่นคงให้กับคนในชุมชน และช่วยให้เกิดการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

กระบวนการดำเนินงานการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกระบวนการที่ตั้งไว้ วิเคราะห์ข้อมูลแบบเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยการใช้เอกสารตามกรอบแนวคิดทฤษฎีที่ได้มาจากการทบทวนแนวคิดทฤษฎี ตลอดจนจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการศึกษางานวิจัยในครั้งนี้มีแผนการดำเนินงานกระบวนการของงานวิจัยดังนี้

2.1. สืบค้นและศึกษาตำนานสำรับอาหารพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์

ทำการสืบค้นวัฒนธรรมการบริโภคอาหารและตำนานสำรับอาหารพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์ของชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในชุมชนตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ที่มีความเชื่อมโยงทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรมในชุมชนพื้นถิ่น รวมถึงสืบค้นวัฒนธรรมการบริโภคอาหารเป็นสำรับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อพัฒนาและเพิ่มมูลค่าทางด้านวัฒนธรรมร่วมกับการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรมพื้นถิ่น และการเชื่อมโยงสำรับอาหารของแต่ละชาติพันธุ์ ซึ่งในการดำเนินงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

2.1.1 สำรวจกลุ่มชาติพันธุ์ที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์ ทั้งหมด 18 หมู่บ้าน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม ในการออกแบบสอบถามนั้นคณะผู้วิจัยได้มีการนำองค์ความรู้จากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎีงานวิจัย และมีการดัดแปลงข้อมูลแบบสอบถามเพื่อให้เข้ากับบริบทของการสำรวจงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งแบบสอบถามได้ดัดแปลงมาจากงานวิจัยของ Songsiri และคณะ;, Tong-on และคณะ[10-11]

2.1.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลักคือ

การเก็บรวบรวมข้อมูลอาหารพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลรายการอาหารพื้นถิ่นที่คนในชุมชนนิยมรับประทานโดยใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์มีลักษณะเป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured or guided interview) โดยอาศัยแนวการสัมภาษณ์ (interview guide) เป็นเครื่องมือในรูปแบบการสัมภาษณ์เจาะลึก (in-depth Interview) เกี่ยวกับรายการอาหารพื้นถิ่น โดยกำหนดผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ (key-informants) คือ ต้องเป็นบุคคลที่เกิดและอาศัยอยู่ในชุมชนมากกว่า 10 ปี ประเภท

อาหารที่รับประทานในแต่ละมื้อมีอะไรบ้าง เมนูอาหารที่รับประทานแต่ละมื้อมีกี่อย่าง สำรับอาหารสำหรับตอนรับแขกญาติพี่น้องหรือนักท่องเที่ยว และเมนูอาหารพื้นถิ่นที่ใช้ในการจัดงานตามประเพณีต่าง ๆ เป็นต้น จากนั้นทำการรวบรวมรายการอาหารพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลการเชื่อมโยงของอาหารและคัดเลือกเมนูอาหารเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และใช้เป็นสำรับอาหารในการรองรับนักท่องเที่ยวต่อไป

การคัดเลือกเมนูอาหารเพื่อใช้เป็นสำรับในการรองรับนักท่องเที่ยว ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีการสัมภาษณ์เพิ่มเติมเป็นหลัก โดยกำหนดผู้ให้ข้อมูลในการสัมภาษณ์ (key-informants) คือ ต้องเป็นบุคคลที่เกิดและอาศัยอยู่ในชุมชนมากกว่า 10 ปี ประธานโฮมสเตย์บ้านโคกเมือง และคณะทีมแม่ครัวในชุมชน จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเมนูอาหาร และวางแผนในการจัดเวทีเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลให้คนในชุมชนคิดค้นหาสำรับอาหารพื้นถิ่นของชุมชนบ้านโคกเมือง โดยเมนูประกอบด้วยรายการอาหารคาว และอาหารหวาน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ สารต้านอนุมูลอิสระ และนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำสำรับพร้อมตกแต่งสำรับให้สวยงามเพื่อใช้ในการรับรองนักท่องเที่ยวต่อไป

2.2 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพื่อยกระดับอาหารพื้นถิ่น

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของอาหารพื้นถิ่น คณะผู้วิจัยจะทำการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อวิเคราะห์ถึงคุณประโยชน์ของอาหารที่ใช้ในการจัดสำรับในการรองรับนักท่องเที่ยว รวมไปถึงการบ่งบอกถึงคุณประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับและเป็นทางเลือกในการที่จะรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระอาหารพื้นถิ่นของชุมชนบ้านโคกเมือง คณะผู้วิจัยได้จะนำเมนูอาหารที่คัดเลือกได้มาทำการวิเคราะห์ดังแสดงใน Table 1 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS

2.3 การจัดสำรับเมนูอาหารพื้นถิ่นสู่กิจกรรมการท่องเที่ยวชุมชนบ้านโคกเมือง

ในการจัดสำรับอาหารพื้นถิ่นเพื่อรองรับการท่องเที่ยว จากข้อมูลในข้อที่ 2.1.2 และ 2.2 คณะผู้วิจัย จะนำข้อมูลเมนูอาหารพื้นถิ่นมาทำการจัดสำรับตามคุณค่าทางโภชนาการ โดยแบ่งตามกลุ่มนักท่องเที่ยวออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ๆ คือ กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มนักกีฬา และกลุ่มเด็ก (ช่วงอายุตั้งแต่

7 ขวบขึ้นไป) เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้รับประทานอาหารที่คุณค่าทางโภชนการและมีประโยชน์ต่อร่างกายเหมาะสมกับช่วงอายุ นอกจากนั้นยังใช้เป็นเมนูอาหารเพิ่มเติมเพื่อให้นักท่องเที่ยวได้เรียนรู้วิธีการประกอบอาหารซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการท่องเที่ยวเชิงอาหารของชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจรเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์

Table 1 Methods for nutritional composition and antioxidant activity analysis

Test list	Method
Energy (kcal)	By calculation
Moisture (g)	AOAC (2016) 952.08
Protein (g)	AOAC (2016) 992.23
Total fat (g)	AOAC (2016) 948.15, 945.16
Total carbohydrate (g)	By calculation
Ash (g)	AOAC (2016) 930.30, 945.46
Total sugars (g)	In-house method base on AOAC (2016)982.14
Total antioxidant activity (ORAC)	Ou et al. (2001)
Total antioxidant activity (FRAP)	Benzie and Strain. (1996)
Total antioxidant activity (DDPH)	Katsuke (2004)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. กลุ่มชาติพันธุ์ที่อาศัยอยู่ในเขตตำบลจรเข้มาก

จากการสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มชาติพันธุ์ที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลจรเข้มากทั้งหมด 18 หมู่บ้าน พบกลุ่มชาติพันธุ์หลัก ๆ ทั้งหมด 3 ชาติพันธุ์ ได้แก่ กลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาว ไทยเขมร และไทยกูย[12-14] จากการสำรวจจะพบกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเขมรมากที่สุด มีทั้งหมด 11 หมู่บ้าน (หมู่ที่ 1, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 16 และ 17) รองลงมาคือชาติพันธุ์ไทยลาวมี 4 หมู่บ้าน (หมู่ที่ 6, 9, 15 และ 18) และไทยกูย 3 หมู่บ้าน (หมู่ที่ 2, 10 และ 13) และนอกจากนี้จากการสำรวจยังพบว่ากลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาว ไทยเขมร และไทยกูย มีการอาศัยอยู่รวมกันในแต่ละหมู่บ้านนั้น ๆ ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์แต่งงานกันและเข้าไปอาศัยอยู่ในหมู่บ้านนอกจากนั้นบางหมู่บ้านยังพบกลุ่มชาติพันธุ์ไทยโคราช ซึ่งชาติพันธุ์ไทยโคราชนี้จะมาอยู่ในรูปแบบ

ของลูกเขยหรือลูกสะใภ้ไม่พบการอาศัยอยู่กันเป็นหมู่บ้าน

2. อาหารพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์

จากการลงพื้นที่สำรวจอาหารพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์และประเพณี พบว่าแต่ละชาติพันธุ์ที่อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่จะมีการรับประทานอาหารที่เหมือนและแตกต่างกัน จากการเก็บข้อมูลอาหารคาว และอาหารหวาน ตามประเพณีของแต่ละชาติพันธุ์ในชุมชนสามารถอธิบายได้ดังนี้

จากการสำรวจอาหารคาวของแต่ละชาติพันธุ์ตามประเพณี เช่น งานบุญ (วันมาฆบูชา วันวิสาขบูชา วันเข้าพรรษา วันทอดกฐิน/ผ้าป่า และงานบวช) งานแต่งงาน งานขึ้นบ้านใหม่ และงานศพ พบว่าเมนูอาหารต้มไก่บ้านจะเป็นเมนูที่พบการกินเหมือนกันทั้ง 3 ชาติพันธุ์ และพบการกินในประเพณีเดียวกันคือ ประเพณี งานบุญ นอกจากนั้นยังพบว่ามีเมนูอาหารแกงกล้วยใส่ไก่ที่พบว่ามีการกินทั้ง 3 ชาติพันธุ์ แต่ชาติพันธุ์ไทยลาวจะกินในประเพณีงานแต่งงาน ส่วนไทยเขมรและไทยกูยจะกินในประเพณีงานศพ ผลจากการสำรวจวัฒนธรรมอาหารของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเขมร ไทยกูย และไทยลาว ตามความเชื่อมโยงทางวัฒนธรรมอาหารคาวพบว่า วัฒนธรรมอาหารคาวของทั้งสามชาติพันธุ์แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่น่าสนใจ โดยกลุ่มชาติพันธุ์ไทยเขมรและไทยกูยมีรูปแบบการบริโภคอาหารคาวที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ขณะที่ชาติพันธุ์ไทยกูยทำหน้าที่เสมือนสะพานเชื่อมทางวัฒนธรรมอาหารระหว่างกลุ่มไทยเขมรและไทยลาว แสดงให้เห็นถึงการผสมผสานและแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมระหว่างชาติพันธุ์ แม้จะมีการแลกเปลี่ยนทางวัฒนธรรมแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ยังคงรักษาเอกลักษณ์ด้านอาหารเฉพาะถิ่นไว้อย่างเด่นชัด[15-17] เช่น **ไทยเขมร** โดดเด่นด้วยตำรับอาหารที่มีความซับซ้อนอย่าง แกงฮอง แกงบวน และแกงถั่วดำใส่ซี่โครงหมู สะท้อนภูมิปัญญาในการประกอบอาหารที่สืบทอดมาอย่างยาวนาน **ไทยกูย** มีเอกลักษณ์ในการนำวัตถุดิบท้องถิ่นมาสร้างสรรค์เป็นอาหารเฉพาะตัว เช่น แกงเมล็ดขนุน แสดงถึงความเชี่ยวชาญในการใช้ประโยชน์จากพืชในท้องถิ่น **ไทยลาว** มีเอกลักษณ์ในการปรุงอาหารรสจัด เช่น น้ำพริกนายฮ้อย ซึ่งสะท้อนวัฒนธรรมการกินที่เน้นรสชาติเผ็ดร้อนและกลมกล่อม และในส่วนของอาหารหวานตามประเพณีของทั้ง 3 ชาติพันธุ์ จะพบว่ามีวัฒนธรรมการกินอาหารหวานความคล้ายคลึง โดยเฉพาะขนมข้าวต้มมัด ขนมดอกจอก ขนมนางเล็ด (ข้าวแตน) ขนมดอกบัว และขนมเทียน ในส่วนของชาติพันธุ์ไทยเขมรเมนูอาหารหวานที่ต้องมีกินในเกือบทุกงาน คือ ขนมดอกบัว และพบว่าในงานศพไม่นิยมกินอาหารหวานเหมือนกับชาติพันธุ์ไทยกูย ซึ่งแตกต่างจาก

ชาติพันธุ์ไทยลาวที่ต้องมีเมนูอาหารหวานกินในเกือบทุก ๆ งาน[18]

3. เอกลักษณ์เมนูอาหารพื้นถิ่นและอาหารตามความเชื่อของแต่ละชาติพันธุ์

3.1 ชาติพันธุ์ไทยเขมร อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านจรเข้มากจะมีเมนูอาหารที่สื่อถึงความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่นดังนี้

1. หมูฮอง ส่วนใหญ่จะเป็นอาหารที่คนมีฐานะถึงจะสามารถทำกินได้

2. แกงกล้วยไก่บ้าน

3. แกงบวน จะแกงใส่เครื่องใน เป็นอาหารที่ทำยาก หากทำไม่ดีจะมีกลิ่นคาว

4. แกงถั่วดำใส่ซี่โครงหมู ต้องต้มในปี๊บ รสชาติคล้ายต้มยำ แต่สีของอาหารจะมีสีดำ ไม่น่ารับประทาน จึงทำให้ปัจจุบันหากินยาก เมนูอาหารชนิดนี้มีกินทั้งในงานแต่ง และงานศพ

5. ข้าวต้มมัด จะทำใส่หมู

3.2 ชาติพันธุ์ไทยกูย ส่วนใหญ่ไทยกูยจะรับประทานอาหารที่มีตามฤดูกาล

1. แมงป่องใส่หมูสามชั้นย่าง

2. แกงผักหวานใส่ไข่มดแดง หรือกิ้งก่า

3. แกงกุดจี่ใส่ขี้เหล็ก

4. ตำตะโกใส่มะเขือ

5. ขนมจีน ในอดีตเคยมีคนเฒ่าคนแก่ทำ แต่เนื่องจากกรรมวิธีในการทำค่อนข้างยุ่งยาก ณ ปัจจุบันจึงไม่มีคนทำแล้ว

6. ขนมขี้หมู จะเป็นขนมที่คล้าย ๆ บัวลอย แต่ก้อนจะใหญ่กว่า และเหนียวกว่า

3.3 ชาติพันธุ์ไทยลาว ส่วนใหญ่ไทยลาวจะรับประทานอาหารที่มีตามฤดูกาลเช่นเดียวกับชาติพันธุ์ไทยกูย เช่น

1. แกงผักหวานใส่ไข่มดแดง เป็นเมนูอาหารที่ 1 ปี จะได้กิน 1 ครั้ง เพราะผักหวานจะออกในช่วงเดือนเมษายน

2. แกงเห็ดป่า

3. ต้มเปรตปลาไหล

อาหารของกลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาวมักจะเป็นอาหารที่หาได้ตามฤดูกาลในท้องถิ่น ไม่นิยมแกงเป็นกะทิ แกงส่วนใส่นิยมใส่ย่านาง และใส่ผักเป็นจำนวนมาก

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่ทั้งชาติพันธุ์ไทยเขมร ไทยกูย และไทยลาว ที่อาศัยอยู่ในเขตตำบลจรเข้มาก จะกินอาหารที่มีตามฤดูกาล เพราะมีอยู่ในท้องถิ่น และหาได้ง่าย นอกจากนั้นการกินอาหารของแต่ละชาติพันธุ์ก็มีความเกี่ยวข้องกับประเพณีพิธีกรรมของแต่ละชาติพันธุ์

4. การคัดเลือกอาหารพื้นถิ่นสู่กิจกรรมการท่องเที่ยวชุมชนบ้านโคกเมือง

จากข้อมูลกลุ่มชาติพันธุ์และข้อมูลเมนูอาหารที่คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจแล้วนั้น คณะผู้วิจัยได้จัดเวทีเสวนาและนำข้อมูลดังกล่าวเสนอต่อนางสาวส้มเกลี้ยง สืบวัน ประธานกลุ่มโฮมสเตย์ คณะทีมแม่ครัว รวมถึงชาวบ้านที่อยู่ในชุมชนบ้านโคกเมืองเพื่อคัดเลือกเมนูอาหารที่จะใช้ในการต้อนรับนักท่องเที่ยว และนำเมนูอาหารไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการเพื่อให้ทราบถึงคุณประโยชน์ของอาหารที่ใช้ในการต้อนรับนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นการสร้างมูลค่าและยกระดับสำรับอาหารของชุมชนบ้านโคกเมืองให้ดีขึ้น ข้อสรุปของเมนูอาหารที่จะใช้ในการต้อนรับนักท่องเที่ยวทั้งหมด 5 เมนูอาหาร คือ ต้มไก่บ้านใส่ใบมะขามอ่อน ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง น้ำพริกนายฮ้อย ตำมะม่วงใส่ไก่ ข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก โดยเมนูอาหารทั้ง 5 คัดเลือกมาจากอาหารที่มีการรับประทานทั้ง 3 ชาติพันธุ์ ประวัติความเป็นมาของอาหาร อาหารตามประเพณี อาหารที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น และเป็นเมนูอาหารที่สามารถรับประทานได้ตลอดทั้งปี[16] แต่อย่างไรก็ตามเมนูอาหารที่เป็นเอกลักษณ์และเมนูเฉพาะถิ่นที่ใช้สำหรับรองรับนักท่องเที่ยวของคนในชุมชนบ้านโคกเมืองยังมีอีกมากมาย ยกตัวอย่างเช่น แกงผักหวานใส่ไข่มดแดง แกงเห็ดป่า ต้มเปรตปลาไหล แต่เมนูอาหารเหล่านี้จะเป็นเมนูอาหารที่ 1 ปี จะได้กิน 1 ครั้ง เพราะเป็นเมนูอาหารที่มีตามฤดูกาล ดังนั้นหากนักท่องเที่ยวเดินทางมาเที่ยวชมชุมชนบ้านโคกเมืองตรงตามฤดูการที่มีเมนูอาหารเหล่านี้ นักท่องเที่ยวก็จะได้รับประทานอาหารตามฤดูกาลนั้นๆ อีกด้วย นอกจากการที่นักท่องเที่ยวจะได้รับประทานอาหารที่เป็นอาหารพื้นถิ่นของคนในชุมชนยังจะได้ทราบถึงประวัติและเรื่องราวความเป็นมาของอาหารแต่ละชนิดที่รับประทาน ซึ่งเมนูอาหารแต่ละชนิดจะมีประวัติความเป็นมา และเรื่องราวที่เป็นเอกลักษณะเฉพาะถิ่นของคนในชุมชนดังนี้

1. น้ำพริกนายฮ้อย จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ลงพื้นที่สอบถามคนในชุมชนบ้านโคกเมือง กลุ่มแม่บ้านโฮมสเตย์ โดยนางเสาวลักษณ์ นวมมุลตรีปัตตา ประชาสัมพันธ์กลุ่มโฮมสเตย์บ้านโคกเมือง เล่าว่าในสมัยที่ นายฮ้อย (หัวหน้าพ่อค้าขายวัวและควาย) พากลุ่มคนจากเมืองอุบลราชธานี ยโสธร และร้อยเอ็ด อพยพลงมาเพื่อนำควายมาขายแลกข้าวแลกเกลือ ณ บ้านโคกเมืองในปัจจุบัน ในการเดินทางของกลุ่มนายฮ้อยต้องเดินทางรอนแรมเป็นปีจำเป็นต้องมีอาหารพกมาด้วยในขณะเดินทาง นั่นก็คือน้ำพริก ซึ่งน้ำพริกในสมัยก่อนนั้นมักจะไม่ใส่น้ำมันจึงทำให้น้ำพริกอยู่ได้นานเกินครึ่งปี จึง

เป็นที่มาของน้ำพริกนายฮ้อย และในช่วงที่นายฮ้อยเดินทางจะมีโจรดักซุ่มอยู่แต่นายฮ้อยก็สามารถเอาชนะโจรได้ในที่สุดจึงตัดสินใจตั้งรกรากอยู่ที่โคกเมือง ต่อมากลุ่มอาหารปลอดภัย สมุนไพรเพื่อสุขภาพ มีการจัดอบรมอาชีพให้กับคนในชุมชนและให้คนในชุมชนคิดหาผลิตภัณฑ์ที่จะเป็นสินค้าชุมชนในตอนนั้นคนในชุมชนได้ลงความเห็นว่า จะเลือกทำน้ำพริกเป็นสินค้าชุมชน นางอำไพ จันทร์วงศ์ ประธานกลุ่มสมุนไพร อาหารปลอดภัยจึงคิดชื่อน้ำพริกให้สื่อถึงเรื่องราวความเป็นมาของน้ำพริกโดยตั้งชื่อว่า น้ำพริกนายฮ้อย ต่อมาหลังจากมีการจัดจำหน่ายน้ำพริก คนในกลุ่มได้คิดหาวิธีในการสร้างบรรจุภัณฑ์ให้กับน้ำพริกนายฮ้อย โดยการนำใบตาลที่มีความแข็งแรงมาห่อให้เกิดความสวยงาม นอกจากนี้น้ำพริกนายฮ้อยยังส่งขายให้กับบริษัทแอร์เอเชียอีกด้วย ปัจจุบันน้ำพริกนายฮ้อยกลายเป็นผลิตภัณฑ์น้ำพริกแปรรูปเลื่องชื่อของบ้านโคกเมืองไปแล้ว ส่วนประกอบหลักของน้ำพริก ได้แก่ เนื้อปลาโขลกป่น ปลาร้าตุ๋น ข่าเหลือง ตะไคร้ ใบมะกรูด มะขามเปียก น้ำตาล หอม และกระเทียมคั่วที่โขลกละเอียด แล้วนำมาคั่วบนกระทะจนแห้ง เป็นสินค้าดีเด่นอีกอย่างของชุมชนโคกเมืองที่ไม่ควรพลาดซื้อหาเป็นของฝากกัน

2. ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง เป็นอาหารที่เป็นอัตลักษณ์ของคนประโคนชัย โดยในอดีตนั้นคนส่วนใหญ่จะรับประทานโดยการนำมาคลุกกับพริกผง โรยด้วยหอมแดง และปรุงเครื่องตามความชอบ แต่เมื่อมีนักท่องเที่ยวเดินทางมาเที่ยวบ้านโคกเมืองมากขึ้นเมนูอาหารชนิดนี้นักท่องเที่ยวบางคนไม่สามารถรับประทานได้เนื่องด้วยรสชาติ และเป็นอาหารที่ไม่เคยรับประทาน จึงทำให้กลุ่มแม่ครัวและชุมชนรวมกันคิดและพัฒนาเป็นกุ้งจ่อมผัดทรงเครื่องในเวลาต่อมา ส่วนประกอบหลักของผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง คือ กุ้งจ่อม หอมแขก กระเทียม พริกแดง ใบมะกรูด ตะไคร้ ไข่ และหมูสับ

3. ต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อน ในอดีตนั้นแกงไก่สามารถหากินง่าย โดยบ้านทั่วไปจะมีไก่ที่เลี้ยงไว้ ดังนั้นหากมีงานหรือมีการร่วมญาติก็จะมีการทำต้มไก่เพื่อให้กินกันได้ทั้งบ้าน ซึ่งถ้าเป็นชาติพันธุ์ไทยเขมร และชาติพันธุ์ไทยกูยจะมีการนำไก่มาแกงใส่หยวกกล้วย หรือฟักทอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่มีในครัวเรือน แต่โดยทั่วไปส่วนประกอบหลักได้แก่ เนื้อไก่บ้าน ใบมะขามอ่อน ใบมะกรูดฉีก ใบหม่อน พริกขี้หนู ตะไคร้ น้ำปลา เกลือ ผักชี น้ำปลาร้าหอมแดง มะขามเปียก กระเทียม กะเพราป่า และข่า

4. ตำไก่ใส่มะม่วง ในอดีตชาติพันธุ์ไทยเขมรและไทยกูย จะตำมะม่วงใส่กิ้งก่า แต่เนื่องจากกิ้งก่านั้นเวลาจะทำต้องออกไปหาตามท้องนา และคนต่างถิ่นไม่นิยมรับประทาน ทำให้มีการนำมา

ประยุกต์ใส่ไก่แทนทำให้สามารถรับประทานได้ง่าย คงรสชาติเดิม และอาหารชนิดนี้เมื่อชาติพันธุ์ไทยเขมร หรือไทยกูย ไปเป็นเขยหรือสะใภ้ ในชุมชนลาวบ้านโคกเมืองจึงมีการนำเมนูอาหารชนิดนี้เผยแพร่ไปยังกลุ่มชาติพันธุ์ไทยลาว และเป็นที่นิยมรับประทานกันในเวลาต่อมา ส่วนประกอบของตำไก่ใส่มะม่วง คือ มะม่วงเปรี้ยว ไก่ย่าง ตะไคร้ ใบมะกรูด พริกแห้ง หอมแดง กระเทียม ข่า เกลือ และน้ำปลาร้า

5. ข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก ในอดีตนั้นขนมหากินยากชาวบ้านเล่าว่ามีคนสังเกตเห็นว่าเมื่อนำข้าวเหนียวที่กินไม่หมดไปตากแดดถ้านำมาทอดจะมีรสชาติหอมอร่อย ดังนั้นเมนูอาหารชนิดนี้จึงสืบทอดกันมา และเมนูข้าวแตนจะทำกินในงานมงคล เช่น งานบวช และงานแต่ง แต่เพื่อให้เมนูอาหารชนิดนี้เป็นที่นิยมแก่นักท่องเที่ยวและชูความเป็นเอกลักษณ์ของคนบ้านโคกเมืองจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการนำกุ้งจ่อมที่เป็นของขึ้นชื่อของอำเภอประโคนชัยมาประยุกต์ให้เข้ากันจึงกลายมาเป็นข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก ส่วนประกอบหลักของข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก คือ กุ้งจ่อมประโคนชัย ข้าวเหนียวซึ่งปลูกจากดินภูเขาไฟ มะพร้าวทึนทึก น้ำตาลปี๊บ หอมแดงเจียว กระเทียม พริกไทย รากผักชี และถั่วลิสง

5. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารพื้นถิ่นสู่กิจกรรมการท่องเที่ยวชุมชนบ้านโคกเมือง

5.1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการอาหารพื้นถิ่น

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการตัวอย่างอาหารได้ทำการวิเคราะห์เทียบกับการบริโภคอาหาร 100 กรัม โดยคณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ในส่วนของพลังงาน ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมันทั้งหมด คาร์โบไฮเดรต น้ำตาลทั้งหมด และโซเดียม (Table 2)

Table 2 Nutritional Analysis of Ethnic Traditional Foods (per 100 grams)

Food menu	Energy (kcal)	Quantity (g)						
		Moisture	Protein	Ash	Total Fat	Carbohydrate	Total Sugars	Sodium (mg)
Chicken soup with tamarind leaves	43.09±0.09^{e}	88.61±0.01^{a}	6.91±0.09^{d}	1.83±0.00^{e}	0.97±0.01^{d}	1.68±0.09^{e}	0.25±0.01^{e}	473.81±11.30^{e}
Stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs	308.10±1.18^{b}	42.98±0.23^{d}	20.12±0.14^{a}	4.82±0.01^{b}	19.86±0.05^{a}	12.22±0.04^{c}	3.95±0.06^{c}	1133.45±27.70^{b}
Nai Hoi chili dip	198.05±2.33^{c}	44.46±0.58^{c}	15.76±0.29^{b}	8.39±0.03^{a}	1.89±0.02^{c}	29.50±0.34^{b}	6.17±0.25^{b}	2090.71±28.33^{a}
Spicy green mango salad with chicken	119.45±0.66^{d}	70.82±0.19^{b}	12.32±0.23^{c}	2.78±0.07^{c}	2.77±0.06^{b}	11.31±0.04^{d}	2.47±0.12^{d}	738.30±13.19^{c}
Crispy rice cakes with fermented shrimp	461.38±1.44^{a}	7.05±0.18^{e}	6.40±0.09^{e}	2.33±0.01^{d}	19.78±0.45^{a}	64.44±0.57^{a}	16.30±0.42^{a}	580.27±11.23^{d}

จากการวิเคราะห์พบว่า อาหารทั้ง 5 ชนิด มีค่าพลังงานอยู่ในช่วง 43- 461 กิโลแคลอรี /อาหาร 100 กรัม ต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อนให้พลังงานน้อยที่สุด และข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก ให้พลังงานมากที่สุด ปริมาณความชื้นในตัวอย่างอยู่ในช่วง 7-88 กรัม ข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีกจึงปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเนื่องจากเป็นอาหารแห้งจึงควรมีปริมาณความชื้นที่ต่ำเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ปริมาณโปรตีนที่พบในอาหารตัวอย่างอยู่ในช่วง 6-20 กรัม /อาหาร 100 กรัม ซึ่งอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุด คือ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง ปริมาณเถ้า โดยปริมาณเถ้าเป็นตัวแทนของปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหาร และยังใช้ปริมาณเถ้าเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารได้ จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณเถ้าในอาหารตัวอย่างอยู่ในช่วง 1-8 กรัม/อาหาร 100 กรัม น้ำพริกนายฮ้อยเป็นอาหารที่มีปริมาณของเถ้าสูงที่สุด ปริมาณไขมันทั้งหมดในตัวอย่างอาหารอยู่ในช่วง 0.97- 19 กรัม/อาหาร 100 กรัม อาหารที่มีปริมาณไขมันทั้งหมดในปริมาณสูง ได้แก่ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง และข้าว-แตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหารตัวอย่างอยู่ในช่วง 1-64 กรัม/อาหาร 100 กรัม ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในอาหารตัวอย่างอยู่ในช่วง 0.25-16 กรัม /อาหาร 100 กรัม อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลมากที่สุดได้แก่ ข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก ปริมาณโซเดียมในอาหารตัวอย่างอยู่ในช่วง 473-2,090 มิลลิกรัม/อาหาร 100 กรัม ซึ่งพบว่า ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง และน้ำพริกนายฮ้อยมีปริมาณโซเดียมในปริมาณที่สูงมากโดยเฉพาะน้ำพริกนายฮ้อย มีปริมาณที่เกินมาตรฐานปริมาณสูงสุดของการบริโภคที่สามารถบริโภคได้ต่อวัน โดยกระทรวงสาธารสุขได้แนะนำให้ปริโภคอาหารโดยคิดเป็นร้อยละของปริมาณสูงสุดที่บริโภคได้ต่อวัน ดังนี้ ค่าพลังงานเป็นร้อยละของพลังงาน 2,000 กิโลแคลอรี ค่าน้ำตาลเป็นร้อยละของน้ำตาล 65 กรัม ค่าไขมันเป็นร้อยละของไขมัน 65 กรัม ค่าโซเดียมเป็นร้อยละของโซเดียม 2,000 กรัม

5.2 การวิเคราะห์การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธี คือ ORAC (oxygen radical absorbance capacity), FRAP (ferric ion reducing antioxidant power) และ DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ผลการวิจัยแสดงดังต่อไปนี้

1. การทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC การทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC เป็นการทดลองหาค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของอาหารจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามวิธี

และกระบวนการในการตรวจหาค่า ORAC score ของอาหารแต่ละชนิดเป็นวิธีการมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ มีความสลับซับซ้อน และค่าที่ได้จากการทดลองก็สามารถใช้เป็นบรรทัดฐานในการประเมินประสิทธิภาพของอาหารแต่ละชนิดที่มีความสามารถในการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งอาหารที่มี ค่า ORAC score สูงก็จะมีประสิทธิภาพในการต้านทานและลดอุบัติการณ์ของโรคร้ายหลายชนิด ซึ่งมีสาเหตุจากอนุมูลอิสระ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหัวใจ เป็นต้น อาหารที่มีค่า ORAC score สูงยังสามารถปกป้องเซลล์ และองค์ประกอบของเซลล์ให้ปลอดภัยจากการถูกทำลายเสียหายจากกระบวนการออกซิเดชั่น (oxidative damage) ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างอนุมูลของออกซิเจน (oxygen radicals) และสารเคมีต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ตามธรรมชาติภายในร่างกาย กระบวนการเหล่านี้แท้จริงแล้วเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเองกับทุก ๆ คนในทุก ๆ วันกิจวัตรประจำวัน เช่น การทำงาน การรับประทานอาหาร อากาศที่ไม่บริสุทธิ์ แสงแดด และคลื่นแม่เหล็กจากเครื่องใช้ไฟฟ้า แม้แต่กระบวนการย่อยอาหารที่เกิดขึ้นภายในร่างกายก็ล้วนเป็นกลไกที่สามารถสร้างอนุมูลของออกซิเจนขึ้นได้เอง ผลจากการทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ORAC ตามวิธีทดสอบของ Ou *et al*., 2002[19] ของเมนูอาหารพื้นถิ่นทั้ง 5 เมนู พบว่าน้ำพริกนายฮ้อยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (12,398.33±309.08 μmoles TE) แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) รองลงมาคือผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง (7,964.29±319.14 μmoles TE) ต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อน (6,190.00±275.06 μmoles TE) ตามลำดับ ส่วนตำมะม่วงใส่ไก่ (2,605.79±7.88 μmoles TE) และข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก (3,401.57+8.19 μmoles TE) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3)

Table 3 Antioxidant Characteristics of Ethnicity-Based Local Foods

Food menu	ORAC (μmoles TE)	FRAP (μmoles TE)	DPPH (mgAA)
Chicken soup with tamarind leaves	6,190.00±275.06^{c}	425.91±20.02^{d}	68.29± 2.79^{c}
Stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs	7,964.29±319.14^{b}	564.64±23.34^{c}	91.22±1.68^{b}
Nai Hoi chili dip	12,398.33±309.08^{a}	905.01±38.32^{a}	120.53±5.35^{a}
Spicy green mango salad with chicken	2,605.79±7.88^{d}	721.18±31.32^{b}	102.14±1.56^{b}
Crispy rice cakes with fermented shrimp	3,401.57±8.19^{d}	630.30±18.34^{bc}	51.50±0.73^{d}

Note: $^{a, b, c \text{ and } d}$ Means followed by the different letters in each source within the same column are significantly difference (p <0.05)

2. การทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP เป็นการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก ของสารต้านอนุมูลอิสระ วิธีการนี้อาศัยหลักการของสารต้าน อนุมูลอิสระสามารถถ่ายเทอิเล็กตรอนให้กับสารประกอบเชิงซ้อน $[Fe(III)(TPTZ)_2]^{3+}$ ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็น $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ปริมาณของ $[Fe(II)(TPTZ)_2]^{2+}$ ที่เกิดขึ้นสามารถประมาณความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไดซ์ในรูป FRAP value ผลจากการทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP ตามวิธีการของ Benzie and Strain. (1996)[20] พบว่าน้ำพริกนายฮ้อยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลิสระสูงสุด (905.01+38.32 µmoles TE) รองลงมาคือ ตำมะม่วงใส่ไก่ (721.18+31.32 µmoles TE) และข้าวแตนหน้ากุ้ง จ่อมกระฉีก (630.30+18.34 µmoles TE) นอกจากนี้ยังพบว่าผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง (564.64+23.34 µmoles TE) และข้าวหน้ากุ้งจ่อมกระฉีกมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อนมีกิจกรรมน้อยที่สุดในสำรับอาหารคือ (425.91+20.02 µmoles TE) (Table 3)

3. การทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) ตามวิธีการของ Katsuke. (2004)[21] เป็นการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกของสารต้านอนุมูลอิสระ (FRAP assay) ซึ่งวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะมีการสร้างอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน และวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจ โดยวัดปริมาณ อนุมูลอิสระที่ลดลงหรือที่เหลือจากค่าการดูดกลืนแสง ผลจากการทดสอบกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าน้ำพริกนายฮ้อยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (120.53$\pm$5.35 mgAA) แตกต่างจากอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนตำมะม่วงใส่ไก่ (102.14$\pm$1.56 mgAA) และผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง (91.22$\pm$1.68 mgAA) มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3)

6. สำรับเมนูอาหารพื้นถิ่นสู่กิจกรรมการท่องเที่ยวชุมชนบ้านโคกเมือง

จากข้อมูลข้างต้นของการวิเคราะห์คุณสมบัติทางโภชนาการอาหารพื้นถิ่นชุมชนบ้านโคกเมืองจำนวน 5 เมนู สามารถนำข้อมูลมาใช้เพื่อตัดสินใจเลือกสำรับเมนูอาหารที่เหมาะสมต่อสุขภาพของกลุ่มนักท่องเที่ยว (กลุ่มนักกีฬา ผู้สูงวัย และเด็ก) ที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงใน Figure 1 ดังนี้

Figure 1 Ethnic traditional foods of Ban Khok Mueang Community; (a) Chicken soup with tamarind leaves, (b) Stir-fried fermented shrimp with aromatic herbs, (c) Nai Hoi chili dip, (d) Spicy green mango salad with chicken, (e) Crispy rice cakes topped with shredded fermented shrimp

6.1 สำรับเมนูอาหารสำหรับกลุ่มนักกีฬา

กลุ่มนักกีฬาควรรับประทานข้าวแต่พอควร แล้วรับประทานโปรตีน โดยเฉพาะเนื้อ นม ไข่ และถั่วเมล็ดแห้งให้มากขึ้นแต่เพื่อประสิทธิภาพของนักกีฬา จึงยังควรรับประทานคาร์โบไฮเดรตมากกว่าโปรตีน ดังนั้นในแต่ละมื้อนักกีฬาจึงควรได้รับประทานอาหารที่ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 15 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 75 และไขมัน ร้อยละ 10 นั่นคือต้องรับประทานคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้มาก เพราะการออกกำลังกายต้องใช้พลังงานมาก ประมาณวันละ 3,000-4,000 แคลอรี่ ในขณะที่คนปกติออกแรงปานกลางใช้พลังงานวันละ 2,000-2,500 แคลอรี่ จากการรายงานของ

Hecht *et al*., 2023[22] ได้อธิบายโภชนาการที่เหมาะสมหรับนักกีฬาไว้ประกอบด้วยดังนี้

1. อาหารที่ให้พลังงานในการออกกำลังกาย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต และไขมัน

2. อาหารที่เสริมสร้างร่างกายและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ได้แก่ โปรตีน

3. อาหารที่จำเป็นในกระบวนการสลายสารอาหารต่าง ๆ ของร่างกาย ได้แก่ วิตามิน และเกลือแร่

4. น้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางสำหรับปฏิกิริยาต่าง ๆ ในร่างกาย

ซึ่งจากเหตุผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอาหารตามชาติพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกให้เป็นอาหารสำหรับนักกีฬาซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่มีสารอาหารที่นักกีฬาต้องการโดยเฉพาะผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง และข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีกที่มีปริมาณสารคาร์โบไฮเดรต และไขมันปริมาณสูงเหมาะกับนักกีฬาที่ต้องใช้พลังงานในการออกกำลังกาย อีกทั้งผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่องยังมีปริมาณโปรตีนในปริมาณสูงที่ช่วยในเรื่องการเสริมสร้างร่างกายและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ แต่อย่างไรก็ตามเมนูอาหารต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อน ตำมะม่วงใส่ไก่ นักกีฬาก็สามารถรับประทานได้ แต่อาจจะต้องควบคุมปริมาณของโซเดียมไม่ให้เกินมาตรฐานที่สามารถรับประทานได้

6.2 สำรับเมนูอาหารสำหรับผู้สูงวัย

Vinitchagoon *et al*., 2019[23] ได้กล่าวถึงการจัดอาหารสำหรับผู้สูงอายุให้เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญมากในการมีสุขภาพที่ดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงในการเกิดปัญหาด้านโภชนาการมากกว่าวัยผู้ใหญ่ทั่วไป เพื่อให้ได้รับพลังงานและสารอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย สารอาหารหลักที่ร่างกายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่

1. สารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน

2. สารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ

ดังนั้นอาหารตามชาติพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกให้เป็นอาหารสำหรับผู้สูงวัยควรเป็นอาหารที่มีปริมาณ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ได้แก่ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง และตำมะม่วงใส่ไก่

6.3 สำรับเมนูอาหารสำหรับเด็ก

นิยามความหมายของเด็กในที่นี้คือ เด็กที่อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 7 ขวบขึ้นไป ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าเด็กสามารถรับประทานอาหารได้ทั้ง 5 เมนู แต่อาหารบางเมนูอาจจะมีรสชาติที่เผ็ดไป เช่น ตำมะม่วงใส่ไก่ น้ำพริกนายฮ้อย จึงควรรับประทานในปริมาณน้อย ๆ

แต่จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของพื้นถิ่นตามชาติพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกยังมี*ข้อจำกัดสำหรับอาหารที่เหมาะสมต่อนักกีฬาและผู้สูงวัย รวมถึงในกลุ่มทุก ๆ ช่วงวัยในเรื่องของปริมาณโซเดียม* เพราะอาหารที่มีปริมาณของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ในปริมาณสูง จะมีปริมาณโซเดียมในปริมารที่สูงมากตามมาด้วย ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีปริมาณโซเดียมมากเกินไปจะทำให้การหดตัวของกล้ามเนื้อด้อยลง อาจเกิดตะคริวได้ง่าย และเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ เช่น ความดันโลหิตสูง จึงเป็นข้อเสนอแนะให้กับผู้ผลิตอาหารควรลดการปรุงแต่งด้วยเครื่องปรุงรสที่มีปริมาณโซเดียมสูง เนื่องจากอาหารตามชาติพันธุ์ที่ถูกคัดเลือกเป็นแหล่งที่ดีของกลุ่มสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อนักกีฬา ผู้สูงอายุ และในกลุ่มช่วงวัยอื่น ๆ และจากข้อมูลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเมนูอาหารทั้ง 5 เมนู จะพบว่ามีเมนูอาหาร 1 ชนิด คือ น้ำพริกนายฮ้อยที่มีค่าโซเดียมค่อนข้างสูง แต่ก็พบว่ามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย ดังนั้นเมนูอาหารน้ำพริกนายฮ้อยกลุ่มนักท่องเที่ยวทุกกลุ่มสามารถรับประทานได้ แต่ควรรับประทานในปริมาณน้อย ควรรับประทานกับผักเครื่องเคียง และไม่ควรรับประทานเป็นอาหารหลักหากยังมีปริมาณโซเดียมสูงอยู่ หรือไม่กลุ่มแม่บ้านที่จัดเตรียมเมนูอาหารชนิดนี้อาจจะต้องลดปริมาณโซเดียมลงเพื่อให้สามารถรับประทานได้ และเป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อไปในอนาคต

บทสรุป

ภูมิปัญญาทางอาหารชาติพันธุ์ของชาวไทยเขมร ไทยกูย และไทยลาว ในเขตตำบลจรเข้มากเป็นภูมิปัญญาที่ได้รับถ่ายทอดกันมายาวนานตามวัฒนธรรมความเชื่อผ่านประเพณีและวิถีการกิน ซึ่งพบว่าวัฒนธรรมการกินอาหารของชาติพันธุ์ไทยเขมร ไทยกูย และไทยลาว มีความคล้ายคลึงกันมากตามความเชื่อมโยงทางวัฒนธรรมอาหาร และจากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระของเมนูอาหาร 5 เมนู สามารถจัดสำรับอาหารแบ่งตามกลุ่มนักท่องเที่ยว คือ กลุ่มนักกีฬา กลุ่มผู้สูงอายุ และกลุ่มเด็ก (ช่วงอายุประมาณ 7 ขวบขึ้นไป) โดยอาหารที่เหมาะกับการจัดสำรับให้นักกีฬาทานมี 2 เมนูอาหาร คือ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่องข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก สำรับอาหารที่เหมาะสมกับช่วงวัยผู้สูงอายุ คือ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่องตำมะม่วงใส่ไก่ และสำรับอาหารสำหรับเด็ก คือ ผัดกุ้งจ่อมทรงเครื่อง ข้าวแตนหน้ากุ้งจ่อมกระฉีก ต้มไก่ใส่ใบมะขามอ่อน จากการจัดสำรับอาหารที่ใช้ในการรองรับนักท่องเที่ยวจะพบว่าส่วนใหญ่

เมนูอาหารที่จัดสำรับจะมีประมาณ 2-3 เมนูอาหาร โดยจะรับประทานพร้อมกับผักเครื่องเคียงชนิดต่าง ๆ ตามฤดูกาล พืชผักเหล่านั้นมีสรรพคุณที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย มีสรรพคุณเป็นยารักษาหรือป้องกันโรค อีกทั้งทำให้ระบบต่าง ๆ ของร่างกายทำงานเป็นปกติ เช่น ใบแมงลักช่วยขับลม บรรเทาอาการจุกเสียดท้อง และท้องอืดท้องเฟ้อ ฟักเขียวช่วยขับปัสสาวะ ขับเสมหะ แก้ไอ แก้โลหิตเป็นพิษ บวมน้ำ หลอดลมอักเสบ ฟักทองช่วยบำรุงสายตา หอมแดงหรือหัวหอม ช่วยขับลม แก้ท้องอืด น้ำย่านางมีสารช่วยลดและชะลอการเกิดริ้วรอยและความแก่ชรา มะระขี้นกมีสารที่มีสรรพคุณในการช่วยลดปริมาณน้ำตาลในเลือด มีสรรพคุณในการลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง และการช่วยในการบำรุงร่างกายได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ประจำปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

1. วิรัชยา อินทะกันธ์, กุลชญา สิ่วหงวน. การพัฒนาตำรับอาหารพื้นเมืองสู่สำรับอาหารเพื่อการท่องเที่ยว อำเภอบางกระทุ่ม จังหวัดพิษณุโลก. วารสารราชภัฏเพชรบูรณ์สาร. 2564; 23(1):33-44.
2. Raji MNA, Karim AAb, Ishak FACI, Arshad MM. Utilizing Local Food Product at Rural Destination. IJ-ARBSS. 2017;7(12):118-126.
3. ปุณยวีร์ ศรีรัตน์. การสร้างคุณค่าอาหารพื้นถิ่นสำหรับโปรแกรมการท่องเที่ยว อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. 2564, 13(2):106-119.
4. Krittayaruangroj K, Suriyankietkaew S. Baan Khoa Lak: A case study on sustainable rural development through community-based tourism and natural resource conservation. In Tourism Case Studies Asia-Pacific Region. CABI International. 2024; 180-191.
5. ญาณภา บุญประกอบ, จักรวาล วงศ์มณี, สิริพร เขตเจนการ, โยธิน แสวงดี. อาหารพื้นถิ่นกับกลไกในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ : กรณีศึกษากลุ่มชาติพันธุ์ลาวครั่ง จังหวัดชัยนาท. วารสารวิทยาลัย ดุสิตธานี. 2560; 11:93-108.
6. สุกานดา ถิ่นฐาน, อนุชา แพ่งเกษร. การส่งต่ออัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมผ่านคุณค่าด้านประสบการณ์การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ในพื้นที่สงคราม. วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 2566; 6(1):246-257.
7. พฤฒิยาพร มณีรัตน์, ประสพชัย พสุนนท์. ปัจจัยด้านคุณค่ามรดกทางวัฒนธรรมที่ส่งผลต่อประสบการณ์ด้านการท่องเที่ยวเชิงอาหารของนักท่องเที่ยวในชุมชนย่านเมืองเก่าจังหวัดภูเก็ต. วารสารสหวิทยาการมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 2565; 5(2):687–703.

8. อำนวย คมกริช, สิทธิศักดิ์ จำปาแดง. การออกแบบสร้างสรรค์ชุดการแสดงพื้นบ้านส่งเสริมหมู่บ้านท่องเที่ยวทางวัฒนธรรมจังหวัดบุรีรัมย์. วารสารสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยาเชิงพุทธ. 2565; 7(3):302-315.
9. ปิติวรรณ ฝ้ายโคกสูง, วิษณุ ปัญญายงค์, คคนางค์ ช่อชู, จตุพัฒน์ สมัปปิโต, วณิชา แผลงรักษา. รูปแบบการจัดการวัตถุดิบแบบครบวงจรของอาหารพื้นถิ่นเพื่อรองรับการท่องเที่ยวชุมชนบ้านโคกเมือง ตำบลจระเข้มาก อำเภอประโคนชัย จังหวัดบุรีรัมย์. วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์. 2022; 7(2):2299-2312.
10. Songsiri W, Bunna P, Athimuttisan J. Way of life and security in local southern food. RMUTP Res. J. Sci. Technol. 2014; 8(1):94-107.
11. Tong-on S, Kaewplod P, Tagontong N. The Study of Culture and Food Consumption Behavior in the People of Watthananakhon Sub-district, Watthananakhon District, Sa Kaeo Province. JSHC. 2024; 6(1):50-61.
12. 12. Srithong T, Tongtip T, Sutthajitto PC, Sermsupt P, Wongpakdee C, Phrakhrusumethchandhasiri. Religious and cultural tourism in the lower northeast region of Thailand: history routes and network strengthening in Asean community. J Paññа Panithan. 2020; 5(2): 55-68.
13. Teerachat T, Wannit P, Thaichantararak A, Chaiyachartkittiyos C. Wisdom Cultural Heritage of Ethnic Groups in Buriram Province. JHUSOC. 2021; 19(2):109-122.
14. Thaichantarak A. Inheriting Art and Cultural Wisdom Heritage of Ethnic Groups in Buriram Province. EDUBRU. 2021; 1(1):25-37.
15. Klinjandang K. Gastronomy tourism uniqueness of secondary cities in the lower north-eastern provincial cluster 1 (Doctoral dissertation). Naresuan University. 2020.
16. Wongkerd P, Siriprapa J, Jeidthumrong N. People's participation in gastronomy tourism of Khok Muang community, Jorakhay Mak sub-district, Prakhonchai diatrict, Buriram Province. J MCU Ubon Review. 2023; 7(2): 2299-2312.
17. Watcharapongkasem W, Somjai K, Mata N, Kaewkla K. 2D Game Development to Promote Local Gastronomy Tourism in Mueang Buriram District, Buriram Province. J COSCI SWU. 2024; 12(2):66-80.
18. Suphakitsuwannakul N. Knowledge Management and database system development of food diversity in the ethnic groups in Prakhon Chai district, Buriram province. JIBRU. 2017; 1(1): 57-72.
19. Ou B, Huang D, Hampsch-Woodill M, Flanagan JA, Deemer EK. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. J Agric Food Chem. 2002; 50(11):3122–3128.
20. Benzie IFF, Strain JJ. Ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. Anal Biochem. 1996; 239:70-76.
21. Katsuke T. Screening for antioxidant activity in edible plant products : comparison of low-density lipoprotein oxidantion assay, DPPH radical scavenging assay, and Folin-Ciocalteu assay. J Agric Food Chem. 2004; 52:2391-2396.
22. Hecht C, Bank N, Cook B, Mistovich RJ. Nutritional Recommendations for the Young Athlete. JPOSNA. 2023; 5(1):1-12.
23. Vinitchagoon T, Prasobtham J, Poomsutas Y, Surapat P. A Narrative Review of Nutrition and Dietetics in Older Adults. JNAT. 2020; 55(1):41-52.

ปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงในตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย

ณัฐพล เมืองมัจฉา[1] ชนกนาถ นิลนามะ[1] และสุระเดช ไชยตอกเกี้ย[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย

[*]ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: suradech.cha@lru.ac.th

รับเมื่อ 10 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 14 กันยายน 2568 **ตอบรับเมื่อ** 6 มีนาคม 2569

จุดเด่น

- เป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุง
- ผลการวิจัยสอดคล้องกับนโยบายสาธารณสุขในการลดการบริโภคโซเดียม และสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนเชิงนโยบายด้านโภชนาการเพื่อสุขภาพได้

บทคัดย่อ

การได้รับโซเดียมจากอาหารในปริมาณสูงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคความดันโลหิตสูงและโรคไตเรื้อรัง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและเปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงในตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย โดยเก็บตัวอย่างอาหารจำนวน 5 เมนู ได้แก่ พะโล้ แกงเขียวหวาน แกงส้ม แกงจืดเต้าหู้หมูสับ และพะแนงหมู ตรวจวัดปริมาณความเค็มในรูปของโซเดียมคลอไรด์ ด้วยเครื่องวัดความเค็มในอาหารและคำนวณแปลงค่าเป็นปริมาณโซเดียม วิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณโซเดียมโดยใช้สถิติ One-way ANOVA ผลการศึกษาพบว่า อาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงมีปริมาณโซเดียมเฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) อยู่ในกลุ่มที่มีโซเดียมสูง จำนวน 3 เมนู ได้แก่ พะแนงหมู (546.27±40.37 mg) แกงเขียวหวาน (381.65±37.77 mg) และแกงจืดเต้าหู้หมูสับ (361.56±12.11 mg) โซเดียมปานกลาง จำนวน 2 เมนู ได้แก่ พะโล้ (338.42±30.34 mg) แกงส้ม (338.42±25.35 mg) ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโซเดียมในอาหารพบว่า พะแนงหมูมีปริมาณโซเดียมสูงกว่าและแตกต่างจากเมนูอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่า

ระดับโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงแตกต่างกันตามเมนู ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพในระยะยาว จึงควรส่งเสริมให้ผู้ประกอบการลดการใช้โซเดียม พร้อมทั้งศึกษาพฤติกรรมการบริโภคร่วมกับการประเมินปริมาณโซเดียมในอาหาร เพื่อสะท้อนรูปแบบการบริโภคที่แท้จริงและลดความเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

คำสำคัญ: ปริมาณโซเดียม อาหารปรุงสำเร็จ แกงถุง

Sodium Content in Ready-to-Eat Curry Pouches Sold at Mai Phetcharoen Market, Loei Province, Thailand

Nattapol Mueangmatcha[1], Chanoknart Ninnama[1], and Suradech Chaitokkia[1*]

[1]Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University, Loei, Thailand

[*]Corresponding author, e-mail: suradech.cha@lru.ac.th

Received 10 July 2025**; Revised** 14 September 2025**; Accepted** 6 March 2026

Highlights

- This research aims to study the sodium content in ready-to-eat curry pouches sold in markets.
- The research findings are consistent with public health policies on reducing sodium consumption and can be used as supporting evidence for nutrition and health policy development.

Abstract

High sodium intake from food is significantly associated with the risk of developing non-communicable diseases, such as hypertension and chronic kidney disease. The objective of this study was to assess and compare the sodium content in ready-to-eat curry pouches sold at Mai Phetcharoen Market, Loei Province, Thailand. Samples were collected from five menu items: Pa-lo, Thai green curry, Thai sour curry, Clear soup with tofu and minced pork, and Panang pork curry. The salinity, expressed as sodium chloride, was measured using a food salinity meter and converted to sodium content. Differences in sodium content were analyzed using one-way ANOVA. The study revealed that ready-to-eat curry dishes had varying average

sodium contents (mg/100 ml). Three menus were classified as high in sodium: Panang pork curry (546.27 ± 40.37 mg), Thai green curry (381.65 ± 37.77 mg), and Clear soup with tofu and minced pork (361.56 ± 12.11 mg). Two menus were classified as medium in sodium: Pa-lo (338.42 ± 30.34 mg) and Thai sour curry (338.42 ± 25.35 mg). Comparative analysis indicated that Panang pork curry contained significantly higher sodium than the other dishes. These findings demonstrate that most ready-to-eat curry dishes are high in sodium, with significant variations across menus, which may have long-term health implications. Therefore, efforts should be made to encourage food vendors to reduce sodium usage, alongside further studies on dietary behaviors combined with sodium content assessments, to better reflect actual consumption patterns and reduce the risk of non-communicable diseases.

Keywords: Sodium content, Ready-to-eat, Curry pouches

บทนำ

อาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงเป็นหนึ่งในรูปแบบอาหารพร้อมรับประทานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในประเทศไทย โดยเฉพาะในกลุ่มประชาชนที่ต้องการความสะดวก รวดเร็ว และเข้าถึงง่าย อย่างไรก็ตาม อาหารกลุ่มนี้มักมีปริมาณโซเดียมในระดับสูง ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases; NCDs) ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคไตเรื้อรัง โรคอ้วน และโรคมะเร็งกระเพาะอาหาร[1] หลักฐานทางวิชาการจากการทบทวนวรรณกรรมสนับสนุนอย่างชัดเจนว่า การลดปริมาณโซเดียมในอาหารสามารถลดระดับความดันโลหิต และลดอุบัติการณ์ของโรคหัวใจและหลอดเลือดในประชากรได้อย่างมีนัยสำคัญ และยังพบว่าสามารถลดอัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองและโรคหัวใจขาดเลือด รวมถึงลดความเสี่ยงของโรคไตเรื้อรัง มะเร็งกระเพาะอาหาร และโรคกระดูกพรุนอีกด้วย[2] องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้แนะนำให้ผู้ใหญ่บริโภคโซเดียมไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน (เทียบเท่าเกลือประมาณ 5 กรัม) เพื่อป้องกันโรคความดันโลหิตสูงและโรคหลอดเลือดหัวใจ อย่างไรก็ตาม สถานการณ์การบริโภคโซเดียมของประชากรไทยยังคงอยู่ในระดับที่น่ากังวล โดยผลการสำรวจระดับชาติซึ่งดำเนินการโดยใช้วิธีเก็บตัวอย่างปัสสาวะตลอด 24 ชั่วโมง พบว่าประชากรไทยที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยการบริโภคโซเดียมอยู่ที่ 3,636±1,722 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเทียบเท่ากับการบริโภคเกลือประมาณ 9.1 กรัมต่อวัน ซึ่งสูงกว่าข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดไว้เกือบสองเท่า[3] อาหารที่มีโซเดียมสูง เช่น อาหารสำเร็จรูป อาหารว่าง และอาหารนอกบ้าน เป็นแหล่งสำคัญของโซเดียมที่ประชากรบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอาหารที่จำหน่ายในร้านอาหารหรือแผงตลาด ซึ่งมักมีปริมาณโซเดียมสูงกว่าอาหารที่ปรุงเองในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญ[4] ในบริบทของชุมชนตลาดสดเป็นพื้นที่สำคัญในการจัดจำหน่ายอาหารปรุงสำเร็จที่เข้าถึงผู้บริโภคได้ง่าย โดยเฉพาะตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย ซึ่งเป็นศูนย์กลางด้านอาหารของประชาชนในพื้นที่ ทั้งนี้จากการสำรวจพบว่า ตลาดดังกล่าวเป็นตลาดเพียงแห่งเดียวที่มีการจำหน่ายอาหารประเภทแกงถุง ขณะที่ตลาดอื่น ๆ ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นตลาดคลองถมและไม่ได้จำหน่ายอาหารประเภทดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการเก็บข้อมูลจากตลาดใหม่เพชรเจริญเพียงแห่งเดียว จากการสำรวจเบื้องต้น พบว่า

อาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุง เช่น พะโล้ แกงเขียวหวาน แกงส้ม แกงจืดเต้าหู้หมูสับ และพะแนงหมู เป็นเมนูยอดนิยมที่จำหน่ายในตลาด โดยมีส่วนประกอบและการปรุงรสที่หลากหลาย ซึ่งอาจส่งผลให้โซเดียมในอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังขาดข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับระดับโซเดียมในอาหารประเภทแกงถุงที่จำหน่ายในตลาดสดระดับท้องถิ่น โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และจังหวัดเลย การศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จจึงมีความจำเป็น ทั้งเพื่อสร้างความตระหนักรู้แก่ผู้บริโภค สนับสนุนให้ผู้ประกอบการพัฒนาสูตรอาหารให้เหมาะสม และเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการกำหนดนโยบายด้านโภชนาการและสาธารณสุขในพื้นที่อย่างเหมาะสม

นอกเหนือจากประเด็นด้านโภชนาการและสาธารณสุข ข้อมูลปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จยังมีบทบาทสำคัญในเชิงเทคโนโลยีอาหารและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยสามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการออกแบบและปรับปรุงสูตรอาหาร โดยเฉพาะการพัฒนาอาหารสูตรลดโซเดียมให้ยังคงคุณภาพด้านรสชาติ ความคงตัว และการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในงานวิจัยด้านเทคโนโลยีอาหารและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ การศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงในบริบทพื้นที่จริงจึงมีศักยภาพในการสนับสนุนการพัฒนาอาหารทางเลือกที่เหมาะสมต่อสุขภาพ และสอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน[5, 6] ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงที่จำหน่ายในตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย และเปรียบเทียบปริมาณโซเดียมของอาหารแต่ละชนิด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในอาหารคือเครื่องวัดความเค็มในอาหาร (Salt Check Tester รุ่น SB-2000PRO) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบพกพาที่อาศัยหลักการวัดค่าการนำไฟฟ้า (conductivity method) สำหรับการประเมินปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในตัวอย่างอาหาร ค่าความเค็มที่วัดได้จากเครื่องวัดความเค็มจะแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์ (%NaCl) ซึ่งถูกนำมาคำนวณแปลงเป็นปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ตามหลักการคำนวณทางเคมี โดยใช้สูตรดังนี้

ปริมาณโซเดียม = (%NaCl)×1,000×0.3934

โดยที่ 1) %NaCl คือ ค่าความเค็มของอาหารที่วัดได้จากเครื่องวัดความเค็มในอาหาร

2) 1,000 คือ ค่าการแปลงหน่วยจากกรัมเป็นมิลลิกรัม

3) 0.3934 คือ สัดส่วนโดยมวลของโซเดียมในโซเดียมคลอไรด์

ค่าปริมาณโซเดียมที่คำนวณได้ถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ และการแปลผลระดับความเค็มของอาหารตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล นอกจากนี้ได้ใช้อุปกรณ์ประกอบการทดลองเพิ่มเติม ได้แก่ ถุงร้อนใสสำหรับเก็บตัวอย่างอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุง ถ้วยซุปขนาด 4.5 นิ้ว กระดาษทิชชูสำหรับทำความสะอาดเซ็นเซอร์ และอุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล

2.2 การเก็บตัวอย่างอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงดำเนินการโดยวิธีการสุ่มจากร้านค้าที่จำหน่ายภายในตลาดใหม่เพชรเจริญ ตำบลเมือง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย โดยคัดเลือกเมนูที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภค จำนวน 5 เมนู ได้แก่ พะโล้ แกงเขียวหวาน แกงส้ม แกงจืดเต้าหู้หมูสับ และพะแนงหมู ตัวอย่างอาหารแต่ละเมนูถูกบรรจุในถุงที่สะอาด และควบคุมอุณหภูมิระหว่าง 0.0–5.0 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพก่อนนำไปวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ซึ่งภายในตลาดใหม่เพชรเจริญมีร้านจำหน่ายอาหารปรุงสำเร็จทั้งหมด 5 ร้าน แต่จากการสำรวจพบว่ามีเพียง 3 ร้านที่จำหน่ายอาหารประเภทแกงถุงซึ่งตรงกับเกณฑ์การศึกษา ส่วนร้านที่เหลืออีก 2 ร้านจำหน่ายอาหารอีสานเป็นหลักและไม่มีเมนูแกงถุงปรุงสำเร็จ จึงไม่ถูกนำมารวมในการศึกษา ดังนั้น การเก็บตัวอย่างอาหารแต่ละเมนูจึงถูกรวบรวมจากร้านจำหน่ายแกงถุงจำนวน 3 ร้าน โดยในแต่ละร้านเก็บตัวอย่างเมนูเดียวกันซ้ำ 3 ครั้ง ในวันเวลาที่แตกต่างกัน ได้แก่ วันจันทร์ วันพุธ และวันเสาร์ เพื่อสะท้อนความคงที่และความหลากหลายของการปรุงอาหารในช่วงเวลาต่างๆ รวมเป็นจำนวน 9 ตัวอย่างต่อเมนู (3 ร้าน × 3 ครั้ง) ซึ่งเป็นตัวแทนของอาหารที่จำหน่ายในตลาด

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ระดับความเค็มของอาหารดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดความเค็มแบบดิจิทัล โดยค่าที่ได้จากการวัดจะแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์ ซึ่งผู้วิจัยได้แปลงค่าดังกล่าวเป็นปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ตามหลักการทางเคมี โดยพิจารณาว่า

1% NaCl เทียบเท่ากับ 1 กรัม NaCl ต่อ 100 มิลลิลิตร และโซเดียมมีสัดส่วนโดยมวลคิดเป็นร้อยละ 39.34 ของโซเดียมคลอไรด์ ทั้งนี้การคำนวณดำเนินการตามสูตรที่แสดงไว้ข้างต้น ค่าปริมาณโซเดียมที่คำนวณได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการแบ่งระดับความเค็มของกองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค[7] เพื่อจำแนกระดับปริมาณโซเดียมในอาหาร โดยสามารถจำแนกได้ 3 ระดับ ดังนี้ ระดับโซเดียมต่ำ ซึ่งมีปริมาณโซเดียมน้อยกว่า 275.3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ระดับโซเดียมปานกลาง ซึ่งมีปริมาณโซเดียมอยู่ในช่วง 275.3–354 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และระดับโซเดียมสูง ซึ่งมีปริมาณโซเดียมมากกว่า 354 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

2) ค่าปริมาณโซเดียมที่ได้จากการคำนวณในแต่ละตัวอย่างถูกบันทึกอย่างเป็นระบบ และนำมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงแต่ละเมนู โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics เวอร์ชัน 26 สถิติที่ใช้คือการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมระหว่างกลุ่มตัวอย่าง เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการทดสอบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) เพื่อระบุคู่ของเมนูอาหารที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมแตกต่างกัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม (มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุง จำนวน 5 เมนู ได้แก่ พะโล้ แกงเขียวหวาน แกงส้ม แกงจืดเต้าหู้หมูสับ และพะแนงหมู พบว่าพะแนงหมูมีปริมาณโซเดียมเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือแกงเขียวหวาน และแกงจืดเต้าหู้หมูสับ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีโซเดียมสูง ขณะที่พะโล้และแกงส้มจัดอยู่ในกลุ่มโซเดียมปานกลาง ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแสดงให้เห็นว่า พะแนงหมูมีปริมาณโซเดียมแตกต่างจากเมนูอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ แกงเขียวหวานยังมีปริมาณโซเดียมสูงกว่าและแตกต่างจากพะโล้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

Table 1: Sodium content in Ready-to-Eat curry pouches

Dishes	Sodium content (mg/100 ml)	Sodium level
Pa-lo (five spices soup)	338.42±30.34^{c}	Moderate
Thai green curry	381.65±37.77^{b}	High
Thai sour curry	338.42±25.35^{c}	Moderate
Clear soup with tofu and minced pork	361.56±12.11^{bc}	High
Panang pork curry	546.27±40.37^{a}	High

Note: Mean values within the same column followed by different superscript letters are significantly different at $p<0.05$.

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงจากร้านอาหารจำนวน 3 ร้าน พบว่า พะโล้จากร้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดและแตกต่างจากร้านที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปริมาณโซเดียมจากร้านที่ 1 ไม่แตกต่างจากทั้งสองร้าน สำหรับแกงเขียวหวาน พบว่าร้านที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือร้านที่ 1 และร้านที่ 3 โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของแกงส้มพบว่าร้านที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด และแตกต่างจากร้านที่ 1 และร้านที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนแกงจืดเต้าหู้หมูสับพบว่าร้านที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือร้านที่ 2 และร้านที่ 3 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับพะแนงหมู ซึ่งร้านที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือร้านที่ 1 และร้านที่ 2 โดยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2)

Table 2: Comparison of sodium content in Ready-to-Eat curry pouches across vendors

Dishes	Sodium Content (mg/100 ml)		
	Vendor 1	Vendor 2	Vendor 3
Pa-lo (five spices soup)	341.91±32.17^{ab}	364.18±15.88^{a}	309.16±9.89^{b}
Thai green curry	389.07±44.29	391.69±42.39	364.18±35.44
Thai sour curry	324.88±13.80^{b}	320.95±12.01^{b}	369.42±7.86^{a}
Clear soup with tofu and minced pork	369.42±7.86	361.56±3.93	353.70±18.01
Panang pork curry	550.20±41.03	513.52±9.89	575.09±43.11

Note: Mean values within a row that are accompanied by different superscript letters indicate statistically significant differences at $p<0.05$

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงที่จำหน่ายในตลาดใหม่เพชรเจริญส่วนใหญ่มีปริมาณโซเดียมอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะเมนูที่มีส่วนประกอบของกะทิและเครื่องแกง เช่น พะแนงหมูและแกงเขียวหวาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จและอาหารนอกบ้านที่รายงานว่าอาหารกลุ่มดังกล่าวเป็นแหล่งสำคัญของการได้รับโซเดียมเกินเกณฑ์ที่แนะนำต่อวัน[8] และสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารยอดนิยมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่พบว่าอาหารกลุ่มแกงและอาหารที่มีการใช้เครื่องปรุงรสเข้มข้นมีปริมาณโซเดียมสูง โดยอาหารที่จำหน่ายในร้านอาหารมักมีปริมาณโซเดียมสูงกว่าอาหารที่ปรุงในครัวเรือน อันเป็นผลจากการใช้เครื่องปรุงรสเพื่อเพิ่มรสชาติและความถูกใจของผู้บริโภค[4] เมื่อพิจารณาในระดับประเทศ รายงานผลการสำรวจปริมาณโซเดียมในอาหารด้วยเครื่องวัดความเค็มของกองโรคไม่ติดต่อ ปี 2566 พบว่าอาหารซื้อปรุงสำเร็จโดยรวมมีค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียม 376.76 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร และอาหารที่จำหน่ายในร้านตลาดมีค่าเฉลี่ย 380.54 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร โดยส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีโซเดียมสูง นอกจากนี้เมื่อจำแนกตามประเภทอาหารพบว่าอาหารประเภทแกงที่มีกะทิและใส่เครื่องแกงมีค่าเฉลี่ยปริมาณโซเดียมสูง (353.02 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ขณะที่อาหารประเภทต้มมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า (345.12 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลการศึกษาครั้งนี้[7] อย่างไรก็ตาม ระดับปริมาณโซเดียมที่รายงานในงานวิจัยและรายงานต่าง ๆ อาจแตกต่างกันตามหน่วยวัด วิธีการประเมิน การออกแบบการศึกษา และบริบทเชิงพื้นที่ รวมถึงความแตกต่างของสูตรอาหาร วัตถุดิบ และปริมาณเครื่องปรุงรสที่ใช้ ในการศึกษาครั้งนี้มีการวัดปริมาณโซเดียมเฉพาะในส่วนน้ำแกง จึงอาจไม่สะท้อนปริมาณโซเดียมที่ผู้บริโภคได้รับจริงทั้งหมด โดยเฉพาะกรณีที่บริโภคเนื้อสัตว์หรือผักมากกว่าน้ำแกง

ในเชิงเทคโนโลยีอาหาร ความแตกต่างของปริมาณโซเดียมระหว่างอาหารแต่ละประเภทสามารถอธิบายได้จากองค์ประกอบของสูตรอาหารและกระบวนการปรุง โดยอาหารประเภทแกงกะทิมักใช้พริกแกงและเครื่องปรุงรสที่มีโซเดียมเป็นส่วนประกอบสำคัญ ส่งผลให้ปริมาณโซเดียมโดยรวมสูงกว่า ขณะที่อาหารประเภทแกงจืดหรืออาหารต้มมีสูตรที่เรียบง่าย ใช้เครื่องปรุงรสน้อยกว่า จึงมีแนวโน้มให้ปริมาณโซเดียมต่ำกว่า[5, 6] ทั้งนี้โซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงไม่ได้มาจากการเติมเกลือเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลจากการสะสมของโซเดียมจากหลายองค์ประกอบ

ในสูตรอาหาร เช่น เครื่องแกง เครื่องปรุงรส และวัตถุดิบกึ่งสำเร็จรูปที่ผ่านการปรุงรส จึงทำให้การลดโซเดียมจำเป็นต้องพิจารณาในระดับสูตรอาหารและกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ โดยคำนึงถึงแหล่งโซเดียมทั้งหมดที่ถูกนำเข้าในผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ต้นทาง[9, 10] ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลปริมาณโซเดียมจากการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นเพื่อระบุเมนูหรือองค์ประกอบสูตรอาหารที่เป็นแหล่งโซเดียมหลัก และสนับสนุนการออกแบบแนวทางปรับสูตรอาหาร เช่น การลดสัดส่วนเครื่องปรุงรสที่มีโซเดียมสูง การเลือกใช้วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์โซเดียมต่ำ และการใช้สมุนไพรหรือเครื่องเทศเพื่อเสริมรสชาติทดแทน

ผลการศึกษายังสะท้อนว่าปริมาณโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จอาจมีความแปรปรวนระหว่างร้านอาหาร ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับความแตกต่างของวัตถุดิบ ปริมาณเครื่องปรุง และวิธีการปรุงอาหารของแต่ละร้าน โดยรายงานก่อนหน้าชี้ว่าโซเดียมในอาหารมีความแปรปรวนสูงตามแหล่งผลิตและกระบวนการปรุง[11] และอาจสัมพันธ์กับการใช้สารปรุงแต่งหรือสารเติมแต่งที่มีโซเดียม[12] เมื่อพิจารณาจำแนกระดับปริมาณโซเดียม พบว่าอาหารส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับโซเดียมสูงรองลงมาคือระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารที่บริโภคบ่อยนอกบ้านที่รายงานว่าอาหารในกลุ่มดังกล่าวมีโซเดียมสูงถึงร้อยละ 65 และไม่พบเมนูที่มีโซเดียมต่ำ[13] รวมถึงการศึกษาปริมาณโซเดียมในอาหารยอดนิยมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่พบว่า อาหารส่วนใหญ่มีโซเดียมสูง[4] สถานการณ์ดังกล่าวอาจเพิ่มความเสี่ยงที่ผู้บริโภคจะได้รับโซเดียมเกินกว่าปริมาณที่องค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำ

แม้ว่าการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมจากแหล่งจำหน่ายจริง แต่ไม่ได้เก็บข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสัดส่วนของเครื่องปรุง วัตถุดิบ หรือขั้นตอนกระบวนการปรุงอาหารในแต่ละเมนูโดยตรง ดังนั้นการศึกษาในอนาคตควรพิจารณาเก็บข้อมูลดังกล่าวเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของสูตรอาหารกับปริมาณโซเดียมอย่างละเอียดมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอาหารสูตรลดโซเดียมในเชิงเทคโนโลยีอาหาร[10] ในเชิงสาธารณสุข การจำกัดปริมาณโซเดียมรวมต่อวันตามเกณฑ์ที่ WHO แนะนำ คือไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน มีบทบาทสำคัญในการลดความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้เสนอว่าการปรับสูตรอาหาร เช่น การลดการใช้เครื่องปรุงที่มีโซเดียมสูง สามารถลดปริมาณโซเดียมได้โดยไม่กระทบต่อความพึงพอใจของ

ผู้บริโภค[14] และยังต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการและหน่วยงานสาธารณสุขเพื่อกำหนดมาตรฐานและสร้างแรงจูงใจให้เกิดการปรับตัวในระบบอาหาร[15] ทั้งนี้การลดโซเดียมในอาหารประเภทแกงสามารถดำเนินการได้ในหลายระดับ ตั้งแต่การปรับสูตรอาหาร การเลือกใช้วัตถุดิบหรือเครื่องปรุงสูตรลดโซเดียม ไปจนถึงการควบคุมขั้นตอนการปรุง เพื่อจำกัดการสะสมของโซเดียมโดยยังคงคุณภาพด้านรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภค[9, 10]

งานวิจัยฉบับนี้มีข้อจำกัด เนื่องจากการวัดปริมาณความเค็มดำเนินการเฉพาะในส่วนน้ำแกงหรือน้ำซุป แม้ว่าวิธีดังกล่าวจะมีความสะดวกและให้ค่าที่สม่ำเสมอ แต่ไม่สามารถสะท้อนปริมาณโซเดียมที่ผู้บริโภคได้รับจริงได้ทั้งหมด เนื่องจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคแตกต่างกันตามชนิดอาหาร โดยบางเมนูมักบริโภคน้ำแกงร่วมด้วย ขณะที่บางเมนูนิยมบริโภคเฉพาะเนื้อสัตว์ ส่งผลให้ปริมาณโซเดียมที่ได้รับจริงอาจแตกต่างจากผลการวิเคราะห์จากน้ำแกงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้อาศัยหลักการวัดค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งแม้จะสะดวกและให้ผลการวัดที่รวดเร็ว แต่อาจมีข้อจำกัดด้านความไวต่อองค์ประกอบของอาหารบางประการ เช่น ปริมาณไขมันหรือความเป็นกรด ซึ่งในเชิงทฤษฎีอาจส่งผลต่อความแม่นยำของค่าที่วัดได้ ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมจากส่วนประกอบอื่นของอาหาร เช่น เนื้อสัตว์และผัก ควบคู่กับการศึกษาพฤติกรรมการบริโภค รวมถึงการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของกระบวนการวิเคราะห์และยืนยันผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางห้องปฏิบัติการที่มีความแม่นยำสูง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนการบริโภคจริงได้อย่างครบถ้วนมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงพื้นที่ในระดับเบื้องต้น โดยมีขอบเขตจำกัดเฉพาะพื้นที่ตลาดใหม่เพชรเจริญและวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมเพียงหนึ่งพารามิเตอร์ ดังนั้นผลการศึกษาจึงควรตีความภายใต้บริบทของพื้นที่ศึกษา และไม่สามารถสรุปเชิงทั่วไปแทนทุกพื้นที่ได้

บทสรุป

ผลการศึกษาพบว่า อาหารปรุงสำเร็จประเภทแกงถุงที่จำหน่ายในตลาดใหม่เพชรเจริญมีปริมาณโซเดียมแตกต่างกันตามชนิดเมนู โดยพะแนงหมู มีโซเดียมเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือแกงเขียวหวาน และ แกงจืดเต้าหู้หมูสับ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มโซเดียมสูง ขณะที่พะโล้และแกงส้มมีโซเดียมเฉลี่ยต่ำกว่าและอยู่ในกลุ่มโซเดียมปานกลาง การเปรียบเทียบเชิงสถิติแสดงให้เห็นว่า

พะแนงหมู มีปริมาณโซเดียมเฉลี่ยสูงกว่าและแตกต่างจากเมนูอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแกงเขียวหวานมีโซเดียมสูงกว่าและแตกต่างจากพะโล้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของปริมาณโซเดียมในบางเมนู เช่น พะโล้และแกงส้มระหว่างร้านค้า ซึ่งอาจสะท้อนถึงอิทธิพลของการเลือกใช้วัตถุดิบ ปริมาณเครื่องปรุง และวิธีการปรุงอาหาร

จากผลการศึกษานี้ เห็นควรส่งเสริมการพัฒนาสูตรอาหารที่ลดปริมาณโซเดียม ควบคู่กับการให้ข้อมูลโภชนาการแก่ผู้บริโภคอย่างเหมาะสม ตลอดจนสนับสนุนการกำหนดมาตรฐานระดับโซเดียมในอาหารปรุงสำเร็จ รวมทั้งควรมีการศึกษาพฤติกรรมการบริโภคร่วมกับการประเมินปริมาณโซเดียมของอาหาร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนทั้งปริมาณโซเดียมและรูปแบบการบริโภคที่แท้จริง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแนวทางเชิงนโยบายในการลดการบริโภคโซเดียมของประชากรและป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังในระยะยาว โดยควรเชื่อมโยงกับ กรอบนโยบายการลดโซเดียมขององค์การอนามัยโลก เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากล ทั้งนี้ ข้อเสนอเชิงนโยบายควรดำเนินการในสามระดับ ได้แก่

(1) ผู้บริโภค ควรได้รับการส่งเสริมให้เลือกอาหารโซเดียมต่ำและตระหนักถึงผลกระทบต่อสุขภาพ

(2) ผู้ประกอบการ ควรได้รับการสนับสนุนให้ปรับสูตรอาหารและลดการใช้เครื่องปรุงที่มีโซเดียม และ

(3) หน่วยงานรัฐ ควรกำหนดมาตรฐานและมาตรการควบคุม พร้อมทั้งสร้างแรงจูงใจเพื่อผลักดันให้เกิดการลดการบริโภคโซเดียมอย่างเป็นรูปธรรมในระดับประชากร

เอกสารอ้างอิง

1. วราภรณ์ ยังเอี่ยม, นิทรา กิจธีระวุฒิวงษ์. การลดการบริโภคเกลือและโซเดียมโดยใช้ยุทธศาสตร์การส่งเสริมสุขภาพ. วารสารสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2565;4(2):1-21.

2. He FJ, Tan M, Ma Y, MacGregor GA. Salt reduction to prevent hypertension and cardiovascular disease. J Am Coll Cardiol. 2020;75(6):632–647.

3. Chailimpamontree W, Kantachuvesiri S, Aekplakorn W, Lappichetpaiboon R, Sripaiboonkij T, Vathesatogkit P, et al. Estimated dietary sodium intake in Thailand: A nationwide population survey with 24-hour urine collections. J Clin Hypertens (Greenwich). 2021;23(4):744–754.

4. พัศมัย เอกก้านตรง, อุไรพร จิตต์แจ้ง, ประไพศรี ศิริจักรวาล, วันทนีย์ เกรียงสินยศ. ปริมาณโซเดียมในอาหารยอดนิยมภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครราชสีมา. 2561;24(2):6-15.

5. de Souza TSP, Lemos Junior WJF, Cipolat-Gotet C, Sant'Ana AS. Innovations in sodium reduction: Integrating technologies in food reformulation. Food and Humanity. 2025;5:100817.

6. Mui K. Strategies and Technologies for Sodium Reduction in Processed Foods. ChemRxiv.2025(0916).

7. กองโรคไม่ติดต่อ. รายงานผลการสำรวจปริมาณโซเดียมในอาหารด้วยเครื่องวัดความเค็มและการประเมินความตระหนักรู้ด้านการบริโภคเกลือและโซเดียมของประชาชน ปี 2566. กรมควบคุมโรค; 2567.

8. ศุภวรรณ พงศ์พัฒนาวุฒิ, ศิรินทร พิศุทธานันท์, พิชชานันท์ จาดเนือง, พงศกร ราชเพียแก้ว. การสำรวจความเค็มในอาหารปรุงสุกจากโรงอาหารภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย. 2566;13(2):88-98.

9. Rios-Mera JD, Selani MM, Patinho I, Saldaña E, Contreras-Castillo CJ. Modification of NaCl structure as a sodium reduction strategy in meat products: An overview. Meat Sci. 2021;174:108417.

10. Lorén N, Niimi J, Höglund E, Albin R, Rytter E, Bjerre K, et al. Sodium reduction in foods: Challenges and strategies for technical solutions. Journal of Food Science. 2023;88(3):885-900.

11. Calliope SR, Samman NC. Sodium Content in Commonly Consumed Foods and Its Contribution to the Daily Intake. Nutrients. 2019;12(1):34.

12. Almeida C. Lopes E, Padrão, P. Is There an Association between Sodium-Based Additives and Total Sodium Content of Foods?. Proceedings. 2023; 91, 91.

13. Meza-Hernández M, Durán-Galdo R, Torres-Schiaffino D, Saavedra-Garcia L. Sodium content in commonly consumed away-from-home food in three areas of metropolitan Lima, Peru. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2023;40(3):340-347.

14. Jaroennon P, Manakla S, Nuanchankong J, Sangwanna S, Jaengklang C. Effect of Panang Curry Recipe Modification on Nutritional Values, Sensory Acceptability, and Purchasing Decision. JGS. BSRU. 2020;5(2):1-8.

15. Maalouf J, Cogswell ME, Gunn JP, Curtis CJ, Rhodes D, Hoy K, et al. Monitoring the Sodium Content of Restaurant Foods: Public Health Challenges and Opportunities. Am J Public Health. 2013;103(9):e21–e30.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลในบรรจุภัณฑ์รีทอร์ทเพาช์พร้อมรับประทานจากเมนูต้มจับฉ่าย เพื่อผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย

สมฤดี ไทพาณิชย์[1*], ณฐมล จินดาพรรณ[1], ชนากานต์ พ่วงเงิน[1] และสุสารี ประคินกิจ[2]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

[2] คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: somruedee@siam.edu

รับเมื่อ 18 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 20 ตุลาคม 2568 **ตอบรับเมื่อ** 6 มีนาคม 2569

จุดเด่น

- การพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์อาหารเจลจากเมนูต้มจับฉ่าย ที่ผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย สามารถรับประทานได้สะดวก และมีรสชาติใกล้เคียงกับต้มจับฉ่ายปกติ
- การเติม K-carrageenan 1.0% ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารเจลมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อยโดยไม่เปลี่ยนแปลงสี กลิ่น หรือรสชาติ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลพร้อมรับประทานบรรจุในถุงรีทอร์ทเพาช์จากเมนูต้มจับฉ่าย สำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย การศึกษาดำเนินการ 2 ระยะ ระยะแรกพัฒนาสูตรต้นแบบ 3 สูตร โดยปรับสัดส่วนของฟักทอง แครอท เต้าหู้นิ่ม และเนื้อปลาแทนที่หมูสามชั้น 30% ของสูตรควบคุม ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสในกลุ่มผู้สูงอายุพบว่าสูตรที่มีฟักทอง 35% แครอท 15% เต้าหู้นิ่ม 20% และปลา 30% ได้รับการยอมรับสูงสุด และมีรสชาติใกล้เคียงกับสูตรควบคุม การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า สูตรดังกล่าวมีโปรตีน 3.82% (ประมาณ 5.7 g/150 g) และให้พลังงาน 45.82 kcal/100 g ซึ่งลดต่ำลงกว่าครึ่งหนึ่งของสูตรควบคุม เหมาะสมต่อผู้สูงอายุที่ต้องการจำกัดการบริโภคไขมันและพลังงาน ระยะที่สองนำสูตรนี้มาพัฒนาเป็นอาหารเจลโดยเติม K-carrageenan 0–1.5% (w/w) ของส่วนของเหลว พบว่าการเติมสารดังกล่าวในปริมาณ 1.0% ช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความ

ง่ายในการเคี้ยวและกลืนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาช์สุทธิ 150 g ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121°C นาน 20 min ที่ค่า $F_0 \geq 3$ min เพียงพอต่อการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* และเป็นไปตามเกณฑ์ด้านจุลชีววิทยาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัย และความเหมาะสมต่อการบริโภคของผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย อันจะช่วยส่งเสริมการบริโภคอาหารที่เพียงพอและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: อาหารเจล ภาวะกลืนลำบาก ผู้สูงอายุ รีทอร์ทเพาช์ แคปปา-คาราจีแนน ต้มจับฉ่าย

Development of ready-to-eat gel food product from Tom Jubb Chai (Chinese vegetable stew) in retort pouch for elderly with mild dysphagia

Somruedee Thaiphanit[1*], Nathamol Chindapan[1], Chanakan Puangngoen[1] and Susaree Prakhinkit[2]

[1] Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University, Bangkok, Thailand

[2] Faculty of Nursing, Siam University, Bangkok, Thailand

*Corresponding author, e-mail: somruedee@siam.edu

Received 18 July 2025; **Revised** 20 October 2025; **Accepted** 6 March 2026

Highlights

- Development of a gel food product from the Tom Jubb Chai menu, designed for convenient consumption by elderly people with mild dysphagia, while maintaining a taste profile close to the original dish.
- Adding 1.0% K-carrageenan improved gel texture while preserving sensory quality, improving the product suitable for elderly individuals with mild dysphagia.

Abstract

This study aimed to develop a ready-to-eat gel food product in retort pouch packaging from Tom Jubb Chai (Chinese vegetable stew), personalized for elderly individuals with mild dysphagia. The research was conducted in two phases. In phase one, three prototype formulations were prepared by varying the proportions of pumpkin, carrot, soft tofu, and fish to replace 30% (wet weight) of pork belly in the control recipe. Sensory evaluation with elderly participants revealed that the formulation containing pumpkin (35%), carrot (15%), soft tofu (20%), and fish (30%) achieved the highest overall acceptability, with taste most comparable to the control. Proximate analysis showed that this formulation contained 3.82% protein,

equivalent to approximately 5.7 g per 150 g serving, and provided 45.82 kcal per 100 g, less than half the energy of the control formula that highlighting its suitability for elderly individuals who limiting fat and energy intake. In phase two, this formulation was developed into a gel food by incorporating K-carrageenan at 0–1.5% (w/w) of the liquid portion. The addition of 1.0% K-carrageenan significantly ($p \leq 0.05$) improved appearance, texture, chewability, and ease of swallowing. The gel product (150 g serving) was packed in retort pouches and sterilized at 121°C for 20 minutes, achieving an F_0 value of ≥3 minutes, sufficient to inactivate *Clostridium botulinum* spores. Microbiological tests confirmed compliance with the Ministry of Public Health Notification No. 355 (2013). The developed gel product demonstrated potential as a safe, nutritionally balanced, and palatable food for elderly individuals with mild dysphagia, supporting adequate dietary intake and improved quality of life.

Keywords: Gel food, Dysphagia, Elderly, Retort pouch, K-carrageenan, Tom Jubb Chai (Chinese vegetable stew)

บทนำ

ประเทศไทยได้เข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2565 โดยมีสัดส่วนประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปคิดเป็น 20% ของประชากรทั้งหมด และมีแนวโน้มก้าวเข้าสู่สังคมสูงวัยระดับสุดยอด (super-aged society) ภายในปี พ.ศ. 2579 โดยมีสัดส่วนประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปจะมีสัดส่วนมากกว่า 28% หรือมีประชากรที่มีอายุ 65 ปีขึ้นไปมากกว่า 20% ของทั้งประเทศ[1-2] การเข้าสู่สังคมสูงวัยดังกล่าวส่งผลให้ประเทศไทยจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมในการดูแลสุขภาพผู้สูงอายุในหลายด้าน หนึ่งในประเด็นที่สำคัญคือการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และการทำงานของระบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบการกลืนที่เรียกว่า presbyphagia ซึ่งหมายถึงการเปลี่ยนแปลงในการกลืนอันเนื่องมาจากความชรา ซึ่งเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางกายวิภาคของศีรษะ และลำคอ การทำงานของระบบประสาทและกลไกทางสรีรวิทยา ส่งผลให้เกิดภาวะกลืนลำบาก (dysphagia) ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่นำไปสู่การขาดสารอาหาร การขาดน้ำ และภาวะทุพโภชนาการในผู้สูงอายุ[3] ด้วยเหตุนี้ผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากจำเป็นต้องได้รับอาหารที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหมาะสม ได้แก่ อาหารที่นุ่มชุ่มชื้น เคี้ยวง่าย และกลืนได้สะดวก สมาคมนักโภชนาการแห่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้แบ่งอาหารที่ใช้ในการฝึกกลืนสำหรับผู้ป่วยกลืนลำบากเป็น 4 ระดับ ได้แก่ อาหารระดับ 1 อาหารปั่นข้นเนื้อเดียวกัน เกาะกันเป็นก้อน ไม่มีน้ำ และไม่จำเป็นต้องบดเคี้ยว (pureed) เหมาะสำหรับผู้ที่มีภาวะกลืนลำบากปานกลางถึงมาก อาหารระดับ 2 อาหารปั่นข้นปานกลาง ถึงมาก เนื้อนุ่ม เกาะกันเป็นก้อนได้ง่าย และต้องการการบดเคี้ยว อาหารระดับ 3 อาหารอ่อน เคี้ยวง่าย ย่อยง่าย เหมาะสำหรับผู้ที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย และอาหารระดับ 4 อาหารปกติ นอกจากนี้มีการจัดระดับอาหารตามเกณฑ์ IDDSI (international dysphagia diet standardization initiative) ที่เหมาะสมตามความรุนแรงของภาวะกลืนลำบากเป็น 4 ระดับ ดังนี้ ระดับที่ 1 กลืนลำบากเล็กน้อย (mild) IDDSI level 6 – soft & bite-sized (หรือ level 7 easy-to-chew ในบางราย) ชิ้นอาหารนิ่มและบิได้ด้วยส้อม ขนาดชิ้นไม่ใหญ่กว่า 1.5×1.5 cm ผ่าน fork pressure test แล้วแตกนุ่ม ไม่เด้งแข็ง เหมาะกับผู้สูงอายุที่ยังเคี้ยวได้พอสมควร ต้องการลดขนาดชิ้น หรือเพิ่มความนุ่มเพื่อลดแรงเคี้ยว และความเสี่ยงการติดคอ

ระดับที่ 2 กลืนลำบากเล็กน้อยถึงปานกลาง (mild–moderate) IDDSI level 5 – minced &

moist อาหารสับละเอียด ชุ่มชื้น เกาะกันเป็นก้อนได้ ไม่มีของเหลวใสแยกชั้น ขนาดชิ้นไม่ใหญ่กว่า 4 mm ช่วยลดความเสี่ยงการสำลักจากชิ้นหยาบ เหมาะกับรายที่แรงลิ้นหรือการควบคุมโบลัสลดลง ต้องการอาหารเกาะตัวดี เคี้ยวน้อยลง

ระดับที่ 3 กลืนลำบากปานกลาง (moderate) IDDSI level 4 – pureed ปั่นเนียน เรียบ เนื้อเดียว ไม่มีชิ้น เมล็ด หรือเส้นใย วางช้อนแล้วคงรูปบนช้อน และหลุดออกจากช้อนเป็นก้อนได้ (spoon tilt test) โดยไม่ต้องเคี้ยว เหมาะกับผู้ที่ต้องลดการเคี้ยวให้ใกล้ศูนย์ แต่ยังต้องการป้อนทางปากด้วยความปลอดภัย

ระดับที่ 4 กลืนลำบากรุนแรง (severe) IDDSI level 3 – liquidized (อาหารเหลวข้น ไหลได้ด้วยแรงโน้มถ่วง กินด้วยช้อนหรือแก้ว ไหลผ่านซี่ส้อมได้ชัด ไม่ติดเป็นก้อนแข็ง)[4-5]

การอ้างอิงเกณฑ์ดังกล่าวในงานวิจัยช่วยสร้างกรอบในการพัฒนาและประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นระบบ การใช้สารเพิ่มความหนืดเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุกลืนได้อย่างปลอดภัย โดยมีปัจจัยด้านรสชาติ กลิ่น และความคุ้นเคยของชนิดอาหารที่ให้ผู้สูงอายุรับประทาน ส่งผลต่อการยอมรับ และความพึงพอใจในการบริโภค[6-7]ในด้านโภชนาการ ผู้สูงอายุมีความต้องการพลังงานโดยเฉลี่ยประมาณ 1,400–1,800 kcal/day โปรตีนประมาณ 1 g/kg of body weight/day และแคลเซียมไม่ต่ำกว่า 1,000 mg/day เพื่อช่วยคงมวลกล้ามเนื้อ และป้องกันภาวะกล้ามเนื้อลีบ[8] จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารเจลที่มีการพัฒนามาแล้วส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทขนมหวาน และเจลเครื่องดื่ม ซึ่งแม้จะตอบสนองต่อการบริโภคที่ปลอดภัยสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบาก แต่ยังไม่ครอบคลุมอาหารคาวที่มีรสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการสอดคล้องกับการบริโภคในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุไทย นอกจากนี้จากการสัมภาษณ์ และเก็บข้อมูลความต้องการของผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย พบว่ากลุ่มเป้าหมายต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่มีเนื้อสัมผัสนุ่ม เคี้ยวง่าย แต่ยังคงมีความจำเป็นต้องใช้การเคี้ยวด้วยตนเองบ้าง เพื่อคงความรู้สึกใกล้เคียงการรับประทานอาหารปกติ และช่วยกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อในการบดเคี้ยว และการกลืน ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ยังไม่ถูกตอบสนองอย่างเพียงพอในงานวิจัยก่อนหน้านี้

จากการสำรวจความต้องการของผู้สูงอายุในกรุงเทพมหานคร ทั้งที่อาศัยอยู่ในบ้านกับครอบครัว ที่มีอายุระหว่าง 60 – 70 ปี (จำนวน 50 คน) และที่อาศัยอยู่ในบ้านพักคนชรา 2 แห่ง คือ

ศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุบ้านบางแค กรมกิจการผู้สูงอายุ (สำรวจจากรายการอาหารปรุงสุกประจำเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2567 และการสัมภาษณ์บุคลากรประจำศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุบ้านบางแค) และศูนย์ดูแลผู้สูงอายุ Holistic Nursing Home (จำนวน 10 คน) โดยคณะผู้วิจัย พบว่าเมนูที่ผู้สูงอายุรับประทานเป็นประจำ ได้แก่ ต้มจับฉ่าย แกงส้มปลาผักรวม และแกงเลียงกุ้งสด คิดเป็น 42.17 29.11 และ 19.48% ตามลำดับ ซึ่งมีรสชาติเฉพาะตัวที่เป็นเอกลักษณ์ ให้คุณค่าทางโภชนาการที่ดี ง่ายต่อการบดเคี้ยว และย่อยง่าย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงนำเมนูต้มจับฉ่าย ซึ่งเป็นอาหารที่ได้รับอิทธิพลจากชาวจีน และมีการปรับให้เข้ากับรสชาติแบบไทยจนกลายเป็นที่นิยมมาศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเจลพร้อมรับประทานในรูปแบบรีทอร์ทเพาช์ (retort pouch) เพราะเป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดปลอดเชื้อ ที่สามารถเก็บรักษาอาหารได้ในอุณหภูมิห้อง เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมรับประทาน โดยเฉพาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวก โดยเน้นการพัฒนาสูตรที่ช่วยส่งเสริมโภชนาการและสุขภาพของผู้สูงอายุ ด้วยการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของเบต้า-แคโรทีน (beta-carotene) ได้แก่ ฟักทอง และแครอท วัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีนย่อยง่าย ได้แก่ เต้าหู้ และเนื้อปลา และเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกแทนเนื้อสัตว์ไขมันสูง เช่น หมูสามชั้น เพื่อเพิ่มความเหมาะสมต่อผู้สูงอายุที่มักมีข้อจำกัดในการบริโภคไขมัน ร่วมกับการใช้เครื่องปรุงรสที่มีโซเดียมต่ำ และปรับคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของอาหารให้เป็นอาหารเจล ที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว มีเนื้อสัมผัสที่ง่ายต่อการเคี้ยวและกลืน

สารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) แคปปา-คาราจีแนน (K-carrageenan) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีประจุลบซึ่งสามารถสร้างโครงข่ายเจลที่มีความแข็งแรงผ่านกลไก double helix aggregation และเกิดการเชื่อมโยงกับโปรตีนหรือไอออนของแคลเซียมและโพแทสเซียม ส่งผลให้เจลที่เกิดขึ้นมีเนื้อสัมผัสที่คงรูปและยืดหยุ่น คุณสมบัติสำคัญอีกประการหนึ่งคือเจลของ K-carrageenan ให้เจลลักษณะใส ยืดหยุ่น สามารถละลายได้เมื่อให้ความร้อน และกลับมาเป็นเจลได้เมื่อเย็นตัวลง สามารถคงสภาพได้หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบรีทอร์ท โดยไม่เกิดการเสื่อมสลายของโครงสร้าง ดังรายงานวิจัยของ Limampai และคณะ[9] ที่ศึกษาไฮโดรคอลลอยด์หลายชนิด ได้แก่ agar K-carrageenan gelatin konjac glucomannan xanthan และสภาวะฆ่าเชื้อ ต่อคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ดัดแปลงเนื้อสัมผัสเพื่อฝึกกลืน พบว่า

ประเภท ความเข้มข้นของสาร และสภาวะความร้อนส่งผลต่อความหนืด และพารามิเตอร์ TPA อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถเลือกสภาวะฆ่าเชื้อที่ไม่ทำลายโครงสร้างเจลมากเกินไปให้ยังคงระดับเนื้อสัมผัสตามเกณฑ์ IDDSI เหมาะกับผู้มีภาวะกลืนลำบาก นอกจากนี้ วิชมณี และคณะ[10-11] ได้รายงานว่าการใช้ K-carrageenan และเจลาตินทำให้ได้เจลลักษณะนุ่มลื่น และยืดหยุ่น ได้ลักษณะเจลที่เอื้อต่อการเคี้ยว และกลืน และการศึกษาผลของปริมาณของ K-carrageenan และเจลาตินต่อคุณภาพของเยลลี่ พบว่าเยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่มีการใช้ K-carrageenan 1.5% w/w เพียงอย่างเดียว เป็นสิ่งทดลองที่เหมาะสมมากที่สุด มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีความแข็งไม่น้อยหรือมากจนเกินไป อีกทั้ง K-carrageenan ปรากฏอยู่ในรายการ GRAS (generally recognized as safe) ของ FDA ซึ่งหมายความว่าได้รับการยอมรับว่าเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ปลอดภัยเมื่อใช้ในระดับที่กำหนด[12-13] ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ K-carrageenan ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลสำหรับผู้สูงอายุ นำไปสู่การช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะทุพโภชนาการ (malnutrition) ของผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อยของประเทศไทย อย่างไรก็ตาม ธนากร และอินทาวุธ[14] ได้รายงานอิทธิพลของการดัดแปรเนื้อสัมผัสต่อการปลดปล่อยกลิ่นรสโดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ไว้ว่าจะส่งผลต่อการรับรู้กลิ่นรสโดยตรง และการดัดแปรเนื้อสัมผัสของอาหารโดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ส่วนใหญ่มีแนวโน้มทำให้การปลดปล่อยกลิ่นรสลดลง เนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างสารให้กลิ่นรสกับอาหาร ไม่ว่าจะเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีน และการกักเก็บทางกายภาพ เป็นต้น จึงต้องมีการศึกษาปริมาณการใช้ที่เหมาะสม ไม่มากเกินไปจนส่งผลกับกลิ่นรสของอาหาร ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสูตรต้นแบบของต้มจับฉ่ายที่ได้รับการยอมรับสูงสุดจากกลุ่มผู้สูงอายุ ประเมินผลของการเติม K-carrageenan ในระดับต่าง ๆ ต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะด้านเนื้อสัมผัส ความง่ายในการเคี้ยวและการกลืน และศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อด้วยรีทอร์ทเพาช์ เพื่อยืนยันความปลอดภัยทางจุลชีววิทยา และความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์สำหรับการบริโภคของผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

วัตถุดิบในการทำต้มจับฉ่าย ได้แก่ ผักสด เต้าหู้ขาว ปลาน้ำดอกไม้ กระเทียม พริกไทย เครื่องปรุงรส และเครื่องปรุงรสที่มีโซเดียมต่ำ ซื้อจากซุปเปอร์มาร์เก็ตในจังหวัดกรุงเทพมหานคร

K-carrageenan เกรดใช้กับอาหาร ซื้อจากห้างหุ้นส่วนจำกัด เอส ซายน์ อุปกรณ์เคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องปั่นอเนกประสงค์ ยี่ห้อ Philips series 500
2. เตาไฟฟ้า ยี่ห้อ ELECTROLUX รุ่น ETD42SKR
3. เตาไมโครเวฟ ยี่ห้อ ELECTROLUX รุ่น EMG30D22BM
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น quintix3102-1S
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น BSA224S-CW
6. เครื่องวัดสี (colorimeter) ยี่ห้อ Hunter lab Color Flex 45/0, รุ่น CE 1968
7. เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ยี่ห้อ Stable Micro Systems รุ่น TAXT2
8. เครื่องฆ่าเชื้อ Hisaka horizontal water spray static retort รุ่น WRT02 (2 trolley)
9. อุปกรณ์เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์
10. อุปกรณ์เครื่องครัว
11. อุปกรณ์ในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การดำเนินการศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้ออกแบบเป็น 2 ระยะ คือ (1) การคัดเลือกสูตรต้นแบบ โดยพัฒนาสูตรทดลองจำนวน 3 สูตร ซึ่งปรับสัดส่วนของฟักทอง แครอท เต้าหู้นิ่ม และปลาเพื่อแทนที่หมูสามชั้นในสูตรควบคุม ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ประเมินทางประสาทสัมผัส และคัดเลือกสูตรที่มีคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสสูงสุด (2) การศึกษาผลของการเติม K-carrageenan (0–1.5% w/w) ต่อคุณสมบัติด้านประสาทสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเจลที่ได้

1. การออกแบบสูตรอาหารต้นแบบ

ต้มจับฉ่ายสูตรควบคุม (control) ออกแบบสูตรโดยใช้วัตถุดิบหลักประกอบด้วยผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักโขม ผักกะหล่ำปลี ผักขึ้นฉ่าย ข้าวโพดอ่อน และเห็ดหอมแห้ง ลดขนาดของผักคะน้า ผักกวางตุ้ง ผักโขม ผักขึ้นฉ่าย ให้มีความยาว 1 in ลดขนาดของผักกะหล่ำปลีโดยการซอยละเอียด ลดขนาดของข้าวโพดอ่อนให้มีขนาด 1x1x2 cm^3 และลดขนาดของเห็ดหอมหลังแช่น้ำจนพองตัวเต็มที่ให้มีความหนา 1 cm ปริมาณรวม 65% หมูสามชั้นหั่นเป็นชิ้นขนาด 1x2x3 cm^3 ปริมาณ 30% เครื่องปรุงรส 5% และมีสัดส่วนของวัตถุดิบข้างต้นต่อน้ำสะอาดที่เติมเพิ่มลงไปเป็น 1 ต่อ 1 (โดยน้ำหนัก) นำส่วนผสมทั้งหมดที่มีน้ำหนัก

รวม 3 kg ไปต้มด้วยไฟแรงจนน้ำแกงเดือดนาน 15 min จากนั้นลดไฟลง ปล่อยให้น้ำแกงเดือดเบา ๆ ต่อไปอีก 60 min ปิดไฟ และปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง

ต้มจับฉ่ายสูตรต้นแบบ ทดลองออกแบบสูตรอาหารต้นแบบ 3 สูตร โดยเพิ่มฟักทอง แครอท เต้าหู้นิ่ม และเนื้อปลา ที่มีการตัดแต่งเริ่มต้นให้มีขนาด 1x1x2 cm^3 มีสัดส่วนของแต่ละสูตรดัง Table 1 โดยปริมาณรวม 30% แทนการใช้หมูสามชั้นในสูตรปกติ เครื่องปรุงรสใช้ในสัดส่วนของสูตรปกติ เติมน้ำสะอาดปรับปริมาตรให้คงที่ เพื่อประเมินผลต่อความพึงพอใจทางประสาทสัมผัส การแทนที่หมูสามชั้นด้วยฟักทอง แครอท เต้าหู้นิ่ม และเนื้อปลา ออกแบบบนหลักเกณฑ์ 3 มิติ (1) โภชนาการและสุขภาพ โดยลดไขมันอิ่มตัว ใช้โปรตีนที่ย่อยง่าย (ปลาและเต้าหู้) พร้อมได้สารประโยชน์จากผัก (เบต้าแคโรทีนและใยอาหาร) (2) ความคุ้นเคยทางประสาทสัมผัสของผู้สูงอายุ โดยยังคงชิ้นส่วนอาหารที่ นุ่ม เคี้ยวง่าย แต่ต้องมีการเคี้ยวเองบ้าง เพื่อให้ประสบการณ์ใกล้เคียงอาหารปกติ และ (3) เนื้อสัมผัส โดยอาศัยไฮโดร-คอลลอยด์ธรรมชาติจากฟักทอง และแครอท ช่วยสร้างความข้นหนืดเริ่มต้นก่อนการใช้สารก่อเจล ในระยะที่ 2 ของการทดลอง ต้มจับฉ่ายสูตรควบคุม สูตรต้นแบบทุกสูตร จะมีปริมาณโซเดียมไม่เกิน 554 mg/serving หรือคิดเป็น 27–37% ของปริมาณสูงสุดที่องค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำต่อวัน (1,500–2,000 mg)

Table 1 The ingredients used to replace pork belly in the control formula of Tom Jubb Chai

Ingredients	Ingredients (%)			
	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Pork belly	100	0	0	0
Pumpkin	0	40	35	30
Carrot	0	20	15	20
Soft tofu	0	15	20	20
Minced fish	0	25	30	30
Total	100	100	100	100

2. การประเมินทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านกลิ่น ลักษณะปรากฏ สี ความหวาน ความเค็ม ความกลมกล่อมของรสชาติ ความอ่อนนุ่มของผัก เนื้อสัมผัสโดยรวม ความง่ายในการเคี้ยว ความง่ายในการกลืน และความชอบโดยรวม (คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) มีการเตรียมตัวอย่างด้วยการอุ่นให้ร้อนด้วยเตาไมโครเวฟ กำลังไฟ 800 w นาน 90 s แบ่งตัวอย่างลงถ้วยกระเบื้องสีขาว ให้มีปริมาณเท่ากันในแต่ละตัวอย่าง (50 g) พักไว้จนมีอุณหภูมิ 60±5°C ก่อนเสิร์ฟตัวอย่างให้กับผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี สามารถรับรู้รสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสได้ใกล้เคียงกับมาตรฐานทั่วไป ที่ทำงานอยู่ในมหาวิทยาลัยสยาม และมีอายุในช่วง 60 – 70 ปี จำนวน 20 คน หลังจากวิเคราะห์ผลการทดลองนำผลิตภัณฑ์ที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ประเมินสูงสุดไปศึกษาการผลิตอาหารเจล และบรรจุในรีทอร์ทเพาช์

3. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

นำผลิตภัณฑ์ต้มจับฉ่ายสูตรอาหารต้นแบบไปวิเคราะห์ปริมาณกลุ่มสาร (proximate analysis) และค่าพลังงานด้วยวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหารของ Association of Official Analytical Chemists[17]

4. การผลิตอาหารเจลบรรจุในรีทอร์ทเพาช์

พัฒนาสูตรอาหารเจลที่เหมาะสำหรับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย โดยศึกษาผลของปริมาณของ K-carrageenan ต่อคุณภาพของเจล มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ นำผลิตภัณฑ์ต้มจับฉ่ายสูตรอาหารต้นแบบที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ประเมินความชอบทางประสาทสูงสุดมากรองแยกส่วนของเหลวออกจากส่วนของแข็ง บันทึกน้ำหนักของส่วนของเหลว และส่วนของแข็ง จากนั้นแบ่งส่วนของแข็งจากต้มจับฉ่าย เป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำพักไว้ ส่วนที่ 2 นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ยี่ห้อ Philips series 500 จนได้เนื้อละเอียด เป็นไปตามเกณฑ์ IDDSI ระดับที่ 1 กลืนลำบากเล็กน้อย (mild) IDDSI level 6 เติมผง K-carrageenan ปริมาณ 0 0.5 1.0 และ 1.5% (w/w) ของน้ำหนักส่วนของเหลว โดยค่อย ๆ โรยผงลงไป พร้อมกับกวนอย่างต่อเนื่อง ภายใต้ความร้อน 80–85°C นาน 10 min เพื่อให้ K-carrageenan ละลายอย่างสมบูรณ์ นำส่วนของแข็งจากต้มจับฉ่าย ส่วนที่ 1 (37.5 g) และ ส่วนที่ 2 (37.5 g) บรรจุลงถุง เติมของเหลวลงไป (75 g) หรือจนได้น้ำหนักรวม 150 g บรรจุในถุงรีทอร์ทเพาช์ และปิดผนึกด้วยความร้อน นำไปฆ่าเชื้อ

ที่ 121°C เป็นเวลา 20 min นำออกจากเครื่อง เก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง และวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

1. ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต้มจับฉ่าย โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale เพื่อประเมินความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความง่ายในการเคี้ยว ความง่ายในการกลืน และความชอบโดยรวม (โดยที่คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด) กลุ่มผู้ประเมินประกอบด้วยผู้สูงอายุที่มีสุขภาพแข็งแรง แต่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย จำนวน 20 คน แบ่งเป็นผู้มีอายุระหว่าง 60–70 ปี จำนวน 10 คน และผู้มีอายุระหว่าง 71–80 ปี จำนวน 10 คน โดยทุกคนสามารถตักอาหารรับประทานได้ด้วยตนเอง มีการเตรียมตัวอย่างด้วยการฉีกซองรีทอร์ทเพาช์แล้วเทตัวอย่างลงจานก้นแบน โดยไม่มีการอุ่นตัวอย่างให้ร้อน เสิร์ฟตัวอย่างพร้อมข้าวสวยอุณหภูมิ 50±5 องศาเซลเซียส

2. ค่าสีของเจล ด้วยเครื่องวัดสี (colorimeter) มีการเตรียมตัวอย่างด้วยการนำตัวอย่างเทใส่ภาชนะที่สามารถนำเข้าเตาไมโครเวฟได้ อุ่นให้ร้อนด้วยกำลังไฟ 800 w นาน 90 s แยกส่วนของเหลวเทลงถ้วยสำหรับวัดสีที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 36 mm จนได้ความสูง 20 mm ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25°C นาน 15 min ของเหลวจะเปลี่ยนสถานะเป็นเจล นำไปวัดค่าสี โดยกำหนดแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D_{65} และรายงานผลเป็นค่าสีจากค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)

3. ลักษณะเนื้อสัมผัสของเจล ทดสอบด้วยวิธี texture profile analysis (TPA) และรายงานผลเป็นค่า hardness cohesiveness และ chewiness ดัดแปลงจากวิธีของ Hayakawa และคณะ[18] โดยนำเจลที่วัดสีแล้วจากข้อ 2) ไปวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analyzer) ใช้หัววัด (probe) P/36R อัตราเร็วในการทดสอบ (test speed) 1.0 mm/s ระยะการกด (compression distance หรือ strain) 50% ของความสูงตัวอย่าง อัตราเร็วในการวิเคราะห์หลังการทดสอบ (post-test speed) 1.0 mm/s เวลาพักระหว่างการทดสอบ (time between compressions) 5 s สำหรับการกดครั้งที่ 1 และ 2 จำนวนตัวอย่างที่ทำการทดสอบซ้ำ 10 ชิ้นต่อตัวอย่าง ช่วยให้มีอำนาจการทดสอบ (power) ประมาณ 0.8

พิจารณาปริมาณการใช้ K-carrageenan ที่ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดเจลในระดับที่เหมาะสม โดยคัดเลือกจากสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ประเมินสูงที่สุด โดยเฉพาะในด้านความง่ายในการเคี้ยว และการกลืน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ

โดยรวมเหมาะสมต่อการบริโภคของผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย

5. การหากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารที่พัฒนาขึ้นในรีทอร์ทเพาซ์

ดำเนินการศึกษาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์อาหารเจลพร้อมรับประทานในถุงรีทอร์ทขนาดบรรจุ 150 g เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย และสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง กำหนดให้ค่า F_0 (sterilizing value) ไม่ต่ำกว่า 3 min ซึ่งเพียงพอในการทำลายสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* โดยศึกษาอัตราการแทรกผ่านความร้อนที่ 121°C ด้วยการใช้เทอร์โมคอปเปิลชนิด Type T เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ และโปรแกรม Ellab E-Val Flex ValSuite 4.2 Manual จำนวน 5 ตัวอย่าง โดยระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจากอุณหภูมิเริ่มต้นไปจนถึงอุณหภูมิฆ่าเชื้อ (come-up time - cut) 15 min และความดันที่ใช้ในระหว่างกระบวนการฆ่าเชื้อ 0.2 MPa วิเคราะห์คุณภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท ข้อ 3 (1) อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4.6 โดยส่งตรวจวิเคราะห์ที่ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนี้

1. Incubation test ที่ 35℃ และ 55℃ โดย Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 5th Edition, 2015, (Chapter 61)
2. Aerobic plate count 35℃ และ 55℃ โดย Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 5th Edition, 2015, (Chapter 62)
3. *Clostridium botulinum* โดย Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 5th Edition, 2015, (Chapter 32)
4. *Staphylococcus aureus* โดย In-house method WI-TM-10 based on FDA BAM Online, 2016. (Chapter 12)
5. *Salmonella* spp. โดย ISO 6579-1:2017/Amd.1:2020

6. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการตรวจสอบทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p \leq 0.05$)

7. จริยธรรมงานวิจัยในคน

หมายเลขการรับรองจริยธรรม IRB/IEC No.2024/010 วันที่อนุมัติ 3 กันยายน 2567 รับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยสยาม

ผลและวิจารณ์

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของสูตรอาหารต้นแบบ

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของต้มจับฉ่ายสูตรปกติ (control) และสูตรอาหารต้นแบบ 3 สูตร โดยเพิ่ม ฟักทอง แครอท และเนื้อปลา ให้มีสัดส่วนของแต่ละสูตรดัง Table 1 ด้วยวิธี 9-point hedonic scale เพื่อประเมินผลต่อความพึงพอใจ (คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และคะแนน 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) แสดงโดย Table 2

Table 2 Sensory scores of developed and control Tom Jubb Chai

Attributes	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Appearance^{NS}	7.15±0.99	7.15±0.75	7.15±0.59	7.40±0.68
Aroma	7.15^{a}±1.09	6.50^{b}±0.76	6.45^{b}±0.69	6.40^{b}±0.68
Color^{NS}	7.05±1.00	7.10±0.79	7.05±0.89	7.30±0.66
Sweetness^{NS}	6.95±0.89	6.95±0.60	6.85±0.59	6.65±0.49
Saltiness	6.50^{a}±1.00	6.05^{b}±0.60	6.55^{a}±0.51	6.55^{a}±0.51
Overall flavor balance	6.65^{ab}±0.93	6.30^{b}±0.47	6.75^{a}±0.44	6.40^{ab}±0.50
Tenderness of vegetables^{NS}	6.60±0.75	6.60±0.68	6.55±0.69	6.30±0.47
Overall texture^{NS}	6.50±0.83	6.55±0.76	6.50±0.69	6.20±0.41
Ease of chewing^{NS}	6.45±0.89	6.50±0.83	6.45±0.69	6.30±0.47
Ease of swallowing^{NS}	6.45±0.89	6.50±0.83	6.45±0.69	6.30±0.47
Overall acceptability^{NS}	6.75±0.91	6.50±0.69	6.70±0.57	6.50±0.51

Note: Data are presented as mean ± SD.

The different superscript letters in the same row indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

^{NS} Not Significant

ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของต้มจับฉ่าย สูตรควบคุม (control) และสูตรต้นแบบทั้ง 3 สูตร (Table 2) พบว่า กลิ่น (aroma) ของสูตรควบคุมได้รับคะแนนสูงสุดที่ 7.15 ± 1.09 และสูงกว่าสูตรต้นแบบทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากการเติมวัตถุดิบใหม่ เช่น ฟักทอง แครอท และปลาลงไป ส่งผลให้กลิ่นเปลี่ยนแปลงไปจากสูตรเดิม และไม่เป็นที่คุ้นเคยของผู้บริโภค ในขณะที่ความสมดุลของรสชาติ (overall flavor balance) สูตรที่ 2 ได้คะแนนสูงสุด 6.75 ± 0.44 และสูงกว่าสูตรที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงว่าสูตรที่ 2 มีองค์ประกอบของรสชาติที่กลมกล่อมลงตัวมากที่สุดในกลุ่มต้นแบบ และการเพิ่มฟักทอง แครอท และปลาในสัดส่วนต่างกันไม่ส่งผลกระทบอย่างเด่นชัดต่อคุณลักษณะด้านอื่นๆ ของต้มจับฉ่าย โดยแนวโน้มของสูตรต้นแบบสูตรที่ 2 มีความโดดเด่นในด้านความสมดุลของรสชาติ โดยมีรสเค็มใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (6.55 ± 0.51 เทียบกับ 6.50 ± 1.00) มีระดับความพึงพอใจในด้านอื่น ๆ ใกล้เคียงกับสูตรเดิม และการเติมฟักทอง และแครอทช่วยเพิ่มความหนืด และก่อเจลในเนื้ออาหาร เนื่องจากสารพวกเพกติน และไฮโดรคอลลอยด์ตามธรรมชาติ[19-20] เนื้อปลาให้เนื้อสัมผัสที่นุ่ม และง่ายต่อการเคี้ยวและกลืน ซึ่งเหมาะสมกับกลุ่มผู้สูงอายุที่มีปัญหาเกี่ยวกับการเคี้ยวหรือกลืนอาหาร

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเพื่อตรวจสอบคุณค่าทางโภชนาการในเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ต้มจับฉ่ายแสดงโดย Table 3

Table 3 Nutritional composition and energy of Tom Jubb Chai formulas

Properties	Control	Formula 1	Formula 2	Formula 3
Moisture (%)	83.37^{b}±0.19	89.03^{a}±0.33	88.59^{a}±0.09	88.63^{a}±0.55
Protein (%)	5.70^{a}±0.00	3.53^{c}±0.07	3.82^{b}±0.01	3.81^{b}±0.01
Fat (%)	5.32^{a}±0.05	1.75^{b}±0.07	1.05^{c}±0.01	1.05^{c}±0.02
Fiber (%)	0.64^{c}±0.07	1.90^{a}±0.04	0.76^{b}±0.08	0.59^{bc}±0.03
Ash (%)	0.88^{b}±0.03	0.84^{b}±0.01	1.15^{a}±0.03	1.14^{a}±0.01
Carbohydrate (%)	4.04^{a}±0.16	3.00^{b}±0.27	4.65^{a}±0.08	5.00^{a}±0.33
Energy (kcal / 100 g)	85.14^{a}±0.24	44.23^{c}±0.31	45.82^{b}±0.44	44.99^{c}±0.64

Note: Data are presented as mean ± SD.

The different superscript letters in the same row indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 3) แสดงให้เห็นว่า การปรับสูตรมีผลต่อโภชนาการและพลังงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ความชื้นของสูตรควบคุมมีค่าต่ำสุดที่ 83.37% ขณะที่ความชื้นของสูตรต้นแบบสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยสูตรที่ 1 มีค่าสูงสุด 89.03% ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ฟักทองและแครอทที่มีปริมาณน้ำสูง ในด้านโปรตีน สูตรควบคุมมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดที่ 5.70% ในขณะที่สูตรต้นแบบมีปริมาณโปรตีนลดลงทั้งหมด โดยสูตรที่ 2 มีค่า 3.82% ซึ่งแม้จะต่ำกว่าสูตรควบคุม แต่ยังสูงกว่าสูตรที่ 1 (3.53%) และสูตรที่ 3 (3.81%) และหากเปรียบเทียบกับความต้องการโปรตีนเฉลี่ยของผู้สูงอายุ (ประมาณ 1 g/kg of body weight/day หรือราว 50–60 g/day สำหรับน้ำหนักตัว 50–60 kg) จะเห็นว่าสูตรที่ 2 ให้โปรตีนประมาณ 5.7 g/serving (หนึ่งซอง) ซึ่งคิดเป็น 9.5–11.4% ของความต้องการต่อวัน แต่ก็ยังต่ำกว่าระดับที่ต้องการในมื้อหลัก (ประมาณ 15–20 grams per meal) ไขมันของสูตรควบคุมมีปริมาณสูงสุด (5.32%) เนื่องจากใช้หมูสามชั้น ในขณะที่สูตรต้นแบบปริมาณลดลงอย่างชัดเจน โดยสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำที่สุดเพียง 1.05% ลดลงกว่า 80% เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม แสดงถึงความเหมาะสมต่อผู้สูงอายุที่ควรจำกัดการบริโภคไขมัน เมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหาร พบว่าสูตรที่ 1 มีปริมาณสูงที่สุดที่ 1.90% หรือให้ปริมาณใยอาหาร 2.85 g/150 g (หนึ่งซอง) ในขณะที่สูตรที่ 2 และ 3 มีปริมาณใกล้เคียงกัน (0.76% และ 0.59% ตามลำดับ) ค่าดังกล่าวแม้จะยังไม่สูงเมื่อเทียบกับความต้องการใยอาหารผู้สูงอายุ (21–30 g/day) แต่ก็มีส่วนช่วยเสริมสมดุลการขับถ่าย แร่ธาตุ (ash) ของสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าปริมาณสูงกว่าสูตรควบคุม (1.15% และ 1.14% เทียบกับ 0.88%) บ่งชี้ถึงการเสริมแหล่งแร่ธาตุจากผักและเต้าหู้ที่เติมเข้าไป ในด้านพลังงาน สูตรควบคุมมีค่าพลังงานสูงสุด 85.14 kcal/100 g ในขณะที่สูตรต้นแบบมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่ 2 มีค่า 45.82 kcal/100 g ซึ่งต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของสูตรควบคุม และเมื่อคำนวณเป็น 150 g/pack จะให้พลังงานเพียงประมาณ 69 kcal เท่านั้น สอดคล้องกับความเหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่ควรจำกัดพลังงานและไขมัน โดยเฉพาะในผู้ที่มีความเสี่ยงโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) แต่ความหลากหลายของแหล่งคาร์โบไฮเดรตจากผักที่เติมเข้าไป ช่วยให้พลังงานปลดปล่อยช้า และสมดุลยิ่งขึ้น[21] การปรับสูตรโดยเพิ่มฟักทอง แครอท เต้าหู้นิ่ม และเนื้อปลา ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมัน และพลังงานลดลงอย่างชัดเจน ขณะที่ยังคงให้คุณค่าทางโภชนาการจากปริมาณโปรตีน และใยอาหาร โดยสูตรที่ 2 แสดงสมดุล

ของสารอาหารที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปพัฒนาเป็นอาหารเจล

ผลการศึกษาการผลิตอาหารเจลบรรจุในรีทอร์ทเพาช์

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (Table 2) และองค์ประกอบทางเคมี (Table 3) พบว่าสูตรที่ 2 แสดงผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยได้รับคะแนนความพึงพอใจรวมสูงสุด (6.70) และมีความสมดุลของรสชาติ (6.75) ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังมีรสเค็มเฉลี่ย (6.55) ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม (6.50) ซึ่งสะท้อนว่าผู้บริโภคยอมรับได้ในระดับสูง ในด้านองค์ประกอบทางเคมี สูตรที่ 2 มีปริมาณโปรตีน 3.82% สูงกว่าสูตรที่ 1 (3.53%) และสูตรที่ 3 (3.81%) แม้จะยังต่ำกว่าสูตรควบคุม (5.70%) แต่หากคำนวณในปริมาณบริโภคจริง 150 g (หนึ่งซอง) จะได้โปรตีนประมาณ 5.7 g ซึ่งคิดเป็นประมาณ 9.5–11.4% ของความต้องการโปรตีนเฉลี่ยต่อวันของผู้สูงอายุ (50–60 g/day) จึงยังถือว่ามีคุณค่าในเชิงโภชนาการ ดังนั้นจึงเลือกสูตรที่ 2 ไปใช้สำหรับการพัฒนาเป็นอาหารเจลบรรจุในรีทอร์ทเพาช์ โดยมีขั้นตอนการเตรียมโดยนำต้มจับฉ่ายที่ปรุงตามสูตรต้นแบบสูตรที่ 2 มากรองแยกส่วนของเหลวออกจากส่วนของแข็ง แล้วนำส่วนของเหลวที่ได้ ผสมให้เข้ากับ K-carrageenan โดยแปรปริมาณ K-carrageenan เป็น 0 0.5 1.0 และ 1.5% (w/w) ของส่วนของเหลว คนให้ละลาย นำส่วนของแข็งจากต้มจับฉ่ายบรรจุลงถุงรีทอร์ทเพาช์ปริมาณ 75 g เติมของเหลวข้างต้นลงไปจนได้น้ำหนักรวม 150 g และปิดผนึกด้วยความร้อน แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ 121°C 20 min จากนั้นปล่อยให้ตัวอย่างเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องก่อนทำการวิเคราะห์คุณภาพตามที่กำหนด ผลที่ได้แสดงโดย Figure 1 และ Table 4 – 5

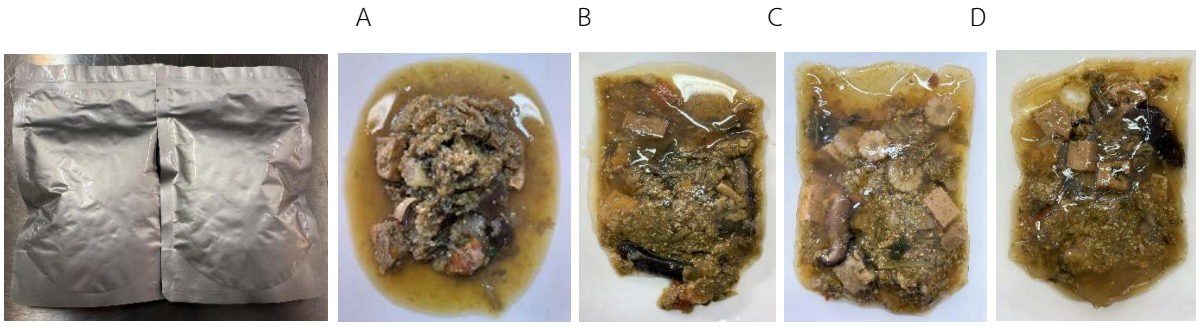


Figure 1 Appearance of formula 2 with varying K-carrageenan concentrations (A: Control; B: K-carrageenan 0.5%; C: K-carrageenan 1.0%; D: K-carrageenan 015%)

Table 4 Sensory preferences for sterilized gel product (formula 2) based on K-carrageenan levels

Attributes	% of K-carrageenan			
	0	0.5	1.0	1.5
Appearance	6.40^{b}±0.88	6.30^{b}±0.80	7.00^{a}±0.65	6.95^{a}±0.39
Aroma^{NS}	6.35±0.67	6.35±0.67	6.60±0.60	6.50±0.51
Color^{NS}	6.60±0.75	6.60±0.75	6.75±0.55	6.65±0.59
Taste^{NS}	6.85±0.75	6.85±0.75	7.05±0.51	6.95±0.60
Texture	6.55^{b}±0.89	6.70^{b}±0.80	7.30^{a}±0.73	7.00^{ab}±0.73
Ease of chewing	6.35^{b}±0.81	6.65^{ab}±0.59	6.85^{a}±0.59	6.60^{ab}±0.50
Ease of swallowing	5.85^{c}±0.99	6.35^{b}±0.81	7.25^{a}±0.64	7.10^{a}±0.64
Overall liking	6.35^{b}±0.59	6.60^{b}±0.60	7.25^{a}±0.55	7.00^{a}±0.56

Note: Data are presented as mean ± SD.

The different superscript letters in the same row indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

^{NS} Not Significant

Table 5 Effect of K-carrageenan on gel color and texture after sterilization

Physical properties		% of K-carrageenan		
		0.5	1.0	1.5
Color$^{(NS)}$	L*	40.04±1.51	40.28±1.26	40.16±0.32
	a*	4.27±0.15	4.67±0.23	4.18±0.19
	b*	33.65±0.49	33.93±3.23	33.18±0.45
Texture profile analysis	Hardness (N)	22.96^{c}±1.67	39.92^{b}±2.43	60.23^{a}±4.80
	Cohesiveness$^{(NS)}$	0.88±0.07	0.87±0.02	0.83±0.01
	Chewiness (N·mm)	0.21^{b}±0.06	0.20^{b}±0.04	0.61^{a}±0.05

Note: Data are presented as mean ± SD.

The different superscript letters in the same row indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

^{NS} Not Significant

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส (Table 4) พบว่าการเติม K-carrageenan ในระดับที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณสมบัติบางด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยลักษณะปรากฏดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมในระดับ 1.0% และ 1.5% (คะแนน 7.00 และ 6.95 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับสูตรที่ไม่เติม (6.40) แสดงว่าการเกิดเจลช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความน่ารับประทานมากขึ้น ในด้านเนื้อสัมผัส ความง่ายในการเคี้ยว และความง่ายในการกลืน พบว่าการเติม K-carrageenan 1.0% ให้คะแนนสูงสุด โดยเฉพาะความง่ายในการกลืนที่มีค่าเฉลี่ย 7.25 ซึ่งสูงกว่าสูตรที่ไม่เติม (5.85) อย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติของ K-carrageenan ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีประจุลบจากหมู่ซัลเฟต สามารถสร้างโครงข่ายเจลร่วมกับโปรตีน ทำให้ได้เนื้อสัมผัสที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุหรือผู้ที่มีปัญหาด้านการกลืนอาหาร นอกจากนี้ความชอบโดยรวมมีค่าสูงสุดเมื่อเติม K-carrageenan 1.0% (7.25) ซึ่งแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าระดับนี้ให้สมดุลที่ดีที่สุดระหว่างเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความสะดวกในการบริโภค ขณะที่คุณลักษณะด้านกลิ่น สี และรสชาติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทุกกลุ่ม สะท้อนว่า K-carrageenan ไม่มีผลต่อปัจจัยเหล่านี้

คุณสมบัติด้านสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งประเมินจากค่าความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตัวอย่างที่เติม K-carrageenan ในระดับต่าง ๆ โดยค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 40.04–40.28 ค่า a* อยู่ที่ 4.18–4.67 และค่า b* อยู่ที่ 33.18–33.93 (Table 5) แสดงว่าการเติม K-carrageenan ในปริมาณ 0.5–1.5% ไม่มีผลกระทบต่อสีของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการประเมินทางประสาทสัมผัสที่พบว่า สีของตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัส (Table 5) พบว่าค่าความแข็ง (hardness) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระดับของ K-carrageenan ที่เติม โดยสูตรที่เติม 0.5% มีค่าความแข็งต่ำที่สุด (22.96 N) ส่วนสูตรที่เติม 1.5% มีค่าความแข็งสูงที่สุด (60.23 N) ขณะที่การเติมในระดับ 1.0% ให้ค่า 39.92 N ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการบริโภค และสอดคล้องกับผลการประเมินทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคให้คะแนนสูงสุดในด้านเนื้อสัมผัส ความง่ายในการเคี้ยว และ

การกลืน แสดงว่าการเพิ่มความแข็งเกินไป เช่นในกรณีเติม 1.5% อาจลดการยอมรับ แม้จะทำให้โครงสร้างเจลแข็งแรงมากขึ้นก็ตาม สำหรับค่าความยืดหยุ่นของเจล (cohesiveness) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.83–0.88 แสดงว่าการเติม K-carrageenan ในระดับ 0.5–1.5% ไม่ส่งผลต่อโครงสร้างพันธะภายในที่เกี่ยวข้องกับความเหนียวแน่นของเจล ในด้านพลังงานที่ต้องใช้ในการเคี้ยว (chewiness) พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเติม K-carrageenan 1.5% (0.61 N·mm) ในขณะที่การเติม K-carrageenan 0.5% และ 1.0% ให้ค่าใกล้เคียงกัน (0.21 และ 0.20 N·mm ตามลำดับ) การเพิ่มขึ้นของค่า chewiness ของตัวอย่างที่ใช้ K-carrageenan 1.5% อาจอธิบายได้ว่าเป็นผลจากโครงสร้างเจลที่แน่นเกินไป เนื่องจาก K-carrageenan มีแนวโน้มที่จะสร้างโครงสร้างเจลที่แข็งแรงขึ้นด้วยการรวมตัวกันของหลาย double helices[22] ซึ่งสอดคล้องกับการที่เพิ่มความแข็งของเนื้อสัมผัสในอาหารเจล ซึ่งอาจทำให้ผู้บริโภครู้สึกว่าเคี้ยวยากขึ้น และลดความพึงพอใจในการบริโภค และงานวิจัยของ Çakır และคณะ[23] ที่ได้รายงานความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะโครงสร้างของเจลในระดับจุลภาค (microstructure) กับการรับรู้ทางประสาทสัมผัส (เช่น ความนุ่ม หนืด หรือแตกตัวในปาก) และคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสที่วัดได้ของเจลที่เกิดจากการผสมเวย์โปรตีนและ K-carrageenan ซึ่งสรุปได้ว่าโครงสร้างจุลภาคของเจลที่เกิดขึ้นมีผลโดยตรงต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถนำไปประยุกต์เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่สอดรับกับความต้องการผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการศึกษาพบว่าการเติม K-carrageenan ในปริมาณ 1.0% ของส่วนของเหลวในต้มจับฉ่ายสูตรที่ 2 ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติเนื้อสัมผัสที่สมดุล โดยมีค่า hardness อยู่ที่ 39.92 N และค่า chewiness เพียง 0.20 N·mm ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเคี้ยวและการกลืนของผู้สูงอายุ ผลิตภัณฑ์ในระดับนี้ยังได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุดจากผู้ประเมิน (7.25 คะแนน) แสดงถึงความเหมาะสมในการใช้เป็นต้นแบบของผลิตภัณฑ์อาหารเจลสำหรับผู้สูงอายุ ดังนั้นจึงใช้สูตรที่ 2 ร่วมกับการเติม K-carrageenan 1.0% ในการพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์อาหารเจลพร้อมรับประทาน เพื่อสร้างนวัตกรรมอาหารที่ตอบโจทย์ผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อย และเพื่อให้สามารถจัดจำหน่ายในรูปแบบรีทอร์ทเพาช์ (retort pouch) ที่เก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้อง คณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม โดยอ้างอิงตาม

ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 เรื่อง อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท ข้อ 3 (1) อาหารที่มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 4.6 เพื่อรับรองความปลอดภัย และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษา

ผลการหากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารที่พัฒนาขึ้นในรีทอร์ทเพาซ์

จากการศึกษาการแทรกผ่านความร้อนของผลิตภัณฑ์อาหารเจลต้นแบบสำหรับผู้สูงอายุที่บรรจุในถุงรีทอร์ท พบว่าการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 20 min ให้ค่า F_0 เท่ากับ 5.0 min (Table 6) ซึ่งสูงกว่าค่าขั้นต่ำที่กำหนด ($F_0 \geq 3$ min) สำหรับการทำลายสปอร์ของ *Clostridium botulinum* ในอาหารที่มีค่า pH สูงกว่า 4.6 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ากระบวนการฆ่าเชื้อมีความเพียงพอและสามารถรับรองความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้น ผลิตภัณฑ์อาหารเจลสำหรับผู้สูงอายุที่พัฒนาขึ้นสามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิห้องภายใต้เงื่อนไขการสเตอริไรส์ดังกล่าว โดยมีรายละเอียดสภาวะการฆ่าเชื้อแสดงใน Table 6

Table 6 Sterilization of the developed prototype gel food product for the elderly was conducted at 121°C.

Sterilization condition	Time (min)
Come up time	15
Process time	20
Cooling time	20
Sterilizing value (F_0)	5.0

ผลิตภัณฑ์อาหารเจลสำหรับผู้สูงอายุที่พัฒนาแล้ว ได้ผ่านกระบวนการสเตอริไรส์ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 20 min และนำไปตรวจวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ตามเกณฑ์ที่กำหนดในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 355 พ.ศ. 2556 ข้อ 3 (1) สำหรับอาหารที่มีค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) สูงกว่า 4.6 ผลการตรวจวิเคราะห์ (Table 7) พบว่า ตัวอย่างไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทั้งในการทดสอบการบ่ม (incubation test ที่ 35°C และ 55°C) การนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Aerobic plate count) รวมถึงเชื้อก่อโรคที่สำคัญ ได้แก่ *Clostridium*

botulinum, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสภาวะการฆ่าเชื้อที่ใช้ สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรับรองความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารเจลที่พัฒนาให้สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ และมีข้อมูลโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (serving size) สำหรับผลิตภัณฑ์ปริมาณสุทธิ 150 g ดังแสดงโดย Table 8

Table 7 Microbial analysis results complied with the Ministry of Public Health Notification No. 335 B.E. 2556 (2013), Section 3 (1).

Analysis Item	Unit	Result
Incubation test at 35 °C and 55 °C	-	Normal
Aerobic Plate Count at 35 °C and 55 °C	CFU/g	None
Clostridium botulinum	/g	Negative
Staphylococcus aureus	/0.1g	Not detected
Salmonella spp.	/25g	Not detected

Table 8 Nutritional composition per serving size

Component	Per serving (150 g)
Moisture (g)	132.89
Protein (g)	5.73
Fat (g)	1.58
Fiber (g)	1.14
Ash (g)	1.73
Carbohydrate (g)	6.98
Energy (kcal)	68.73

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ถูกบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้ออย่างสมบูรณ์ จึงสามารถป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ได้หากไม่มีการรั่วซึมทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง

ได้นานถึง 6 เดือนถึง 2 ปี อย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีตามธรรมชาติที่อาจเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ เช่น การเปลี่ยนสี หรือกลิ่นรส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดอายุการเก็บรักษาในเชิงพาณิชย์ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้ก่อนนำผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

บทสรุป

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลพร้อมรับประทานจากเมนูต้มจับฉ่าย เพื่อให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุที่มีภาวะกลืนลำบากเล็กน้อยตามมาตรฐาน IDDSI ระดับที่ 1 กลืนลำบากเล็กน้อย (mild) IDDSI level 6 โดยมีการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบจากเนื้อสัตว์ที่มีไขมันอิ่มตัวสูงมาเป็นผัก เต้าหู้นิ่ม และปลา เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้สูงอายุ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยกลุ่มผู้สูงอายุพบว่าสูตรที่ประกอบด้วยฟักทอง 35% แครอท 15% เต้าหู้นิ่ม 20% และปลา 30% ได้รับการยอมรับสูงที่สุด และมีรสชาติใกล้เคียงกับสูตรดั้งเดิม การเติม K-carrageenan 1.0% ช่วยเพิ่มความเรียบเนียนของเนื้อสัมผัส รวมถึงความง่ายในการเคี้ยวและกลืนได้อย่างชัดเจน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยอุณหภูมิ 121°C นาน 20 min มีความปลอดภัยตามเกณฑ์ที่กำหนดของกระทรวงสาธารณสุข แสดงถึงศักยภาพในการประยุกต์เมนูอาหารพื้นบ้านสู่ผลิตภัณฑ์พร้อมรับประทานที่ตอบโจทย์ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย และช่วยส่งเสริมโภชนาการรวมถึงคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนต่อหนึ่งหน่วยบรรจุยังต่ำกว่าคำแนะนำโภชนาการรายวันสำหรับผู้สูงอายุ จึงควรมีการพัฒนาสูตรเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้เพียงพอ แนวทางที่เหมาะสม เช่น การเสริมด้วยโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลือง ถั่วลันเตา เวย์โปรตีน หรือการใช้โปรตีนจากไข่ขาว ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการโปรตีนของผู้สูงอายุได้ครบถ้วนยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้สูงอายุ และบุคลากรกองศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุบ้านบางแค ศูนย์ดูแลผู้สูงอายุ Holistic Nursing Home รวมถึงบุคลากรของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ภายใต้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ 2567

เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มเสริมสร้างและพัฒนาศักยภาพเครือข่าย กองส่งเสริมศักยภาพผู้สูงอายุ. กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. สังคมผู้สูงอายุในปัจจุบันและเศรษฐกิจในประเทศไทย. [เข้าถึงเมื่อ 9 ธ.ค. 2566}. เข้าถึงได้จาก: https://www.dop.go.th/th/know/1/926
2. สำนักวิจัยและพัฒนาระบบงานบุคคล สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. ภาครัฐกับการเตรียมความพร้อมเข้าสู่สังคมสูงวัย. วารสารข้าราชการ. 2561; 60(4):1-25.
3. ปิยะภัทร เดชพระธรรม. ปัญหาการกลืนในผู้สูงอายุ (Dysphagia in Elderly). เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร. 2556; 23(3):73-80.
4. Clayton, J. National Dysphagia Diet Task Force, and American Dietetic Association. National dysphagia diet: Standardization for optimal care. American Dietetic Associati, 2002.
5. Cichero, J. A. Y. Adjustment of food textural properties for elderly patients. Journal of texture studies 2016; 47(4):277-283.
6. Okkels SL, Saxosen M, Bügel S, Olsen A, Klausen TW, Beck AM. Acceptance of texture-modified in-between-meals among old adults with dysphagia. Clinical nutrition ESPEN. 2018; 25(1):126-132.
7. Svendsen JA, Okkels SL, Knudsen AW, Munk T, Beck AM. Sensory acceptance of food developed for older adults in different settings. Journal of Sensory Studies. 2021; 36(2): 12640.
8. Pirlich M, Lochs H. Nutrition in the elderly. Best practice & research Clinical gastroenterology. 2001; 15(6):869-884.
9. Limampai T, Impaprasert R, Suntornsuk W. Influence of some hydrocolloids and sterilization conditions on the physical properties of texture-modified foods developed for the swallow training of dysphagia patients. Foods. 2023;12(19):3676.
10. วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สันทัด วิเชียรโชติ, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเจลเพื่อสุขภาพสำหรับผู้สูงอายุจากผลไม้ไทยที่มีองค์ประกอบของสารพรีไบโอติกโดยใช้เยลลี่ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ. [ออนไลน์]. 2560 [สืบค้นเมื่อ 1 กันยายน 2565]; เข้าถึงได้จาก: http://dspace.lib.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/3518
11. วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สุจิตรา ศรีวิเศษ, วราภรณ์ พันธุ์ประเสริฐ. การใช้คาราจีแนนในผลิตภัณฑ์อาหารเจล. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 2560;35(2):45–52.
12. Han JS, Han JA. Preparation and characterization of gel food for elderly. Korean Journal of Food Science and Technology. 2014; 46(5):575-580.
13. Hotchkiss S, Brooks M, Campbell R, Philp K, Trius A. The use of carrageenan in food. Carrageenans: sources and extraction methods, molecular structure, bioactive properties and health effects. 2016; 229-243.
14. ธนากร วงษ์ประเสริฐ, อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์. อิทธิพลของการดัดแปรเนื้อสัมผัสของอาหารเจลด้วยไฮโดรคอลลอยด์ต่อการรับรู้กลิ่นรส. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2562;14(2):95–107.
15. Jayasinghe PS, Pahalawattaarachchi V, Ranaweera KK. Formulation of nutritionally superior and low cost seaweed based soup mix powder. Journal of Food Processing & Technology. 2016;7(4):1-5.
16. Udo T, Mummaleti G, Mohan A, Singh RK, Kong F. Current and emerging applications of carrageenan in the food industry. Food Research International. 2023;173:113369.

17. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International, Maryland, USA, 2000.
18. Hayakawa F, Kazami Y, Ishihara S, Nakao S, Nakauma M, Funami T, Nishinari K, Kohyama K. Characterization of eating difficulty by sensory evaluation of hydrocolloid gels. Food Hydrocolloids. 2014; 38(1):95-103.
19. Villamil RA, Escobar N, Romero LN, Huesa R, Plazas AV, Gutiérrez C, Robelto GE. Perspectives of pumpkin pulp and pumpkin shell and seeds uses as ingredients in food formulation. Nutrition & Food Science. 2023; 53(2):459-473.
20. Pathania S, Kaur N. Utilization of fruits and vegetable by-products for isolation of dietary fibres and its potential application as functional ingredients. Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2022; 27:100295.
21. Nunes MC, Raymundo A, Sousa IJ. Rheological behaviour and microstructure of pea protein/κ-carrageenan/starch gels with different setting conditions. Food Hydrocolloids. 2006; 20(1):106-113.
22. Yuguchi Y, Thuy TT, Urakawa H, Kajiwara K. Structural characteristics of carrageenan gels: temperature and concentration dependence. Food hydrocolloids. 2002; 16(6):515-522.
23. Çakır E, Daubert CR, Drake MA, Vinyard CJ, Essick G, Foegeding EA. The effect of microstructure on the sensory perception and textural characteristics of whey protein/κ-carrageenan mixed gels. Food Hydrocolloids. 2012; 26(1):33-43.

จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่และแนวทางการประยุกต์ใช้ในอาหารฟังก์ชัน

อรวรรณ ละอองคำ

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: ifrowl@ku.ac.th

รับเมื่อ 28 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 17 ธันวาคม 2568 **ตอบรับเมื่อ** 6 มีนาคม 2569

จุดเด่น

- กลไกการออกฤทธิ์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่
- ข้อมูลสายพันธุ์จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ที่มีศักยภาพต่อสุขภาพแบบจำเพาะ
- ความเป็นไปได้ในการนำจุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารฟังก์ชัน

บทคัดย่อ

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจีโนมิกส์และการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาระบบไมโครไบโอมของมนุษย์ทำให้มีการค้นพบจุลินทรีย์กลุ่มใหม่ซึ่งในอดีตเพาะเลี้ยงได้ยากหรือไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ด้วยวิธีดั้งเดิม แต่ปัจจุบันสามารถเพาะเลี้ยงได้ด้วยเทคนิคเฉพาะทาง ส่งผลให้สามารถศึกษาบทบาทเชิงสุขภาพและศักยภาพในการประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง จุลินทรีย์เหล่านี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่ม “โพรไบโอติกยุคใหม่” หรือ Next-Generation Probiotics (NGPs) ซึ่งแสดงคุณสมบัติเฉพาะสายพันธุ์ในการปรับสมดุลเมแทบอลิซึม การควบคุมการอักเสบ และการเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน บทความนี้นำเสนอข้อมูลเชิงกลไกที่สนับสนุนบทบาทด้านสุขภาพของ NGPs ในระดับหลอดทดลอง สัตว์ทดลอง และการศึกษาในมนุษย์ โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูง เช่น *Faecalibacterium prausnitzii*, *Akkermansia muciniphila*, *Bacteroides* spp. และ *Clostridium butyricum* นอกจากนี้ยังกล่าวถึงแนวทางเชิงเทคนิคและความท้าทายด้านความปลอดภัยในการประยุกต์ใช้ NGPs ในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน รวมถึงเทคโนโลยีการห่อหุ้มจุลินทรีย์และการใช้เมแทบอไลต์หรือองค์ประกอบของเซลล์ (postbiotics) เพื่อเพิ่มความคงตัว ความปลอดภัย และประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ บทความนี้จึงเป็น

พื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาอาหารฟังก์ชันสมัยใหม่และผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีเป้าหมายจำเพาะต่อสุขภาพในอนาคต

คำสำคัญ: โพรไบโอติกยุคใหม่ กลไกการออกฤทธิ์ จุลินทรีย์ในลำไส้ อาหารฟังก์ชัน

Next-generation probiotics and their applications in functional foods

Orawan La-ongkham

Department of Applied Microbiology, Institution of Food Research and Product Development, Kasetsart University

Corresponding author, e-mail: ifrowl@ku.ac.th

Received 28 July 2025; **Revised** 17 December 2025; **Accepted** 6 March 2026

Highlights

- Key mechanistic insights of next-generation probiotics (NGPs)
- Highlights health-promoting strains with targeted and personalized metabolic or immunomodulatory effects
- Perspective on the potential of NGPs in the functional food industry

Abstract

Advancements in genomics and human microbiome analytics have led to the discovery of novel gut microorganisms that were historically difficult or impossible to culture using conventional methods. With the development of specialized cultivation techniques, many of these microorganisms can now be isolated and propagated, enabling detailed investigation of their health-related functions and potential applications. These microbes are classified as Next-Generation Probiotics (NGPs) and exhibit strain-specific capabilities in modulating host metabolism, regulating inflammation, and enhancing immune function. This review synthesizes mechanistic evidence supporting the beneficial roles of NGPs based on in vitro studies, animal

models, and human investigations, with emphasis on key candidate strains such as *Faecalibacterium prausnitzii*, *Akkermansia muciniphila*, *Bacteroides* spp., and *Clostridium butyricum*. The review also highlights emerging technical strategies and safety considerations for incorporating NGPs into functional food products, including microencapsulation technologies and the use of microbial metabolites or cell-derived components (postbiotics) to improve stability, safety, and functional efficacy. Overall, this article provides a scientific foundation for the development of next-generation functional foods and nutraceuticals with targeted health benefits.

Keywords: next-generation probiotics, gut microbiota, mechanisms of action, functional foods

บทนำ

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา แนวคิดเกี่ยวกับโพรไบโอติกได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องจากบทบาทในการส่งเสริมสุขภาพผ่านการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยเฉพาะแบคทีเรียกรดแล็กติก (Lactic acid bacteria; LAB) และไบฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium)* ซึ่งมีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหมักและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของโพรไบโอติกแบบดั้งเดิม เช่น ขอบเขตของสายพันธุ์ที่จำกัด และผลการออกฤทธิ์ที่ไม่จำเพาะ ได้กระตุ้นให้เกิดการค้นหาจุลินทรีย์ชนิดใหม่ที่มีศักยภาพสูงกว่าและสามารถออกฤทธิ์จำเพาะต่อโรคบางชนิด จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลจีโนมและการวิเคราะห์ข้อมูลไมโครไบโอม ส่งผลให้มีการค้นพบจุลินทรีย์กลุ่มใหม่ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มโพรไบโอติกยุคใหม่ หรือ Next-Generation Probiotics (NGPs) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้แสดงศักยภาพในการออกฤทธิ์ที่จำเพาะต่อการส่งเสริมสุขภาพในหลายระดับ ได้แก่ ระดับเมแทบอลิซึม ภูมิคุ้มกัน และการอักเสบ คุณสมบัติเหล่านี้มีความจำเพาะต่อสายพันธุ์ (strain-specific) ทำให้ NGPs มีแนวโน้มในการถูกนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อบำบัดหรือป้องกันโรคเฉพาะกลุ่ม (targeted or precision-based interventions) มากกว่าการใช้งานทั่วไปต่างจากโพรไบโอติกแบบดั้งเดิม ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ยังสามารถพัฒนาในรูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันหรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความจำเพาะและมีเป้าหมายชัดเจนยิ่งขึ้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนองค์ความรู้เกี่ยวกับ บทบาทของอาหารต่อไมโครไบโอมในระบบทางเดินอาหาร ความแตกต่างของโพรไบโอติกแบบดั้งเดิมและโพรไบโอติกยุคใหม่ โดยเน้นศักยภาพทางสุขภาพ กลไกการออกฤทธิ์ ตัวอย่างจุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ที่มีการศึกษาล่าสุด และแนวทางการประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีอาหารเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยในอนาคต

ไมโครไบโอมในระบบทางเดินอาหาร

โครงการ Human Microbiome Project ซึ่งเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 (ค.ศ. 2007) มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำฐานข้อมูลสารพันธุกรรมทั้งหมด หรือ ข้อมูลจีโนม (genome) ของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายมนุษย์ โดย

จีโนมรวมทั้งหมดของจุลินทรีย์เหล่านี้ถูกเรียกว่า “ไมโครไบโอม” (microbiome) ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางพันธุกรรมที่มีขนาดใหญ่กว่าจีโนมของมนุษย์ประมาณ 150 เท่า โครงการดังกล่าวนับเป็นจุดเริ่มต้นใหม่ในการศึกษาบทบาทของไมโครไบโอมที่มีต่อการทำงานของร่างกายมนุษย์ เกิดองค์ความรู้ใหม่ทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจเกี่ยวกับบทบาทของจุลินทรีย์ในด้านสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ด้วยวิธีดั้งเดิม (non-culturable) และกลุ่มที่ศึกษาด้วยเทคนิคแบบไม่ต้องอาศัยการเพาะเลี้ยง (culture independent)[1]

“ไมโครไบโอมในลำไส้” หรือ “ไมโครไบโอมในระบบทางเดินอาหาร” (gut microbiota) หมายถึงกลุ่มของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อาศัยอยู่ภายในระบบทางเดินอาหารของโฮสต์ ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีความสัมพันธ์แบบพึ่งพา (commensal) แบบเกื้อกูล (symbiotic) และแบบก่อโรค (pathogenic) โดยส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรีย (bacteria) ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีจำนวนมากและมีการศึกษาอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงไวรัส (viruses) อาร์เคีย (archaea) โพรโตซัว (protozoa) และรา (fungi) อีกด้วย[2] ไมโครไบโอมในลำไส้ของมนุษย์มีปริมาณเซลล์จุลินทรีย์ประมาณ 10^{14} เซลล์ ซึ่งใกล้เคียงกับจำนวนเซลล์ของมนุษย์ และมีความหลากหลายสูง โดยมีจุลินทรีย์มากกว่า 1,000 สายพันธุ์[2, 3] ความหลากหลายของจุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อระบบเมแทบอลิซึมของโฮสต์ ส่งผลให้เกิดการทำงานร่วมกันในลักษณะ “ซูเปอร์ออร์แกนิซึม” (superorganism)[2, 4] เพื่อให้เห็นภาพรวมขององค์ประกอบไมโครไบโอมในลำไส้มนุษย์อย่างชัดเจน สามารถแบ่งกลุ่มของแบคทีเรียออกเป็นกลุ่มที่มีบทบาทด้านสุขภาพ (beneficial or commensal) และกลุ่มที่อาจก่อโรคหรือเป็นโอกาสฉวยโอกาส (potentially pathogenic or opportunistic) ดังแสดงใน Table 1

Table 1. Representative genera in the human gut microbiome categorized into beneficial and potentially harmful groups. [2-4]

Genera (Examples)	Key Functions / Characteristics
Beneficial or commensal genera	
Bifidobacterium	Production of short-chain fatty acids (SCFAs); enhancement of gut barrier and immune modulation
Lactobacillus, *Lacticaseibacillus*, *Lactiplantibacillus*	Lactic acid production; inhibition of pathogenic bacteria
Faecalibacterium	Major butyrate producer; strong anti-inflammatory effects
Akkermansia	Mucin degradation; supports metabolic health and epithelial integrity
Roseburia	SCFA/butyrate production; contributes to gut homeostasis
Bacteroides (selected species)	Fermentation of complex carbohydrates; essential commensal functions
Ruminococcus, *Eubacterium*, *Blautia*	Fiber degradation and SCFA production; maintenance of microbial balance
Prevotella	Associated with high-fiber diets and carbohydrate metabolism
Potentially pathogenic or opportunistic genera	
Escherichia/Shigella	Opportunistic pathogens; contribute to gastrointestinal infections
Klebsiella	Associated with gut and systemic infections, especially in dysbiosis
Clostridium sensu stricto (e.g., *C. difficile*)	Toxin production; causes intestinal inflammation
Enterococcus	Opportunistic pathogen; linked to antibiotic resistance
Fusobacterium	Associated with inflammatory disorders and colorectal cancer
Campylobacter, *Proteus*	Gastrointestinal infections and inflammatory responses
Streptococcus (selected species)	Associated with systemic infections in dysbiosis

ไมโครไบโอมในลำไส้มีบทบาทโดยตรงต่อสุขภาพมนุษย์ เนื่องจากสามารถสังเคราะห์สารชีวภาพ (bioactive compounds) หลากหลายชนิดที่ส่งผลต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย รวมถึงระบบภูมิคุ้มกัน ระบบประสาท และระบบย่อยอาหาร อีกทั้งยังมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่เกี่ยวข้องกับลำไส้ (gut-associated lymphoid tissue: GALT) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการพัฒนาและการทำงานของเซลล์ภูมิคุ้มกัน การผลิตไซโตไคน์ และการป้องกันการติดเชื้อจากจุลินทรีย์ก่อโรค นอกจากนี้ไมโครไบโอมในลำไส้ยังเชื่อมโยงกับระบบประสาทส่วนกลางผ่านแกนลำไส้–สมอง (gut–brain axis) ซึ่งมีอิทธิพลต่อสุขภาพจิต อารมณ์ และการทำงานของสมอง[5]

สำหรับบุคคลที่มีสุขภาพแข็งแรง ระบบนิเวศจุลินทรีย์ในลำไส้จะอยู่ในสภาวะสมดุล (symbiosis) ระหว่างจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งสามารถควบคุมซึ่งกันและกันได้ แต่เมื่อเกิดภาวะเสียสมดุลของไมโครไบโอมในลำไส้ (dysbiosis) อันเนื่องมาจากการลดลงของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หรือการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ก่อโรค จะส่งผลให้เกิดโรค หรือเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคอ้วน เบาหวานชนิดที่ 2 โรคลำไส้อักเสบ โรคทางระบบประสาท โรคระบบทางเดินหายใจ และมะเร็งบางชนิด ดังนั้น การรักษาสมดุลของจุลินทรีย์หรือไมโครไบโอมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการคงไว้ซึ่งสุขภาพที่ดี[6, 7]

บทบาทของอาหารต่อไมโครไบโอมในระบบทางเดินอาหาร

พฤติกรรมการบริโภคอาหารของมนุษย์ ส่งผลโดยตรงต่อความหลากหลายและองค์ประกอบของไมโครไบโอมในลำไส้ โดยมีรายงานว่าการบริโภคอาหารที่ไม่สมดุลสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของชุมชนจุลินทรีย์ในทางลบ[2] ในทางตรงกันข้าม การบริโภคสารอาหารที่เหมาะสม โดยเฉพาะกลุ่มโพรไบโอติก พรีไบโอติก ใยอาหาร และผลิตภัณฑ์อาหารหมัก มีส่วนช่วยส่งเสริมสุขภาพลำไส้ และเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร[8] อาหารแบบตะวันตกซึ่งมีปริมาณน้ำตาลและไขมันอิ่มตัวสูง มีแนวโน้มส่งผลเสียต่อสมดุลของไมโครไบโอมในลำไส้ ในขณะที่อาหารแบบเมดิเตอร์-เรเนียน ซึ่งเน้นการบริโภคผัก ผลไม้ ธัญพืชเต็มเมล็ด ไขมันดีจากน้ำมันมะกอก รวมถึงโปรตีนจากปลาและถั่ว และลดการบริโภคเนื้อแดง น้ำตาล และอาหารแปรรูป พบว่าช่วยเพิ่มความหลากหลายของจุลินทรีย์ในลำไส้ และส่งผลดีต่อสุขภาพโดยรวม[9, 10]

อาหารกลุ่มคาร์โบไฮเดรต โดยเฉพาะในรูปแบบไฟเบอร์ที่ละลายน้ำได้ (soluble fiber) จัดเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ซึ่งนำไปสู่การผลิตสารเมแทบอไลต์จำพวกกรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acids: SCFAs) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพในหลายด้าน เช่น การควบคุมการเผาผลาญกลูโคสและไขมัน ตลอดจนการปรับสมดุลการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย[11] มีรายงานว่าการขาดสารพรีไบโอติกซึ่งส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และไม่สามารถย่อยได้โดยร่างกายมนุษย์ ส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่ม *Bacteroides thetaiotaomicron* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยไกลแคนของมิวซินมีปริมาณลดลง นำไปสู่ภาวะเยื่อบุลำไส้อ่อนแอ[12]

นอกจากคาร์โบไฮเดรตแล้ว องค์ประกอบอื่นในอาหารยังส่งผลต่อไมโครไบโอมในลำไส้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยในหลอดทดลอง *(in vitro)* พบว่าการหมักโปรตีนจากพืชสามารถเพิ่มปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* พร้อมทั้งกระตุ้นการสังเคราะห์กรดไขมันสายสั้น และสามารถลดปริมาณแบคทีเรียที่เป็นอันตราย เช่น *Bacteroides fragilis* และ *Clostridium perfringens* ได้อย่างมีนัยสำคัญ[12, 13]

การบริโภคไขมันในปริมาณสูง โดยเฉพาะกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids: SFAs) อาจนำไปสู่ภาวะเสียสมดุลของไมโครไบโอมในลำไส้ (gut dysbiosis) โดยอาหารที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงสามารถกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตซัลเฟตซึ่งมีผลเสียต่อชั้นเมือกในลำไส้ และเป็นปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบเรื้อรังในลำไส้ (colitis)[12, 14] ในทางตรงกันข้าม กรดไขมันโอเมก้า-3 อาจมีผลเชิงบวกต่อองค์ประกอบของไมโครไบโอมในลำไส้ โดยสามารถกระตุ้นการผลิตสารต้านการอักเสบ และกรดไขมันสายสั้นชนิดอะซิเตต (acetate) ทั้งนี้ สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างกรดไขมันโอเมก้า-3 ต่อโอเมก้า-6 ควรอยู่ที่อัตรา 1:1[15]

มีรายงานว่าการบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลสูงสามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของไมโครไบโอมในลำไส้ในลักษณะคล้ายกับผลกระทบของกรดไขมันอิ่มตัว ซึ่งอาจมีส่วนส่งเสริมการเกิดภาวะเสียสมดุลของระบบเมตาบอลิซึมและโรคเรื้อรังต่าง ๆ [12, 16] นอกจากนี้ สารให้ความหวานเทียม เช่น แอสปาร์แตม (aspartame) แซคคาริน (saccharin) และอะซีซัลเฟมเค (acesulfame K) มีผลในการลดปริมาณแบคทีเรียกลุ่ม *Clostridiales*, *Lactobacillales* และ *Bifidobacterium* ขณะเดียวกันกลับเพิ่มจำนวนแบคทีเรียในกลุ่ม

Enterobacteriaceae ซึ่งสัมพันธ์กับภาวะระดับน้ำตาลในเลือดขณะอดอาหารที่สูงขึ้น และการตอบสนองต่ออินซูลินที่ลดลง[17]

งานวิจัยในหลอดทดลอง (*in vitro*) แสดงให้เห็นว่า สารอิมัลซิไฟเออร์ เช่น เลซิทิน โมโนและไดกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส สามารถส่งเสริมการเคลื่อนย้ายของแบคทีเรียผ่านเยื่อบุผนังลำไส้ ส่งผลให้เกิดการอักเสบที่กระจายทั่วร่างกาย (systemic inflammation) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งและองค์ประกอบของไมโครไบโอมในลำไส้[12]

แม้ว่างานวิจัยส่วนใหญ่ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอาหารกับไมโครไบโอมในลำไส้จะมาจากการศึกษาในต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาหลายฉบับในประชากรไทยที่สนับสนุนบทบาทของรูปแบบการบริโภคอาหารต่อโครงสร้างและการทำงานของไมโครไบโอมในลำไส้ โดยพบว่าไมโครไบโอมของผู้ใหญ่ไทยสามารถจำแนกเป็น enterotypes ที่มี *Prevotella* หรือ *Bacteroides* เด่น ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับรูปแบบอาหารที่แตกต่างกัน โดยอาหารไทยดั้งเดิมที่มีคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนและใยอาหารสูงจากข้าวและผักสัมพันธ์กับความหลากหลายของไมโครไบโอมและศักยภาพการทำงานด้านเมแทบอลิซึม[18] งานวิจัยในเด็กไทยยังแสดงให้เห็นว่า การบริโภคอาหารแบบดั้งเดิมที่มีผักสูงและไขมันต่ำสัมพันธ์กับความหลากหลายของจุลินทรีย์ในลำไส้และการผลิตกรดไขมันสายสั้นในระดับที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการบริโภคอาหารแบบเมืองที่มีไขมันสูงและมีปริมาณผักต่ำ[19] นอกจากนี้ การศึกษาในผู้ใหญ่ไทยที่เป็นมังสวิรัติพบว่ารูปแบบอาหารจากพืชสัมพันธ์กับสัดส่วนแบคทีเรียในกลุ่ม *Prevotella* ที่สูงขึ้นและปริมาณแบคทีเรียก่อโรคฉวยโอกาสที่ลดลง[20] โดยรวมแล้ว หลักฐานจากประชากรไทยชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการบริโภคอาหารโดยเฉพาะสัดส่วนของใยอาหารและไขมัน มีบทบาทสำคัญต่อองค์ประกอบ ความหลากหลาย และศักยภาพการทำงานของไมโครไบโอมในลำไส้

ปัจจัยสำคัญที่มีบทบาทในการปรับสมดุลของไมโครไบโอมในลำไส้ ได้แก่ พรีไบโอติก โพรไบโอติก พอลิฟีนอล และผลิตภัณฑ์อาหารหมัก[18, 19] พรีไบโอติก หมายถึง สารอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ในทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตหรือการทำงานของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้ใหญ่ได้อย่างจำเพาะเจาะจง ตัวอย่างที่สำคัญ ได้แก่ อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซ็กคาไรด์ ซึ่งช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียกลุ่ม *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ[10]

โพรไบโอติก (probiotics) หมายถึง จุลินทรีย์มีชีวิตซึ่งเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมจะให้ประโยชน์ต่อสุขภาพของโฮสต์ โดยจุลินทรีย์เหล่านี้ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปว่ามีความปลอดภัยสำหรับการนำไปใช้ (Generally recognized as safe: GRAS) โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (U.S. FDA) หรือได้รับการรับรองภายใต้หลักเกณฑ์ Qualified Presumption of Safety (QPS) โดยสำนักงานความปลอดภัยด้านอาหารแห่งยุโรป (EFSA)[20, 21] การเสริมโพรไบโอติกอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวขององค์ประกอบไมโครไบโอมในลำไส้ โดยเฉพาะการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ซึ่งอาจช่วยในการบำบัดโรคทางเดินอาหารหรือโรคอื่น ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ทางสุขภาพในระยะยาวขึ้นอยู่กับการบริโภคโพรไบโอติกอย่างต่อเนื่อง และการมีอยู่ของสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านั้น[22] โพรไบโอติกสามารถปรับสมดุลของไมโครไบโอมในลำไส้ผ่านกลไกต่าง ๆ เช่น การแข่งขันกับจุลินทรีย์ชนิดอื่นในการแย่งชิงสารอาหารและตำแหน่งการยึดเกาะ การผลิตสารต้านจุลชีพ เช่น แบคเทอริโอซิน (bacteriocins) รวมถึงการกระตุ้นและควบคุมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของโฮสต์

โพรไบโอติกดั้งเดิมสู่โพรไบโอติกยุคใหม่

คำว่า “โพรไบโอติก” (probiotics) มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก หมายถึง “เพื่อชีวิต” (for life) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ให้คำจำกัดความของโพรไบโอติกว่า “จุลินทรีย์มีชีวิตที่ไม่ก่อโรค ซึ่งเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมแล้วจะก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพของโฮสต์”[23] แนวคิดเกี่ยวกับโพรไบโอติกมีมาก่อนที่มนุษย์จะเข้าใจกลไกการออกฤทธิ์ของจุลินทรีย์ในอาหารหมักอย่างเป็นระบบ โดยในอดีตมีการบริโภคอาหารหมักจากความเชื่อด้านคุณค่าทางโภชนาการและสรรพคุณเชิงบำบัด แม้จะยังไม่มีการระบุชนิดของจุลินทรีย์อย่างชัดเจน[18] โพรไบโอติกแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่ม LAB เช่น *Lactobacillus* spp. และ *Bifidobacterium* spp. ซึ่งถูกแยกได้จากผลิตภัณฑ์นมหมักหรือจากจุลินทรีย์ในลำไส้มนุษย์ โดยทั่วไปโพรไบโอติกในกลุ่มนี้มีบทบาทในการย่อยอาหาร รักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ต่อต้านเชื้อก่อโรคและส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน[24]

อย่างไรก็ตาม ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอณูชีววิทยา โดยเฉพาะการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน 16S rRNA ด้วยเทคนิค next-generation sequencing (NGS) ร่วมกับการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางชีวสารสนเทศ (bioinformatics) ทำให้สามารถตรวจพบจุลินทรีย์จำนวนมากที่อาศัยอยู่ในลำไส้มนุษย์ซึ่งไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ด้วยวิธีทั่วไป โดยเฉพาะกลุ่มจุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งส่วนใหญ่ยังไม่สามารถระบุชนิดได้แน่ชัด ด้วยการพัฒนาเทคนิคการหาลำดับจีโนมและการเพาะเลี้ยงแบบเฉพาะทาง ทำให้สามารถแยกและศึกษาจุลินทรีย์ชนิดใหม่ ๆ ที่แสดงศักยภาพเชิงสุขภาพได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น จุลินทรีย์เหล่านี้จึงได้รับการจัดอยู่ในกลุ่ม “โพรไบโอติกยุคใหม่” (next-generation probiotics; NGPs) ซึ่งสามารถให้นิยามได้ว่า “จุลินทรีย์มีชีวิตที่ได้รับการระบุสายพันธุ์จากการศึกษาไมโครไบโอม และเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของโฮสต์”[25] คำว่าโพรไบโอติกจึงได้ขยายขอบเขตออกไปครอบคลุมจุลินทรีย์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ไม่จำกัดเฉพาะแบคทีเรียกลุ่ม LAB หรือ *Bifidobacterium* เท่านั้น

ความแตกต่างระหว่างโพรไบโอติกยุคใหม่กับโพรไบโอติกแบบดั้งเดิมแสดงใน Table 2 ได้แก่ วิธีการระบุสายพันธุ์ที่ใช้เทคโนโลยีลำดับเบสความแม่นยำสูงร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน (big data) ด้านจีโนม การประเมินความปลอดภัย ซึ่งโพรไบโอติกแบบดั้งเดิมมีหลักฐานรองรับจากการใช้งานในมนุษย์มาอย่างยาวนาน ในขณะที่ NGPs ยังคงอยู่ระหว่างการศึกษาวิจัยและยังไม่มีข้อมูลระยะยาวที่เพียงพอในการยืนยันความปลอดภัยอย่างชัดเจน นอกจากนี้ โพรไบโอติกยุคใหม่ยังมีคุณสมบัติเฉพาะสายพันธุ์ (strain-specific) มากกว่าการจำเพาะในระดับชนิด (species-specific) เช่นเดียวกับโพรไบโอติกแบบดั้งเดิม ซึ่งหมายความว่าผลต่อสุขภาพของ NGPs จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ที่ศึกษาโดยเฉพาะ

Table 2. Comparison between next-generation probiotics and traditional probiotics[5]

Issues	Next-generation probiotics	Traditional probiotics
Origin	Derived from next-generation microorganisms that have been recently isolated using advanced tools and techniques	Long history of use and are derived from a limited number of species, such as *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*
Development	Developed based on comparative analysis of microbiota compositions between healthy and diseased individuals	Developed through a top-down screening strategy, which involves screening microbes enriched in healthy individuals compared to those in diseased individuals
Safety	Their safety is not yet proven as they are relatively new and have not been used for as long as traditional probiotics	Along history of safe use in humans
Applications	Primarily used to treat or cure disease conditions	Mainly used as food ingredients or supplements for promoting overall health and well-being.
Regulation	Considered to be live biotherapeutic products (LBPs) or microbiome-based therapeutics, and therefore subject to more stringent regulatory frameworks similar to pharmaceutical products, including clinical evaluation of safety and efficacy.	Generally regulated as foods or dietary supplements, with regulatory requirements focused on safety, quality, and labeling rather than pharmaceutical clinical trials.
Strain specificity	Health-promoting effects are strongly strain-specific, with efficacy and mechanisms often linked to unique genetic and functional traits of individual strains.	Health benefits are often associated with well-characterized strains, although many products have historically been marketed at the species level.

กลไกการออกฤทธิ์ของโพรไบโอติกยุคใหม่และศักยภาพในการประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมสุขภาพ

จุลินทรีย์ในลำไส้มีอิทธิพลต่อสุขภาพของมนุษย์ไม่เพียงแต่ในแง่ของปริมาณหรือการดำรงอยู่เท่านั้น หากแต่ยังรวมถึงเมแทบอลิซึมของชุมชนจุลินทรีย์ภายในลำไส้ด้วย สารเมแทบอไลต์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์อาจเกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมของแบคทีเรีย หรือจากการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นที่ได้จากอาหารหรือจากร่างกายของโฮสต์ ตัวอย่างเช่น กรดไขมันสายสั้น กรดโฟลิก อินโดล กรดน้ำดีทุติยภูมิ ไตรเมทิลเอมีน-เอ็น-ออกไซด์ (TMAO) เซโรโทนิน และกรดแกมมา-อะมิโนบิวทีริก (GABA) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปรับการทำงานของระบบสรีรวิทยาของโฮสต์[26] นอกจากนี้ แนวคิดของโพสต์ไบโอติก (postbiotics) ซึ่งหมายถึงสารเมแทบอไลต์หรือองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต แต่ยังคงมีฤทธิ์ส่งเสริมสุขภาพ ได้ถูกนำมาใช้อธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของจุลินทรีย์ในลำไส้มากขึ้น โดยสารเหล่านี้มีบทบาทต่อการควบคุมการอักเสบ การทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน และความสมบูรณ์ของเยื่อบุลำไส้

กรดไขมันสายสั้น เป็นกลุ่มสารเมแทบอไลต์ที่มีการศึกษามากที่สุด โดยผลิตจากการหมักคาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์ไม่ใช้ออกซิเจนในกระบวนการหมักแบบซัคคาโรไลติก (saccharolytic fermentation) SCFAs เหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพของโฮสต์ ทั้งในด้านการควบคุมเมแทบอลิซึม ระบบภูมิคุ้มกัน และการเสริมความแข็งแรงของแนวป้องกันเยื่อบุลำไส้[27, 28] นอกจากนี้ การผลิตและการใช้ SCFAs ร่วมกันโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในกระบวนการ “cross-feeding” แสดงถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนภายในระบบนิเวศของจุลินทรีย์ในลำไส้[29, 30] ในภาวะการเพาะเลี้ยงบริสุทธิ์ SCFAs ที่ผลิตได้ ได้แก่ อะซิเตท (acetate) บิวทิเรต (butyrate) และโพรพิโอเนต (propionate) ซึ่งแต่ละชนิดมีบทบาทเฉพาะทางสรีรวิทยาดังแสดงใน Table 3

อะซิเตท (C2) พบในปริมาณสูงที่สุด ผลิตได้จากการหมักทั้งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน[31] มีบทบาทกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนในระบบทางเดินอาหาร เช่น GLP-1 และ PYY ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมพลังงานและเมแทบอลิซึมของร่างกาย นอกจากนี้ยังช่วยในการสังเคราะห์กรดไขมัน การสร้างพลังงานผ่านวัฏจักร TCA และการกระตุ้น AMPK ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตอะซิเตท ได้แก่ *Akkermansia muciniphila* ซึ่งย่อยสลายมิวซินใน

ชั้นเมือกลำไส้ ช่วยเสริมสร้างแนวป้องกันทางกายภาพของเยื่อบุ และ *Bacteroides xylanisolvens* ซึ่งหมักไซแลนและน้ำตาลบางชนิดเพื่อผลิตอะซิเตท[32] นอกจากนี้อะซิเตทยังเป็นสารตั้งต้นให้แก่จุลินทรีย์กลุ่มผลิตบิวทิเรตในการสร้าง SCFA ที่สำคัญต่อสุขภาพลำไส้[33]

โพรพิโอเนต (C3) มีบทบาทเป็นแหล่งพลังงานของเยื่อบุลำไส้ และสารตั้งต้นในกระบวนการสร้างกลูโคสในตับ มีส่วนช่วยควบคุมระดับกลูโคส ความอิ่ม และลดการสะสมของไขมัน[21] จุลินทรีย์ที่ผลิตโพรพิโอเนต ได้แก่ *Anaerobutyricum hallii* ผ่านสารตัวกลาง 1,2-propanediol[39] และ *Prevotella copri* ผ่าน succinate pathway ซึ่งซัคซิเนตที่ผลิตได้จะเป็นตัวกลางในการผลิตโพรพิโอเนต[40]

บิวทิเรต (C4) ผลิตโดยจุลินทรีย์กลุ่ม *Firmicutes* เช่น *Faecalibacterium prausnitzii*[34] *Anaerobutyricum hallii*[35] และ *Butyricicoccus pullicaecorum*[36] บิวทิเรตเป็นแหล่งพลังงานหลักของเซลล์เยื่อบุลำไส้ (colonocytes) มีคุณสมบัติต้านมะเร็งผ่านการกระตุ้นเซลล์ T ชนิดควบคุม ช่วยกระตุ้นกระบวนการสร้างกลูโคสในลำไส้ และยับยั้งการตอบสนองแบบอักเสบ[37] งานวิจัยพบว่าภาวะ dysbiosis มีความสัมพันธ์กับการลดลงของจุลินทรีย์ผลิตบิวทิเรต[38]

Table 3 Primary producers, physiological functions, and metabolic pathways of short chain fatty acids (SCFA)

SCFA	Primary Producers	Physiological functions	Metabolic pathways
Acetate[32, 41]	*Akkermansia muciniphila*, *Bacteroides xylanisolvens*	Stimulates GLP-1 and PYY hormone secretion, activates AMPK, enhances energy metabolism, inhibits colorectal cell proliferation	Produced via saccharolytic fermentation; involved in cross-feeding for butyrate production
Butyrate [34-36]	*Faecalibacterium prausnitzii*, *Anaerobutyricum hallii*, *Butyricicoccus pullicaecorum*	Primary energy source for colonocytes, induces regulatory T cells, inhibits	Derived from acetate or lactate; depends on other bacteria for

SCFA	Primary Producers	Physiological functions	Metabolic pathways
		inflammation, promotes intestinal gluconeogenesis	complex carbohydrate breakdown
Propionate (39, 40)	*Anaerobutyricum hallii, Prevotella copri*	Precursor for hepatic gluconeogenesis, activates GPCRs and fatty acid receptors, contributes to glucose homeostasis and satiety	Formed via succinate pathway or from 1,2-propanediol

จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ที่มีศักยภาพ

จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ได้รับความสนใจจากบทบาทในการควบคุมการอักเสบ ป้องกันโรคมะเร็ง และบรรเทาความผิดปกติของระบบเมแทบอลิซึม อย่างไรก็ตาม จุลินทรีย์กลุ่มนี้ส่วนใหญ่อยู่ในสกุลที่ไม่เคยใช้เป็นโพรไบโอติกมาก่อน และมีแนวโน้มต้องอยู่ภายใต้การกำกับดูแลในลักษณะผลิตภัณฑ์ยา ตัวอย่างเช่น *Roseburia intestinalis*, *Faecalibacterium prausnitzii*, *Akkermansia muciniphila*, *Eubacterium* spp. และ *Bacteroides* spp.[42] จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้แสดงบทบาททางสรีรวิทยาหลากหลาย อาทิ การผลิต SCFAs รวมถึงสารเมแทบอไลต์อื่น เช่น วิตามินโฟเลต เซโรโทนิน และอินโดล ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึม ฮอร์โมน และภูมิคุ้มกันของโฮสต์

จุลินทรีย์หลายชนิดยังอยู่ในระยะเริ่มต้นของการศึกษาดังแสดงใน Table 4 โดยเฉพาะในกลุ่ม *Bacteroidales* และ *Clostridiales* ซึ่งพบปริมาณมากในลำไส้ใหญ่ ตัวอย่างเช่น *Bacteroides fragilis* สายพันธุ์ ZY-312 ที่แยกได้จากทารกที่กินนมแม่ มีคุณสมบัติเชิงบวก เช่น การกระตุ้น colonocytes การสร้างสารฆ่าเชื้อ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแมคโครฟาจ อีกทั้งยังลดอาการท้องเสียจากยาปฏิชีวนะและฟื้นฟูแนวกั้นลำไส้ในหนูทดลอง[43, 44] อย่างไรก็ตาม ฤทธิ์ของ *B. fragilis* ขึ้นกับสายพันธุ์ (strain-dependent) โดยบางสายพันธุ์สามารถผลิตสารพิษฟราไจไลซิน (fragilysin) ที่เกี่ยวข้องกับ

มะเร็งลำไส้ใหญ่ ดังนั้น สายพันธุ์ที่ผลิตสารนี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น NGP

Bacteroides xylanisolvens สายพันธุ์ DSM 23964 ซึ่งไม่สร้างสารพิษที่เกี่ยวข้องกับ *B. fragilis* จากการศึกษาทางคลินิกระยะที่ 1 พบว่าสายพันธุ์นี้มีความปลอดภัย และมีแนวโน้มเสริมภูมิคุ้มกันโดยเพิ่มระดับ IgM ที่จำเพาะต่อแอนติเจน TFα ซึ่งเกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อเซลล์มะเร็ง[45, 50] ขณะที่ *Bacteroides dorei* สายพันธุ์ D8 มีความสามารถในการเปลี่ยนคอเลสเตอรอลเป็น coprostanol ในหลอดทดลอง ซึ่งอาจมีศักยภาพในการลดระดับไขมันในเลือด[46]

Clostridium butyricum MIYAIRI 588 (CBM588) ซึ่งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ชีวภาพมีชีวิตเพื่อการรักษา (live biotherapeutic product; LBP) ได้รับการศึกษาในภูมิภาคเอเชียและมีการใช้มานานกว่า 50 ปี โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น เพื่อลดผลกระทบจากภาวะเสียสมดุลของไมโครไบโอมในลำไส้ที่เกิดจากการใช้ยาปฏิชีวนะ รวมถึงใช้ในการรักษาโรค เช่น โรคติดเชื้อ *Clostridium difficile* และ *Helicobacter pylori* ภาวะไขมันในเลือดสูง และมะเร็งบางชนิด[47, 51] การทดลองในหนู พบว่าการให้ CBM588 สามารถฟื้นฟูภาวะเสียสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ สามารถเพิ่มความชุกของแบคทีเรียกลุ่ม *Bifidobacterium*, *Lactobacillus* และ *Lactococcus* ในลำไส้[52]

Table 4 Well-characterized and potential next-generation probiotic microorganisms

Organism	Type	Disease target	Outcome or Clinical Effects and Functionality	Study type
Bacteroides fragilis ZY-312[43]	Natural (human)	Antibiotic-associated diarrhea AAD	*B. fragilis* ameliorated AAD-related diarrhea	Rat
Bacteroides xylanisolvens DSM 23964[45]	Natural (human)	Cancer	Safety in humans has been established while levels of TFα-specific IgM have been shown to be elevated in humans	Human

Organism	Type	Disease target	Outcome or Clinical Effects and Functionality	Study type
Bacteroides dorei D8[46]	Natural (human)	Heart disease	Depletion of cholesterol in vitro	Preclinical *in vitro*
Clostridium butyricum MIYAIRI 588[42, 47]	Natural (human)	Multiple targets including cancer, inflammation and infectious agents	Preventing antibiotic-associated diarrhoea / improved the imbalance of microbial conditions caused by antibiotics	Human
Faecalibacterium prausnitzii[48]	Natural (human)	Mainly IBD but also asthma, eczema and type 2 diabetes	Mainly focused animal models of colitis and in associative studies	Preclinical in mice and *in vitro*
Akkermansia muciniphila[49]	Natural (human)	Obesity	Enhanced insulin sensitivity, elevated levels of anti-inflammatory cytokines	Mice

Faecalibacterium prausnitzii เป็นจุลินทรีย์ที่พบได้บ่อยในลำไส้ใหญ่ของผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี โดยจัดอยู่ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยในระบบทางเดินอาหาร[34] มีรายงานว่าผู้ป่วยโรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง (inflammatory bowel disease; IBD) การติดเชื้อ *Clostridioides difficile* และการติดเชื้อไวรัส เช่น COVID-19 มักมีปริมาณ *F. prausnitzii* ในลำไส้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ[53] การศึกษาในสัตว์ทดลอง พบว่า การเสริม *F. prausnitzii* สามารถกระตุ้นการสร้างไซโตไคน์ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ[48] ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของจุลินทรีย์ชนิดนี้ในการป้องกันภาวะแทรกซ้อนทางระบบทางเดินอาหาร โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่ติดเชื้อ COVID-19 ได้ [53]

Akkermansia muciniphila เป็นจุลินทรีย์สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริม

สุขภาพ รายงานการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า *A. muciniphila* ช่วยลดน้ำหนักตัว มวลไขมัน และเพิ่มความไวต่ออินซูลิน รวมถึงกระตุ้นการหลั่งไซโตไคน์ต้านการอักเสบ ซึ่งส่งผลต่อการลดการอักเสบโดยรวม[49] นอกจากนี้ การศึกษาทางคลินิกหลายชิ้นพบว่า การเสริม *A. muciniphila* อาจช่วยบรรเทาภาวะโรคอ้วน เบาหวานชนิดที่ 1 และ 2 โรคไขมันพอกตับ โรคลำไส้อักเสบ และมะเร็งลำไส้ใหญ่ โดยกลไกหลักคือการปรับสมดุลระบบภูมิคุ้มกันและควบคุมการอักเสบในลำไส้[41, 54] อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติมเพื่อยืนยันกลไกและประสิทธิภาพในมนุษย์อย่างชัดเจน

ศักยภาพในการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ในอาหารฟังก์ชัน

การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ในผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องพิจารณาประเด็นสำคัญหลายด้าน ได้แก่ ประสิทธิภาพทางชีวภาพ ความปลอดภัย และความสามารถในการคงสภาพระหว่างกระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม จุลินทรีย์กลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ต้องการอาหารเฉพาะและมีความไวต่อออกซิเจน จึงเป็นความท้าทายในการผลิตในปริมาณมาก รวมถึงการรักษาเสถียรภาพของเซลล์จุลินทรีย์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพคงที่[2]

เมื่อเปรียบเทียบกับโพรไบโอติกแบบดั้งเดิม ซึ่งมักเน้นการส่งเสริมสุขภาพทั่วไป โพรไบโอติกยุคใหม่มีแนวโน้มในการออกฤทธิ์เฉพาะต่อโรค (disease-specific) จึงตอบสนองต่อกระแสความต้องการของผู้บริโภคที่มุ่งเน้นการเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีเป้าหมายชัดเจน[21, 55] การค้นหาและคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับกลุ่มโรคต่าง ๆ จึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอาหารฟังก์ชันหรือผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่สามารถนำไปใช้ได้จริงและมีศักยภาพในการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ[56]

จากแนวคิดดังกล่าว การพัฒนาโพรไบโอติกยุคใหม่จึงไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการค้นหาสายพันธุ์ที่มีฤทธิ์จำเพาะต่อโรคเท่านั้น หากแต่ยังต้องพิจารณาศักยภาพในการผลิตและการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมด้วย *Akkermansia muciniphila* เป็นจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในรูปแบบพาสเจอไรซ์ ซึ่งยังคงคุณสมบัติทางสุขภาพ และได้รับการรับรองด้านความปลอดภัยจากองค์การความปลอดภัยอาหารแห่งสหภาพยุโรป (European Food Safety

Authority: EFSA) โดยผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีจุลินทรีย์นี้สามารถจัดเก็บนอกระบบโซ่ความเย็นได้[54, 63] แม้ว่าการพัฒนา Akkermansia muciniphila ในรูปแบบที่ไม่จำเป็นต้องมีชีวิตจะช่วยลดข้อจำกัดด้านความคงตัวและการจัดเก็บได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ยังมีแนวคิดทางเลือกอื่นที่สามารถหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของการใช้จุลินทรีย์มีชีวิตได้อย่างสิ้นเชิง

อีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจคือการใช้โพสต์ไบโอติก (postbiotics) ซึ่งประกอบด้วยเมแทบอไลต์หรือองค์ประกอบของผนังเซลล์จุลินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต โดยไม่ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านความคงตัวของเซลล์จุลินทรีย์ เช่น ความไวต่อออกซิเจน การผลิตโพสต์ไบโอติกสามารถทำได้โดยการเพาะเลี้ยง NGPs ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม แล้วแยกเอาสารออกฤทธิ์ชีวภาพจากของเหลวเหนือเซลล์ (supernatant) มาผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ในอาหารหมัก ขนมหวาน หรือผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์[2, 56]

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ยังต้องการใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ในรูปแบบที่มีชีวิต ระบบนำส่ง (delivery system) ที่เหมาะสมยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ แม้โพรไบโอติกจะสามารถจำหน่ายได้ทั้งในรูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารและเภสัชภัณฑ์ แต่การบริโภคผ่านผลิตภัณฑ์อาหารมักได้รับความนิยมมากกว่า เนื่องจากสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภค และมีความเป็นธรรมชาติ[57]

ด้วยเหตุนี้ แนวทางการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ชีวภาพยุคใหม่จึงถูกพัฒนาให้ครอบคลุมทั้งการใช้จุลินทรีย์ที่มีชีวิตและองค์ประกอบที่ไม่ใช่เซลล์มีชีวิต ซึ่งสามารถอธิบายภาพรวมของการพัฒนาได้ภายใต้กรอบแนวคิดของ Next-Generation Biotics (NGBs)

Figure 1 แสดงแนวทางการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ชีวภาพยุคใหม่ (Next-Generation Biotics: NGBs) ในเทคโนโลยีอาหาร ซึ่งในที่นี้คำว่า NGBs ครอบคลุมทั้งจุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่ที่มีชีวิต (NGPs) และองค์ประกอบที่ไม่ใช่เซลล์มีชีวิต เช่น เมแทบอไลต์หรือส่วนประกอบของเซลล์ที่เรียกรวมว่าโพสต์ไบโอติก (postbiotics) ภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว การใช้เทคโนโลยีไมโครเอนแคปซูเลชัน (microencapsulation) จึงเป็นหนึ่งในกลยุทธ์สำคัญเพื่อลดการสัมผัสกับออกซิเจนและเพิ่มความคงตัวของ NGPs โดยต้องอาศัยวัสดุห่อหุ้มที่มีความปลอดภัย สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหาร และมีประสิทธิภาพในการปกป้องจุลินทรีย์จาก

ออกซิเจน[58, 59] อย่างไรก็ตาม ความท้าทายของการห่อหุ้ม NGPs ได้แก่ ความเข้ากันได้ระหว่างวัสดุห่อหุ้มกับจุลินทรีย์ โดยเฉพาะในกรณีของ *Bacteroides thetaiotaomicron* ซึ่งมีเอนไซม์ไฮโดรเลสที่สามารถย่อยวัสดุพาหะบางชนิดได้[60] นอกจากนี้ชั้นนอกของไมโครแคปซูลควรมีสมบัติไม่ชอบน้ำและทนต่อการเปลี่ยนแปลง pH เพื่อให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารหลากหลายประเภท ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวอาจต้องมีการจัดเก็บในสภาวะเย็นเพื่อให้จุลินทรีย์มีชีวิตรอดตลอดอายุการเก็บรักษา[61] การผลิต NGPs ในรูปแบบไมโคร-เอนแคปซูเลตจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน ผลิตภัณฑ์โภชนเภสัช (nutraceuticals) และผลิตภัณฑ์ยา (pharmaceuticals)[5, 62]

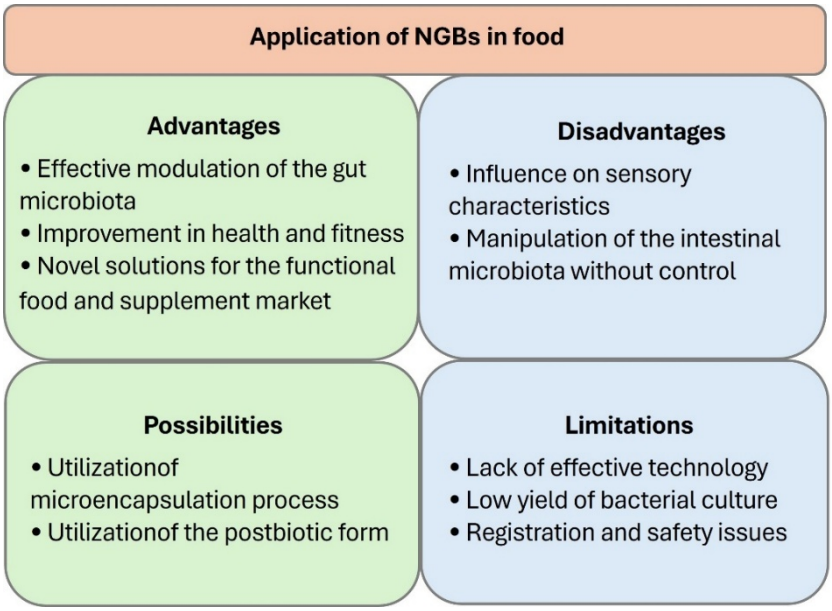


Figure 1 Next-generation biotics (NGBs) applications in food technology.[2]

บทสรุป

จุลินทรีย์โพรไบโอติกยุคใหม่เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากความก้าวหน้าของงานวิจัยด้านไมโครไบโอม โดยเน้นการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงต่อกลไกทางชีวภาพและโรคบางกลุ่ม มากกว่าการส่งเสริมสุขภาพในภาพรวมเพียงอย่างเดียว บทความนี้สรุปให้เห็นว่าโพรไบโอติกยุคใหม่มีศักยภาพในการส่งเสริมสุขภาพผ่านกลไกที่หลากหลายและจำเพาะต่อโรค ทั้งในรูปแบบของจุลินทรีย์มีชีวิต สารเมแทบอไลต์ และองค์ประกอบของเซลล์แบคทีเรีย ภายใต้แนวคิดของ next-generation biotics แม้โพรไบโอติกยุคใหม่จะแสดงศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันและผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีเป้าหมายชัดเจน แต่ยังมีความท้าทายด้านความปลอดภัย การผลิตในระดับอุตสาหกรรม และการคงสภาพของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เช่น ไมโครเอนแคปซูเลชัน และการใช้โพสต์ไบโอติก เป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มความเสถียรและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ การวิจัยเพิ่มเติมในด้านกลไกการออกฤทธิ์ ความปลอดภัยในระยะยาว และระบบนำส่งที่เหมาะสม จะมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาอาหารฟังก์ชันที่มีคุณภาพและตอบโจทย์ผู้บริโภคในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Turnbaugh PJ, Ley RE, Hamady M, Fraser-Liggett CM, Knight R, Gordon JI. The Human Microbiome Project. Nature. 2007;449(7164):804–10.
2. Lalowski P, Zieliński D. The Most Promising Next-Generation Probiotic Candidates—Impact on Human Health and Potential Application in Food Technology. Fermentation. 2024;10(9):444.
3. Sender R, Fuchs S, Milo R. Revised estimates for the number of human and bacteria cells in the body. bioRxiv. 2016:036103.
4. Dietert RR, Dietert JM. The Human Superorganism: Using Microbes for Freedom vs. Fear. Applied Microbiology. 2023;3(3):883–905.
5. Abouelela ME, Helmy YA. Next-Generation Probiotics as Novel Therapeutics for Improving Human Health: Current Trends and Future Perspectives. Microorganisms. 2024;12(3).
6. Carding S, Verbeke K, Vipond DT, Corfe BM, Owen LJ. Dysbiosis of the gut microbiota in disease. Microb Ecol Health Dis. 2015;26:26191.
7. Hou K, Wu Z-X, Chen X-Y, Wang J-Q, Zhang D, Xiao C, et al. Microbiota in health and diseases. Signal Transduction and Targeted Therapy. 2022;7(1):135.
8. Hasnain MA, Kang DK, Moon GS. Research trends of next generation probiotics. Food Sci Biotechnol. 2024;33(9):2111–21.
9. Vernocchi P, Del Chierico F, Putignani L. Gut Microbiota Metabolism and Interaction with Food Components. Int J Mol Sci. 2020;21(10).
10. Conlon MA, Bird AR. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. Nutrients. 2014;7(1):17–44.

11. Klingbeil E, de La Serre CB. Microbiota modulation by eating patterns and diet composition: impact on food intake. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2018;315(6):R1254–R60.
12. Rinninella E, Cintoni M, Raoul P, Lopetuso LR, Scaldaferri F, Pulcini G, et al. Food Components and Dietary Habits: Keys for a Healthy Gut Microbiota Composition. Nutrients. 2019;11(10).
13. Jia J, Dell'Olio A, Izquierdo-Sandoval D, Capuano E, Liu X, Duan X, et al. Exploiting the interactions between plant proteins and gut microbiota to promote intestinal health. Trends in Food Science & Technology. 2024;153:104749.
14. Ijssennagger N, van der Meer R, van Mil SWC. Sulfide as a Mucus Barrier-Breaker in Inflammatory Bowel Disease? Trends in Molecular Medicine. 2016;22(3):190–9.
15. Kaliannan K, Wang B, Li X-Y, Kim K-J, Kang JX. A host-microbiome interaction mediates the opposing effects of omega-6 and omega-3 fatty acids on metabolic endotoxemia. Scientific Reports. 2015;5(1):11276.
16. Dahl WJ, Rivero Mendoza D, Lambert JM. Chapter Eight - Diet, nutrients and the microbiome. In: Sun J, editor. Progress in Molecular Biology and Translational Science. 171: Academic Press; 2020. p. 237–63.
17. Suez J, Korem T, Zeevi D, Zilberman-Schapira G, Thaiss CA, Maza O, et al. Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. Nature. 2014;514(7521):181–6.
18. Leeuwendaal NK, Stanton C, O'Toole PW, Beresford TP. Fermented Foods, Health and the Gut Microbiome. Nutrients. 2022;14(7).
19. Negrete-Romero B, Valencia-Olivares C, Baños-Dossetti GA, Pérez-Armendáriz B, Cardoso-Ugarte GA. Nutritional Contributions and Health Associations of Traditional Fermented Foods. Fermentation. 2021;7(4):289.
20. Reid G. Probiotics: definition, scope and mechanisms of action. Best Pract Res Clin Gastroenterol. 2016;30(1):17–25.
21. Martín R, Langella P. Emerging Health Concepts in the Probiotics Field: Streamlining the Definitions. Front Microbiol. 2019;10:1047.
22. Miller LE, Zimmermann AK, Ouwehand AC. Contemporary meta-analysis of short-term probiotic consumption on gastrointestinal transit. World J Gastroenterol. 2016;22(21):5122–31.
23. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. Expert consensus document. 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):506–14.
24. Mathur H, Beresford TP, Cotter PD. Health Benefits of Lactic Acid Bacteria (LAB) Fermentates. Nutrients. 2020;12(6).
25. Barbosa JC, Machado D, Almeida D, Andrade JC, Brandelli A, Gomes AM, et al. Chapter 24 - Next-generation probiotics. In: Brandelli A, editor. Probiotics: Academic Press; 2022. p. 483–502.
26. Agus A, Clément K, Sokol H. Gut microbiota-derived metabolites as central regulators in metabolic disorders. Gut. 2021;70(6):1174–82.
27. Sivieri K, Morales ML, Saad SM, Adorno MA, Sakamoto IK, Rossi EA. Prebiotic effect of fructooligosaccharide in the simulator of the human intestinal microbial ecosystem (SHIME® model). J Med Food. 2014;17(8):894–901.
28. Deleu S, Machiels K, Raes J, Verbeke K, Vermeire S. Short chain fatty acids and its producing organisms: An overlooked therapy for IBD? EBioMedicine. 2021;66:103293.
29. Sung J, Kim S, Cabatbat JJT, Jang S, Jin Y-S, Jung GY, et al. Global metabolic interaction network of the human gut microbiota for context-specific community-scale analysis. Nature Communications. 2017;8(1):15393.

30. de la Cuesta-Zuluaga J, Mueller NT, Álvarez-Quintero R, Velásquez-Mejía EP, Sierra JA, Corrales-Agudelo V, et al. Higher Fecal Short-Chain Fatty Acid Levels Are Associated with Gut Microbiome Dysbiosis, Obesity, Hypertension and Cardiometabolic Disease Risk Factors. Nutrients. 2018;11(1).
31. Hernández MAG, Canfora EE, Jocken JWE, Blaak EE. The Short-Chain Fatty Acid Acetate in Body Weight Control and Insulin Sensitivity. Nutrients. 2019;11(8).
32. Chassard C, Delmas E, Lawson PA, Bernalier-Donadille A. Bacteroides xylanisolvens sp. nov., a xylan-degrading bacterium isolated from human faeces. Int J Syst Evol Microbiol. 2008;58(Pt 4):1008–13.
33. Belzer C, Chia LW, Aalvink S, Chamlagain B, Piironen V, Knol J, et al. Microbial Metabolic Networks at the Mucus Layer Lead to Diet-Independent Butyrate and Vitamin B(12) Production by Intestinal Symbionts. mBio. 2017;8(5).
34. Duncan SH, Hold GL, Harmsen HJM, Stewart CS, Flint HJ. Growth requirements and fermentation products of Fusobacterium prausnitzii, and a proposal to reclassify it as Faecalibacterium prausnitzii gen. nov., comb. nov. Int J Syst Evol Microbiol. 2002;52(Pt 6):2141–6.
35. Duncan SH, Holtrop G, Lobley GE, Calder AG, Stewart CS, Flint HJ. Contribution of acetate to butyrate formation by human faecal bacteria. Br J Nutr. 2004;91(6):915–23.
36. Eeckhaut V, Van Immerseel F, Teirlynck E, Pasmans F, Fievez V, Snauwaert C, et al. Butyricicoccus pullicaecorum gen. nov., sp. nov., an anaerobic, butyrate-producing bacterium isolated from the caecal content of a broiler chicken. Int J Syst Evol Microbiol. 2008;58(Pt 12):2799–802.
37. Brodmann T, Endo A, Gueimonde M, Vinderola G, Kneifel W, de Vos WM, et al. Safety of Novel Microbes for Human Consumption: Practical Examples of Assessment in the European Union. Frontiers in Microbiology. 2017;Volume 8 - 2017.
38. Rivera-Chávez F, Zhang LF, Faber F, Lopez CA, Byndloss MX, Olsan EE, et al. Depletion of Butyrate-Producing Clostridia from the Gut Microbiota Drives an Aerobic Luminal Expansion of Salmonella. Cell Host Microbe. 2016;19(4):443–54.
39. Engels C, Ruscheweyh H-J, Beerenwinkel N, Lacroix C, Schwab C. The Common Gut Microbe Eubacterium hallii also Contributes to Intestinal Propionate Formation. Frontiers in Microbiology. 2016;Volume 7 - 2016.
40. De Vadder F, Kovatcheva-Datchary P, Zitoun C, Duchampt A, Bäckhed F, Mithieux G. Microbiota-Produced Succinate Improves Glucose Homeostasis via Intestinal Gluconeogenesis. Cell Metab. 2016;24(1):151–7.
41. Derrien M, Belzer C, de Vos WM. Akkermansia muciniphila and its role in regulating host functions. Microbial Pathogenesis. 2017;106:171–81.
42. O'Toole PW, Marchesi JR, Hill C. Next-generation probiotics: the spectrum from probiotics to live biotherapeutics. Nature Microbiology. 2017;2(5):17057.
43. Zhang W, Zhu B, Xu J, Liu Y, Qiu E, Li Z, et al. Bacteroides fragilis Protects Against Antibiotic-Associated Diarrhea in Rats by Modulating Intestinal Defenses. Frontiers in Immunology. 2018;Volume 9 - 2018.
44. Li Z, Deng H, Zhou Y, Tan Y, Wang X, Han Y, et al. Bioluminescence Imaging to Track Bacteroides fragilis Inhibition of Vibrio parahaemolyticus Infection in Mice. Front Cell Infect Microbiol. 2017;7:170.
45. Ulsemer P, Toutounian K, Schmidt J, Karsten U, Goletz S. Preliminary safety evaluation of a new Bacteroides xylanisolvens isolate. Appl Environ Microbiol. 2012;78(2):528–35.
46. Gérard P, Lepercq P, Leclerc M, Gavini F, Raibaud P, Juste C. Bacteroides sp. strain D8, the first cholesterol-reducing bacterium isolated from human feces. Appl Environ Microbiol. 2007;73(18):5742–9.
47. Seki H, Shiohara M, Matsumura T, Miyagawa N, Tanaka M, Komiyama A, et al. Prevention of antibiotic-associated diarrhea in children by Clostridium butyricum MIYAIRI. Pediatr Int. 2003;45(1):86–90.

48. Rossi O, van Berkel LA, Chain F, Tanweer Khan M, Taverne N, Sokol H, et al. Faecalibacterium prausnitzii A2-165 has a high capacity to induce IL-10 in human and murine dendritic cells and modulates T cell responses. Scientific Reports. 2016;6(1):18507.
49. Abuqwider JN, Mauriello G, Altamimi M. Akkermansia muciniphila, a New Generation of Beneficial Microbiota in Modulating Obesity: A Systematic Review. Microorganisms. 2021;9(5).
50. Ulsemer P, Toutounian K, Kressel G, Goletz C, Schmidt J, Karsten U, et al. Impact of oral consumption of heat-treated Bacteroides xylanisolvens DSM 23964 on the level of natural TFα-specific antibodies in human adults. Benef Microbes. 2016;7(4):485–500.
51. Woo TDH, Oka K, Takahashi M, Hojo F, Osaki T, Hanawa T, et al. Inhibition of the cytotoxic effect of Clostridium difficile in vitro by Clostridium butyricum MIYAIRI 588 strain. J Med Microbiol. 2011;60(Pt 11):1617–25.
52. Hagihara M, Kuroki Y, Ariyoshi T, Higashi S, Fukuda K, Yamashita R, et al. Clostridium butyricum Modulates the Microbiome to Protect Intestinal Barrier Function in Mice with Antibiotic-Induced Dysbiosis. iScience. 2020;23(1):100772.
53. He X, Zhao S, Li Y. Faecalibacterium prausnitzii: A Next-Generation Probiotic in Gut Disease Improvement. Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology. 2021;2021(1):6666114.
54. Cani PD, Depommier C, Derrien M, Everard A, de Vos WM. Akkermansia muciniphila: paradigm for next-generation beneficial microorganisms. Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 2022;19(10):625–37.
55. Chang CJ, Lin TL, Tsai YL, Wu TR, Lai WF, Lu CC, et al. Next generation probiotics in disease amelioration. J Food Drug Anal. 2019;27(3):615–22.
56. Vera-Santander VE, Hernández-Figueroa RH, Jiménez-Munguía MT, Mani-López E, López-Malo A. Health Benefits of Consuming Foods with Bacterial Probiotics, Postbiotics, and Their Metabolites: A Review. Molecules. 2023;28(3).
57. Kumari M, Singh P, Nataraj BH, Kokkiligadda A, Naithani H, Azmal Ali S, et al. Fostering next-generation probiotics in human gut by targeted dietary modulation: An emerging perspective. Food Res Int. 2021;150(Pt A):110716.
58. Kowalska E, Ziarno M, Ekielski A, Żelaziński T. Materials Used for the Microencapsulation of Probiotic Bacteria in the Food Industry. Molecules. 2022;27(10):3321.
59. Yao M, Xie J, Du H, McClements DJ, Xiao H, Li L. Progress in microencapsulation of probiotics: A review. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2020;19(2):857–74.
60. Ye M, Yu J, Shi X, Zhu J, Gao X, Liu W. Polysaccharides catabolism by the human gut bacterium -Bacteroides thetaiotaomicron: advances and perspectives. Crit Rev Food Sci Nutr. 2021;61(21):3569–88.
61. Kruk M, Lalowski P, Hoffmann M, Trząskowska M, Jaworska D. Probiotic Bacteria Survival and Shelf Life of High Fibre Plant Snack - Model Study. Plant Foods Hum Nutr. 2024;79(3):586–93.
62. Al-Fakhrany OM, Elekhnawy E. Next-generation probiotics: the upcoming biotherapeutics. Mol Biol Rep. 2024;51(1):505.
63. EFSA Panel on Nutrition NF, Allergens F, Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, et al. Safety of pasteurised Akkermansia muciniphila as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA Journal. 2021;19(9):e06780.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก

ธีรนุช ฉายศิริโชติ[1*], พิรมาลย์ บุญธรรม[2], บุษราคัม สีดาเหลือง[1] และฉัตรชนก บุญไชย[1]

[1] หลักสูตรเทคโนโลยีการประกอบอาหารและการบริการ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

[2] หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: tchysirichote@gmail.com

รับเมื่อ 28 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 31 ตุลาคม 2568 **ตอบรับเมื่อ** 6 มีนาคม 2569

จุดเด่น

- ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิที่พัฒนาขึ้นสามารถเสริมเนื้อลูกจากได้ร้อยละ 10 โดยมีปริมาณพลังงานทั้งหมดน้อยกว่าและมีใยอาหารมากกว่าสูตรพื้นฐาน
- การเพิ่มปริมาณเนื้อลูกจากในไอศกรีมกะทิเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความหลากหลายในการบริโภค
- ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากสามารถตอบสนองความต้องการของชุมชนที่เป็นแหล่งปลูกจากและผู้บริโภคอาหารที่ปราศจากส่วนผสมของสัตว์

บทคัดย่อ

จาก จัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม ในประเทศไทยพบมากในเขตป่าชายเลน รวมถึงบริเวณที่มีน้ำจืดและน้ำกร่อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมปริมาณเนื้อลูกจากในไอศกรีมกะทิทั้งด้านคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการ โดยศึกษาที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 10 (NP10), 15 (NP15) และ 20 (NP20) ของน้ำหนักทั้งหมดของสูตรพื้นฐาน พบว่า การเพิ่มปริมาณจากมีผลให้ค่าสีทั้งความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ร้อยละของการขึ้นฟูลดลง ($p \leq 0.05$) และมีอัตราการละลายลดลง เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ การตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิผสมลูกจากแต่ละสูตรไม่แตกต่างกัน อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ซึ่งไอศกรีมที่มีเนื้อลูกจากได้คะแนนความชอบด้านปริมาณเนื้อลูกจากสูงกว่าไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกไอศกรีมกะทิสูตร NP10 เป็นสูตรที่เหมาะสม จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า ไอศกรีมเสริมเนื้อลูกจากมีปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน พลังงานทั้งหมด และ

น้ำตาลน้อยกว่า ขณะที่ใยอาหารมากกว่าสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) โดย 1 หน่วยบริโภค (80 กรัม) คิดค่าพลังงาน น้ำตาล และไขมันเป็นร้อยละ 7, 13 และ 13 ตามลำดับ ของปริมาณสูงสุดที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน การพัฒนานี้ยังช่วยเพิ่มความหลากหลายให้แก่ไอศกรีมกะทิ ตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภคทั่วไป รวมถึงผู้ที่นิยมบริโภคอาหารที่ปราศจากส่วนผสมจากสัตว์

คำสำคัญ: ไอศกรีม น้ำกะทิ เนื้อลูกจาก การพัฒนาผลิตภัณฑ์

Development of coconut milk ice cream enhanced nipa palm fruit pulp

Teeranuch Chysirichote[1*], Piramal Buntham[2], Bussarakam Seedaluang[1] and Chutchanok Boonchai[1]

[1] Department of Culinary Technology and Service, School of Culinary Arts, Suan Dusit University

[2] Department of Home Economics, School of Culinary Arts, Suan Dusit University

* Corresponding author: tchysirichote@gmail.com

Received 28 July 2025; **Revised** 31 October 2025; **Accepted** 6 March 2026

Highlights

- The developed coconut milk ice cream product was successfully fortified with 10% nipa palm fruit pulp, resulting in a lower total energy content and higher dietary fiber compared to the original formulation
- Increasing the proportion of nipa palm pulp in coconut milk ice cream represents an alternative approach to enhancing product diversity
- The coconut milk ice cream product fortified with nipa palm fruit pulp can meet the needs of communities involved in palm cultivation and consumers seeking plant-based food options

Abstract

Nipa fruticans, classified under the palm family, is commonly found in Thailand, particularly in mangrove forests as well as in freshwater and brackish water areas. This study aimed to investigate the effects of incorporating varying amounts of nipa palm fruit pulp into coconut milk ice cream on its physical properties, sensory qualities, chemical composition and nutrition value. The study examined four formulations: 0% (control), 10% (NP10), 15% (NP15), and 20% (NP20)

based on the total weight of the basic formula. Results indicated that increasing the amount of nipa palm fruit pulp led to reductions in lightness (L^*) and yellowness (b^*), as well as a decrease in overrun percentage ($p \leq 0.05$) and melting rate. Sensory evaluation revealed no significant differences ($p > 0.05$) in appearance, color, aroma, texture, taste, aftertaste, and overall acceptability among the formulations, with all samples receiving moderate levels of liking. However, the formulations containing nipa palm fruit pulp received significantly higher scores ($p \leq 0.05$) for fruit present compared to the control. Based on these findings, the NP10 formulation was selected as the most appropriate. Chemical analysis revealed that ice cream supplemented with nipa palm fruit pulp had significantly lower levels of ash, protein, fat, total energy, and sugar, while containing higher dietary fiber compared to the control ($p \leq 0.05$). An 80-gram serving provided 7%, 13%, and 13% of the recommended daily intake for energy, sugar, and fat, respectively. This product development enhances the variety of coconut milk ice cream products and meets the needs of both producers and consumers, particularly those seeking plant-based food alternatives.

Keywords: ice cream, coconut milk, nipa palm fruit pulp, product development

บทนำ

จาก (Nipa palm) จัดอยู่ในพืชตระกูลปาล์ม พบมากในเขตป่าชายเลนและริมคลองในภูมิภาคแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ ในประเทศไทยพบมากบริเวณที่มีน้ำจืดและน้ำกร่อย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Nypa fruticans* Wurmb. ส่วนต่าง ๆ ของต้นจากที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์มีทั้งใบและผล โดยใบจะถูกนำมามุงหลังคาและห่อขนม ผลจากมีลักษณะอัดรวมกันเป็นทะลาย แต่ละผลจะมีเปลือกหนา สีน้ำตาลเข้ม เนื้อภายในหรือที่เรียกว่า ลูกจาก จะมีสีขาว ขณะที่เป็นผลอ่อนเนื้อภายในมีความใส นุ่ม หอมหวาน สามารถกินสดและนำมาประกอบอาหารทั้งคาวและหวาน รวมถึงนำมาทำน้ำตาลจากที่มีคุณสมบัติคล้ายน้ำตาลมะพร้าว ลูกจากเป็นวัตถุดิบท้องถิ่นในชุมชนแถบป่าชายเลน ประกอบด้วย น้ำ น้ำตาล ใยอาหาร และแร่ธาตุสูง นอกจากนี้ยังมีสารประกอบชีวภาพที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และสามารถช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด[1] ซึ่งยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ด้านอาหารมากนัก

ในสภาพอากาศของไทยที่ค่อนข้างร้อน ผลิตภัณฑ์กลุ่มไอศกรีมจึงเป็นที่นิยมและที่รู้จักกันมาก คือ ไอศกรีมกะทิ ซึ่งจัดเป็นไอศกรีมนมพืช มีที่มาจากการนำน้ำกะทิสดมาแทนการใช้นม นำมาผสมกับส่วนผสมอื่นแล้วนำมาผ่านกระบวนการพาสเจอไรซ์ (pasteurization) เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค จากนั้นนำไปโฮโมจีไนซ์ (homogenization) เพื่อให้เม็ดไขมันแตกตัว ป้องกันการแยกชั้นของไอศกรีม แล้วนำมาทำให้เย็นลงทันที นำไปบ่ม (aging) ทำให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0-5 องศาเซลเซียส เพื่อให้เนื้อสัมผัสไอศกรีมมีความข้นและมัน จากนั้นจึงนำไปปั่นไอศกรีมโดยใช้ความเย็นเพื่อเติมอากาศ ทำให้ไอศกรีมขึ้นฟูและแข็งก่อนนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านี้ เพื่อให้น้ำในไอศกรีมเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งได้ถึงร้อยละ 82 โครงสร้างของไอศกรีมแข็งและคงตัว[2] ไอศกรีมกะทินั้นมีการพัฒนาสูตรให้เข้มข้น มีการปรับกลิ่นรสต่าง ๆ และใส่ส่วนผสมรวมในเนื้อไอศกรีม เช่น ลอดช่องเนื้อขนุน และเนื้อมะพร้าว เป็นต้น ทั้งนี้ตลาดไอศกรีมที่ไม่มีส่วนผสมของนมเริ่มได้รับความนิยมตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2559 และถือเป็นร้อยละ 10 ของตลาดไอศกรีมในอาเซียน โดยไทยส่งออกไอศกรีมจัดอยู่ในอันดับที่ 4 ของโลก และยังเป็นศูนย์กลางการผลิตไอศกรีมในภูมิภาคอาเซียนด้วย[3]

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเนื้อลูกจากมาเพิ่มมูลค่าและเป็นการพัฒนาให้ไอศกรีมกะทิมีความหลากหลายโดยเสริมเนื้อลูกจากในไอศกรีมกะทิซึ่งจะตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตและผู้ประกอบการในชุมชนที่เป็นแหล่งผลิตลูกจากและละแวกใกล้เคียง

รวมถึงผู้บริโภคที่นิยมบริโภคอาหารที่ปราศจากส่วนผสมจากสัตว์และผู้บริโภคทั่วไป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปริมาณเนื้อลูกจากที่เหมาะสมในไอศกรีมกะทิทั้งด้านคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางประสาทสัมผัส องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. เนื้อลูกจากสดช่วงอายุ **5** เดือน จากชุมชนแหลมยาง จังหวัดระยอง
2. น้ำกะทิพาสเจอร์ไรซ์ (ยี่ห้อชาวเกาะ)
3. น้ำตาลทรายขาว (ยี่ห้อมิตรผล)
4. เกลือป่น (ยี่ห้อปรุงทิพย์)
5. แป้งดัดแปร (แป้งโมดิฟายด์)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง ขนาด 3,000 กรัม ความละเอียด 1 จุดทศนิยม (ยี่ห้อ SDS รุ่น IDS-04/IDs-06)
2. เครื่องปั่นไอศกรีม (ยี่ห้อ UNOLD รุ่น 48845, Germany)
3. เครื่องปั่นผสม (ยี่ห้อ Sharp รุ่น EM-ICE2, Japan)
4. นาฬิกาจับเวลา
5. เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตัลแบบปากกา
6. เตาแก๊ส
7. เครื่องวัดสี (handy colorimeter ยี่ห้อ Nippon Denshoku รุ่น NR-000, Japan)
8. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer รุ่น TA-XTi2, England)
9. อุปกรณ์วัดอัตราการละลาย อุปกรณ์วิเคราะห์
10. องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (proximate analysis)
11. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส
12. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การดำเนินการศึกษาวิจัย

1. การเตรียมเนื้อลูกจาก

กรองเนื้อลูกจากสดให้สะเด็ดน้ำ นำมาหั่นเป็นสี่เหลี่ยมมีความกว้างประมาณ 0.5-0.7 เซนติเมตร ยาว 0.5-0.7 เซนติเมตร ลวกในน้ำเดือด 1 นาที ตักขึ้น แช่ในน้ำเย็นทันที นำขึ้น ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ เก็บรักษาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ซิปล็อกที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2. การพัฒนาสูตรไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก

การวิจัยนี้ใช้สูตรพื้นฐานของไอศกรีมกะทิจากหลักสูตรการผลิตไอศกรีมระยะสั้นของศูนย์ฝึกปฏิบัติการอาหารนานาชาติ มหาวิทยาลัยสวนดุสิต[4] ทำการศึกษาปริมาณเนื้อลูกจากเสริมในไอศกรีมที่ระดับร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), ร้อยละ 10 (NP10),

ร้อยละ 15 (NP15) และ ร้อยละ 20 (NP20) ของน้ำหนักทั้งหมดของสูตรพื้นฐานดัง Table 1 โดยผสมน้ำกะทิพาสเจอร์ไรซ์ น้ำตาลทรายขาว และเกลือป่น ต้มที่อุณหภูมิ 85±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เติมแป้งดัดแปรที่ผสมกับน้ำในส่วนผสมของน้ำกะทิ ต้มต่อจนส่วนผสมมีอุณหภูมิ 85±5 องศาเซลเซียส ยกขึ้นนำมาผ่านกระบวนการโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่องปั่นผสมที่ความเร็วสูงสุด เป็นเวลา 2 นาที เติมเนื้อลูกจากที่เตรียมและละลายแล้ว คนให้กระจายตัว ทำให้เย็นทันทีด้วยการหล่อน้ำเย็น บ่มที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เทส่วนผสมลงในเครื่องปั่นไอศกรีม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จนแข็งตัว บรรจุลงในกล่องพลาสติกทนความเย็นขนาด 1000 มิลลิลิตร ปิดฝาแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปทดสอบคุณภาพต่อไป

Table 1 Quantitative composition of coconut milk ice cream with nipa palm fruit pulp across different production scales

Ingredient	Treatments							
	NP0 (Control)		NP10		NP15		NP20	
	g	%	g	%	g	%	g	%
Coconut milk	850.00	74.47	850.00	67.69	850.00	64.75	850.00	62.05
Sugar	175.00	15.33	175.00	13.94	175.00	13.33	175.00	12.77
Salt	1.50	0.13	1.50	0.12	1.50	0.11	1.50	0.11
Modified starch	15.00	1.31	15.00	1.20	15.00	1.14	15.00	1.10
Water	100.00	8.76	100.00	7.96	100.00	7.62	100.00	7.30
Nipa palm fruit pulp	0.00	0.00	114.15	9.09	171.23	13.05	228.30	16.67
Total	1,141.50	100.00	1,255.65	100.00	1312.73	100.00	1,369.8	100.00

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ร้อยละของการขึ้นฟู (% overrun) โดยนำตัวอย่างส่วนผสมก่อนปั่นไอศกรีมมาชั่งน้ำหนักในภาชนะที่ทราบน้ำหนักและปริมาตรที่แน่นอน จากนั้นนำไปปั่นไอศกรีมแล้วมาบรรจุในภาชนะเดิมแล้วชั่งน้ำหนัก แต่ละตัวอย่างทำการวัด 3 ซ้ำ และคำนวณค่าร้อยละของการขึ้นฟูดังสมการที่ 1 [5]

ร้อยละของการขึ้นฟู (%) = (น้ำหนักส่วนผสมก่อนปั่นไอศกรีม (กรัม) – น้ำหนักไอศกรีม (กรัม) / น้ำหนักไอศกรีม) x100 (1)

วิเคราะห์ค่าสี โดยนำตัวอย่างไอศกรีมขณะที่เย็นบรรจุในถ้วยพลาสติกจำนวน 45 กรัม วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ในระบบ CIE โดยค่า *L** แสดงถึงค่าความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 ซึ่ง 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า *a** แสดงถึงค่าสีเขียว (-*a**) จนถึงค่าสีแดง (+*a**) ค่า *b** แสดงถึงค่าสีน้ำเงิน (-*b**) จนถึงค่าสีเหลือง (+*b**) แต่ละตัวอย่างทำการวัด 10 ซ้ำ

วิเคราะห์การคงตัวต่อการละลาย โดยชั่งไอศกรีมให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 45 กรัม ใส่กรวยแก้ว ทำการวัดที่อุณหภูมิควบคุม 25 องศาเซลเซียส ก่อนการวิเคราะห์ตัวอย่างไอศกรีมมีอุณหภูมิ 19 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลาตั้งแต่ 15, 30, 45 และ 60 นาที เพื่อหาการสูญเสียน้ำหนักของไอศกรีมในแต่ละช่วงเวลา ดังสมการที่ 2 และนำน้ำหนักที่ได้คำนวณหาร้อยละการละลายของไอศกรีมและนำไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของน้ำหนักไอศกรีมที่สูญเสียกับเวลาเพื่อหาอัตราการละลายของไอศกรีม[5-6]

น้ำหนักที่สูญเสีย (ร้อยละ) = น้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทั้งหมดในช่วงเวลานั้น (กรัม) / น้ำหนักไอศกรีมเริ่มต้น (กรัม) x 100 (2)

4. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการคัดเลือกและเตรียมตัวอย่างไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากเพื่อวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยประเมินลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ปริมาณเนื้อลูกจาก รสชาติ การตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมกับผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน โดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale test) คะแนน 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด กับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบมากกว่าสูตรอื่น สำหรับการทดลองต่อไป (งานวิจัยนี้ได้รับยกเว้นการรับรองโดย

คณะอนุกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่รับรอง SDU-RDI 2021-040)

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

นำไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากที่ผ่านการคัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต รวมถึงพลังงานที่ได้รับ น้ำตาล และโซเดียม[7] เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำฉลากโภชนาการแบบจีดีเอ (Guideline Daily Amounts, GDA)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การพัฒนาสูตรไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากวางแผนการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (complete randomized design, CRD) ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ทดสอบความแตกต่างด้วย t-test เมื่อตัวอย่างเท่ากับ 2 ตัวอย่าง และวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) เมื่อตัวอย่างมากกว่า 2 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการเตรียมเนื้อลูกจาก พบว่า ลูกจากที่เหมาะสมคือช่วงอายุประมาณ 5 เดือน เมื่อผ่านการลวกมีสีขาว และเนื้อแข็งเพิ่มขึ้น ทั้งนี้หากนำเนื้อลูกจากที่มีอายุน้อยหรืออ่อนเกินไปเมื่อนำมาผสมกับไอศกรีม ลูกจากจะมีลักษณะเป็นผลึกน้ำแข็ง แต่ถ้าใช้เนื้อลูกจากที่มีอายุมากเกินไปมาผสมกับไอศกรีมแล้วลูกจากจะมีความแข็งมาก เมื่อนำลูกจากที่เตรียมแล้วมาผสมในไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม (NP0) ในระดับต่าง ๆ พบว่าลักษณะส่วนผสมก่อนเข้าเครื่องปั่นและเมื่อปั่นเป็นไอศกรีมแล้วมีเนื้อลูกจากที่ใสกว่าส่วนผสมของน้ำกะทิในไอศกรีมและกระจายทั่วในส่วนผสม เมื่อนำมาบ่มและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ถึง -20 องศาเซลเซียส จาก Figure 1 พบว่า ไอศกรีมมีกลิ่นรสของกะทิ รสหวานปานกลาง มีความมันและอยู่ตัวเพิ่มขึ้น เนื้อลูกจากที่กระจายในเนื้อไอศกรีมมีลักษณะเป็นผลึกน้ำแข็ง ทำให้ไอศกรีมที่มีปริมาณเนื้อลูกจากต่างกันจะมีความแข็งและการอยู่ตัวต่างกัน นอกจากนี้ส่วนผสมของไอศกรีมแต่ละตัวอย่างยังมีปริมาณของแข็ง (total solid) และชิ้นเนื้อลูกจากที่ไม่เท่ากันจึงอาจส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีด้วย

NP0 (Control) NP10 NP15 NP20

Figure 1 The appearance of coconut milk-based ice cream containing different levels of nipa palm fruit pulp.

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก

ผลการวิเคราะห์ร้อยละของการขึ้นฟูใน Table 2 พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อลูกจากมีผลให้ร้อยละของการขึ้นฟูลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะเนื้อลูกจากอ่อนที่มีอายุ 5-7 เดือนมีใยอาหารร้อยละ 4.32-4.34[8] รวมถึงชิ้นของเนื้อลูกจากนั้นไปขวางโครงสร้างไขมันที่ทำให้ไอศกรีมขึ้นฟูจึงลดความแข็งแรงของโครงสร้าง ทำให้เกิดความไม่เสถียรและการรวมตัวบางส่วนของเม็ดไขมัน ทั้งนี้การรวมตัวของเม็ดไขมันยังสามารถเกิดได้มากขึ้นเมื่อเซลล์อากาศเคลื่อนที่มาใกล้กัน ทำให้โครงสร้างที่ขึ้นฟูนั้นหยาบ ดังนั้นเมื่อเกิดการรวมตัวของเซลล์อากาศทำให้ขนาดของเซลล์อากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น และค่าร้อยละการขึ้นฟูลดลง[9] สอดคล้องกับผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลูกจัน ไอศกรีมเสริมเนื้อฟักทอง และไอศกรีมเสริมเพียวเร่ส้มโอ ซึ่งการเพิ่มปริมาณเนื้อผักผลไม้ส่งผลต่อค่าร้อยละการขึ้นฟูที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)[10-12]

ผลการวิเคราะห์ค่าสีใน Table 2 พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อลูกจากในไอศกรีมกะทิมีผลให้ความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรควบคุมและสูตร NP10 มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) เป็นเพราะปริมาณของเนื้อลูกจากที่กระจายในไอศกรีมกะทิแตกต่างกันโดยเนื้อลูกจากมีสีขาวและความใสมากกว่าน้ำกะทิและส่วนผสมอื่น สอดคล้องกับผลการวิจัยของจันทวิภา สุปะกิ่ง[8] และ Cheablam and Chanklap[13] ที่รายงานว่า เนื้อลูกจากมีลักษณะนุ่มและโปร่งแสง ซึ่งเนื้อลูกจากอ่อนจะมีความนุ่มและใสกว่าเนื้อลูกจากแก่

Table 2 Overrun (%) and color values of coconut milk ice cream incorporated with different levels of nipa palm fruit pulp

Quality	Treatments			
	NP0 (Control)	NP10	NP15	NP20
Overrun (%)	22.15±0.54[a]	21.93±0.64[a]	20.13±1.05[ab]	19.05±0.89[b]
Color values				
*L**	73.53±0.76[a]	72.35±0.65[a]	70.66±0.56[b]	70.70±0.99[b]
*a** [ns]	(-2.17)±0.16	(-2.26)±0.08	(-2.28)±0.11	(-2.17)±0.14
*b**	1.61±0.11[a]	1.58±0.33[b]	1.57±0.22[b]	1.50±0.20[b]

Remark: a, b means followed by the same letter in the same row which are significantly different ($p \leq 0.05$).

ns means within in the same row which are not significantly different ($p > 0.05$).

ผลการวิเคราะห์การคงตัวต่อการละลายตาม Table 3 และ Figure 2 พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อลูกจากในไอศกรีมมีแนวโน้มให้อัตราการละลายของไอศกรีมแตกต่างกันโดยไอศกรีมกะทิสูตร NP0 (สูตรควบคุม) มีอัตราการละลายสูงกว่าสูตรอื่น โดยสูตร NP10 และ NP15 มีอัตราการละลายใกล้เคียงกัน และสูตร NP20 มีอัตราการละลายค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อัตราการละลายของไอศกรีมนั้นเกิดจากปัจจัยที่มีทั้งระดับการไม่เสถียรของไขมัน ปริมาณและขนาดของผลึกน้ำแข็ง รวมถึงค่าร้อยละของการขึ้นฟูและคุณสมบัติทางรีโอโลยี[14] โดยเนื้อลูกจากที่ใช้อยู่ในระยะไม่อ่อนหรือแก่มากจึงมีปริมาณน้ำค่อนข้างสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของจันทวิภา สุปะกิ่ง[8] และ Bunyapraphatsara และคณะ[15] ที่รายงานว่า เนื้อลูกจากอ่อนจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณความชื้นสูงกว่าเนื้อลูกจากแก่ และยังมีรายงานว่า เนื้อลูกจากที่แก่จะมีใยอาหารสูง[16] ดังนั้นเมื่อนำมาผสมในไอศกรีมและแช่แข็งจะทำให้เนื้อลูกจากแข็งมากขึ้น แต่หากใช้เนื้อลูกจากอ่อนที่มีปริมาณน้ำหรือความชื้นมากมาผสมและแช่แข็งจะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมมาก

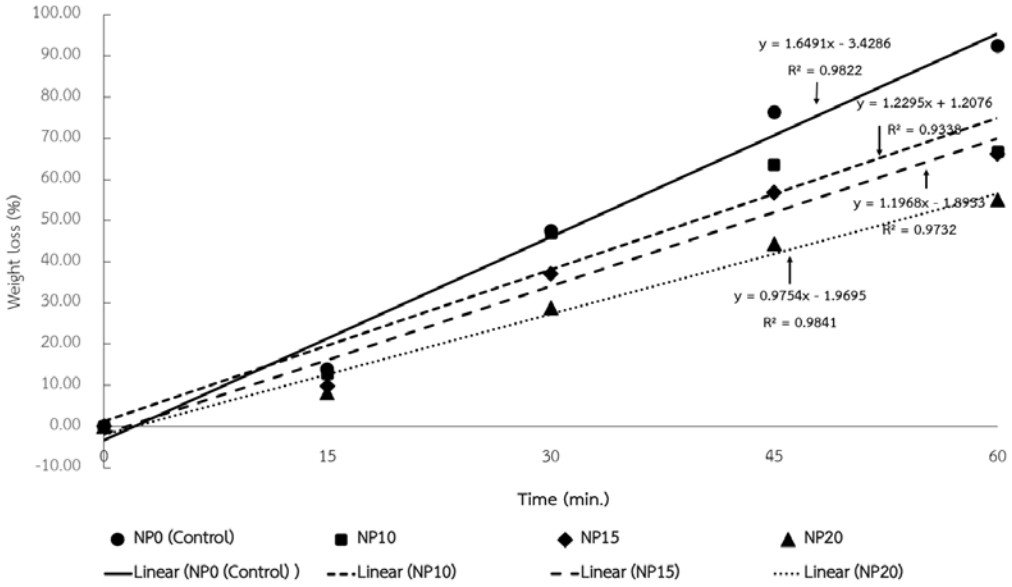


Figure 2 Linear relationship between the percentage weight loss from melting of coconut milk ice cream incorporated with varying levels of nipa palm fruit pulp at 15, 30, 45, and 60 minutes

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก

เมื่อนำไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากทั้ง 4 สูตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบเพื่อคัดเลือกสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงกว่าสูตรอื่น ตาม Table 3 พบว่า ลักษณะปรากฏ สีกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ การตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ส่วนปริมาณเนื้อลูกจากในส่วนผสมไอศกรีมกะทินั้นพบว่าไอศกรีมสูตร NP10, สูตร NP15 และสูตร NP20 ได้คะแนนความชอบสูงกว่าไอศกรีมกะทิสูตร NP0 (สูตรควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในเกณฑ์ชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะเนื้อลูกจากอ่อนจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณความชื้นสูง ดังนั้นเมื่อนำมาผสมในไอศกรีมและแช่แข็งจะทำให้เนื้อลูกจากแข็งและเกิดผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม ทำให้เกิดเนื้อสัมผัสและลักษณะที่ผู้ทดสอบต้องการ[14-15] โดยผลไม้แต่ละชนิดที่เติมลงในไอศกรีมจะมีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบดังเช่นงานวิจัยของ Rawendra and Dwi[17] ที่รายงานว่าการเติมผลไม้แต่ละชนิดในปริมาณที่ต่างกันเพื่อเสริมใยอาหารในไอศกรีมนั้นมีผลต่อกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบ ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ พบว่า

ไอศกรีมกะทิสูตร NP10 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าไอศกรีมกะทิสูตรอื่น ผู้วิจัยคัดเลือกไอศกรีมกะทิสูตร NP10 ซึ่งมีส่วนผสมประกอบด้วย น้ำกะทิ น้ำตาลทราย เกลือป่น แป้งดัดแปร น้ำ และเนื้อลูกจาก ร้อยละ 67.69, 13.94, 0.12, 1.20, 7.96 และ 9.09 ตามลำดับ เพื่อทำการศึกษาต่อไป

Table 3 Average liking score of untrained panelists for coconut milk ice cream with varying levels of nipa palm fruit pulp (n=50)

n=50

Quality	Treatments			
	NP0 (Control)	NP10	NP15	NP20
Appearance ^{ns}	7.19±1.40	7.11±1.00	7.02±1.14	7.19±0.84
Color ^{ns}	6.89±1.12	6.93±1.3	6.63±1.02	6.61±1.23
Odor ^{ns}	7.48±1.11	7.35±1.01	7.39±0.94	7.37±1.05
Texture ^{ns}	7.24±1.09	7.13±1.11	6.78±1.04	7.13±1.15
Amount of nipa palm fruit pulp	6.19±1.06^{b}	7.02±1.10^{a}	6.83±1.08^{a}	7.15±1.08^{a}
Taste ^{ns}	6.87±1.06	7.19±1.01	6.81±1.06	7.06±1.05
Aftertaste ^{ns}	6.94±1.09	6.74±1.07	6.65±1.06	6.76±1.04
Overall ^{ns}	7.17±1.50	7.15±1.03	6.85±1.06	7.02±1.07

Remark: a, b means followed by the same letter in the same row which are significantly different ($p \leq 0.05$).

ns means within in the same row which are not significantly different ($p > 0.05$).

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจาก

นำไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากสูตร NP10 ที่ผ่านการคัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรควบคุมดัง Table 4 พบว่า ไอศกรีมทั้ง 2 สูตรมีปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากจะมีปริมาณเถ้า โปรตีน ไขมัน พลังงานทั้งหมด และน้ำตาลน้อยกว่าไอศกรีมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ขณะที่ใยอาหารนั้นมากกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) เพราะเนื้อลูกจากอ่อนจะมีความชื้นสูงและทั้งเนื้อลูกจากอ่อนและลูกจากแก่ยังจัดเป็นอาหารที่มีใยอาหารสูง[15-16] การ

เสริมเนื้อลูกจากในไอศกรีมกะทิจึงมีผลให้ปริมาณส่วนผสมในสูตรลดลง ทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันลดลง เป็นผลให้ค่าพลังงานทั้งหมดลดลงด้วย สอดคล้องกับงานวิจัยของวิรัชยา อินทะกันต์ และอภิญญา มานะโรจน์[10] ที่เพิ่มเนื้อลูกจันในไอศกรีมกะทิ ทำให้ไอศกรีมที่ได้มีใยอาหารเพิ่มขึ้นและค่าพลังงานลดลง และเมื่อนำข้อมูลที่ได้ ได้แก่ พลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมมาจัดทำฉลากโภชนาการแบบจีดีเอ ดัง Figure 3 ทำให้ทราบว่า 1 หน่วยบริโภค (75 กรัม) จะได้รับพลังงาน 137 กิโลแคลอรี น้ำตาล 11 กรัม ไขมัน 8 กรัม คิดค่าพลังงาน น้ำตาล และไขมัน เป็นร้อยละ 7, 13 และ 13 ของปริมาณสูงสุดที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

Table 4 Chemical composition of selected coconut ice cream enhanced 10% nipa palm fruit pulp (NP10) compared to the control (per 100 grams)

Chemical composition	Treatments	
	NP0 (Control)	NP10
Moisture ^{ns} (g)	65.85±0.04	67.28±0.94
Ash (g)	0.63±0.01^{a}	0.53±0.01^{b}
Protein (g)	1.41±0.00^{a}	1.31±0.00^{b}
Fat (g)	13.53±0.00^{a}	10.72±0.00^{b}
Carbohydrate ^{ns} (g)	18.58±0.49	20.16±0.10
Total calories (Kcal)	201.73±0.20^{a}	182.36±0.06^{b}
Dietary fiber (g)	1.23±0.00^{b}	1.32±0.00^{a}
Sugar (g)	17.20±0.00^{a}	14.77±0.00^{b}
Sodium (mg)	0.06±0.00^{a}	0.05±0.00^{b}

Remark: a, b means followed by the same letter in the same row which are significantly different ($p \leq 0.05$).

ns means within in the same row which are not significantly different ($p > 0.05$).

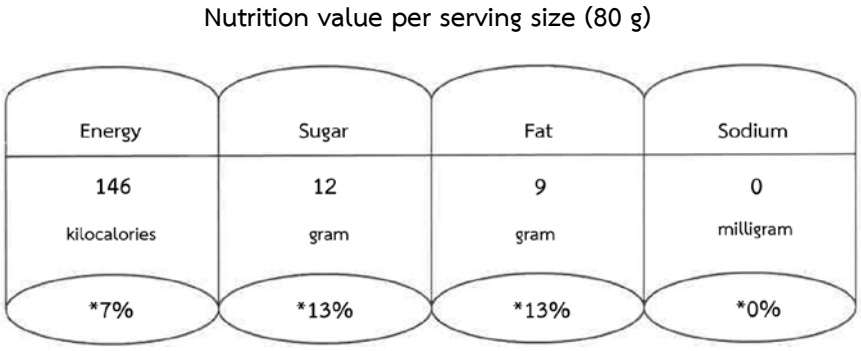


Figure 3 Nutrition facts and GDA nutrition label summary for selected coconut ice cream enhanced 10% nipa palm fruit pulp

บทสรุป

เมื่อนำเนื้อลูกจากที่เตรียมแล้วมาผสมในไอศกรีมกะทิสูตรพื้นฐาน พบว่า ไอศกรีมมีกลิ่นรสของกะทิ รสหวานปานกลาง มีความมันและอยู่ตัวเพิ่มขึ้น เนื้อลูกจากมีลักษณะเป็นผลึกน้ำแข็ง ทำให้ไอศกรีมที่มีปริมาณเนื้อลูกจากต่างกันมีความนุ่มต่างกัน ซึ่งการเพิ่มปริมาณจากมีผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ร้อยละของการขึ้นฟู ($p \leq 0.05$) รวมถึงอัตราการละลายลดลง เมื่อนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ การตกค้างในปาก และความชอบโดยรวมของไอศกรีมกะทิผสมเนื้อลูกจากแต่ละสูตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) อยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ซึ่งไอศกรีมที่มีเนื้อลูกจากได้คะแนนความชอบด้านปริมาณเนื้อลูกจากสูงกว่าไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม ($p \leq 0.05$) ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกไอศกรีมกะทิเสริมเนื้อลูกจากร้อยละ 10 เป็นสูตรที่เหมาะสม ประกอบด้วยน้ำกะทิ น้ำตาลทราย เกลือป่น แป้งดัดแปร น้ำ และลูกจากหั่นเต๋า ร้อยละ 67.69, 13.94, 0.12, 1.20, 7.96 และ 9.09 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมผสมเนื้อลูกจากนี้ 100 กรัม มีปริมาณความชื้น 67.28 กรัม เถ้า 0.53 กรัม โปรตีน 1.31 กรัม ไขมัน 10.72 กรัม คาร์โบไฮเดรต 20.16 กรัม พลังงานทั้งหมด 182.36 กิโลแคลอรี ใยอาหาร 1.32 กรัม น้ำตาล 14.77 กรัม และโซเดียม 0.052 มิลลิกรัม โดย 1 หน่วยบริโภค (80 กรัม) คิดค่าพลังงาน น้ำตาล และไขมันเป็นร้อยละ 7, 13 และ 13 ของปริมาณสูงสุดที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากหน่วยงานบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) และมหาวิทยาลัยสวนดุสิตที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Saengkrajang W, Chaijan M, Panpipat W. Physicochemical properties and nutritional compositions of nipa palm (*Nypa fruticans* Wurmb) syrup. NFS J. 2021;23:58–65.
2. Arnold SJ. Everybody loves ice cream. Cincinnati (OH): Emmis Books; 2004.
3. สโรชา พรรณพิสิฐ [อินเตอร์เน็ต]. Bangkok: Creative Thailand. Soft Power: ไอติมกะทิ-ไอติมตัด ชวนดูเส้นทางไอศกรีมแบบไทย ๆ ที่ไปโลดแล่นไกลถึงทั่วโลก; 2566 [เข้าถึงเมื่อ 28 ก.ค. 2567]. เข้าถึงได้จาก: https://www.creativethailand.org/article-read?article_id=33838.
4. ศูนย์ฝึกปฏิบัติการอาหารนานาชาติ. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรไอศกรีมระยะสั้น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต; [ม.ป.ป.].
5. El-Aziz MA, Haggag HF, Kaluoubi MM, Hassan LK, El-Sayed MM, Sayed AF. Physical properties of ice cream containing cress seed and flaxseed mucilages compared with commercial guar gum. Int J Dairy Sci. 2015;10(4):160–72. doi:10.3923/ijds.2015.160.172.
6. เป็นเอก ทรัพย์สิน. การใช้แป้งเมล็ดมะขามและสำรองผงเพื่อทดแทนเจลาตินในไอศกรีมซอร์เบท์มะนาว [วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2560.
7. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 20th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International; 2016.
8. จันทวิภา สุปะกิ่ง. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทอฟฟี่ลูกจาก. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2562;14(1):48–57.
9. Sofjan RP, Hartel RW. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. Int Dairy J. 2004;14(3):255–62. doi:10.1016/j.idairyj.2003.08.005.
10. วิรัชยา อินทะกันท์, อภิญญา มานะโรจน์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลูกจัน. Rajabhat J Sci Humanit Soc Sci. 2562;20(2):450–9.
11. Peasura N, Sinchaipanit P, Sangsuriyawong A, Disnil S. Effect of pumpkin on quality, nutritional and organoleptic properties of ice cream. Agric Nat Resour. 2020;54(5):521–8.
12. จารุพัฒน์ กาญจนรงค์, วิจิตรา ปล้องบรรจง. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศครีมเสริมใยอาหารจากเพียวเร่ส้มโอ. วารสารวิจัย มทร.พระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2567;18(1):47–56.
13. Cheablam O, Chanklap B. Sustainable Nipa Palm (*Nypa fruticans* Wurmb.) product utilization in Thailand. Hindawi J Food Qual. 2020;2020:1-10. doi:10.1155/2020/3856203.
14. Muse MR, Hartel RW. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. J Dairy Sci. 2004;87:1–10.

15. Bunyapraphatsara N, Srisukh V, Jutiviboonsuk A, Sornlek P, Thongbainoi W, Chuakul W, Fong HHS, Pezzuto JM, Kosmeder J. Vegetables from the mangrove areas. Thai J Phytopharm. 2002;9(1):1–12.

16. Chau Sum P, Khoo HE, Azlan A. Comparison of nutrient composition of ripe and unripe fruits of *Nypa fruticans*. Fruits. 2013;68(6):491–8. doi:10.1051/fruits/2013089.

17. Rawendra RDS, Dwi GN. Enrichment of soft ice cream with different fibrous fruit puree: physicochemical, textural characteristics and sensory properties. In: The 3rd International Conference on Eco Engineering Development; 2020. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2020;426:012178. doi:10.1088/1755-1315/426/1/012178.

น้ำตาลทากาโทสและกรรมวิธีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ณีรนุช มิละสิงห์[1*] และ ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ[2]

[1]ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
*ผู้ประพันธ์หลัก อีเมล: ifrnum@ku.ac.th
รับเมื่อ 31 กรกฎาคม 2568 **แก้ไขเมื่อ** 9 มกราคม 2569 **ตอบรับเมื่อ** 6 มีนาคม 2569

จุดเด่น

- คุณสมบัติเด่นของทากาโทส
- ปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชันในสภาวะเบส
- การพัฒนาเทคโนโลยีผลิตทากาโทสที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

บทคัดย่อ

ทากาโทส (D-Tagatose) เป็นน้ำตาลโมโนแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่งที่จัดเป็นน้ำตาลหายากเนื่องจากพบในธรรมชาติในปริมาณที่น้อยมาก มีคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพที่เป็นประโยชน์หลายประการ เป็นน้ำตาลที่มีระดับความหวานใกล้เคียงน้ำตาลทรายแต่ให้ค่าพลังงานต่ำ ไม่ก่อให้เกิดฟันผุ และมีผลกระทบต่อระดับน้ำตาลในเลือดและระดับอินซูลินน้อย ทากาโทสสามารถผลิตได้จากกาแล็คโทสผ่านปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมามีการศึกษาแนวทางการผลิตทากาโทสที่มุ่งเน้นการใช้เทคนิคและตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมีความยั่งยืน ได้แก่ การใช้ของไหลกึ่งวิกฤต เช่น น้ำ บัฟเฟอร์ หรือสารละลายเอทานอล การใช้กรดอะมิโน เช่น อาร์จีนีน รวมถึงการใช้วัสดุจากของเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่นเปลือกหอยและเปลือกไข่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งแต่ละวิธีให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาและอัตราการผลิตทากาโทสที่แตกต่างกัน ดังนั้นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยเหล่านี้จะเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนากระบวนการผลิตทากาโทสที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อรองรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมในอนาคตอันจะนำไปสู่การเป็นแหล่งน้ำตาลเพื่อสุขภาพที่ยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ: ทากาโทส น้ำตาลหายาก ไอโซเมอไรเซชัน การผลิต ตัวเร่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Tagatose and its environmentally friendly production process

Neeranuch Milasing[1*] and Pramote Khuwijitjaru[2]

[1]Department of Food Processing and Preservation, Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

[2]Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

*Corresponding author, e-mail: ifrnum@ku.ac.th

Received 31 July 2025; **Revised**; 9 January 2026; **Accepted** 6 March 2026

Highlight

- Outstanding properties of tagatose
- Alkaline isomerization
- Development of environmentally friendly tagatose production technology

Abstract

D-Tagatose is a rare monosaccharide classified as a rare sugar due to its limited natural occurrence. It exhibits several beneficial chemical and health-related properties, including sweetness comparable to sucrose, low caloric value, non-cariogenicity, and minimal impacts on blood glucose and insulin levels. Tagatose can be produced from galactose through an isomerization reaction. Over the past decade, environmentally friendly approaches for tagatose production have been explored, with an emphasis on green and sustainable techniques and catalysts. These approaches include the use of subcritical fluids (e.g., water, buffer solutions, or aqueous ethanol), amino acids such as arginine, and naturally derived materials, including scallop shells and eggshells. These methods demonstrate varying catalytic efficiencies and tagatose production yields. Therefore, a systematic compilation and analysis of existing studies are essential for identifying promising pathways toward efficient, scalable,

and eco-friendly tagatose production, thereby contributing to the advancement of sustainable health-oriented sugar substitutes.

Keywords: Tagatose, Rare Sugar, Isomerization, Production, Environmentally Friendly Catalysts

บทนำ

ทากาโทส (D-Tagatose) เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดคีโตเฮกซูโลส (ketohexulose) มีสูตรเคมีคือ $C_6H_{12}O_6$ มีโครงสร้างทางเคมีเป็นไอโซเมอร์กับน้ำตาลกาแล็คโทสและเป็น C-4 อิพิเมอร์กับน้ำตาลฟรุกโทสดังแสดงใน Figure 1 ทากาโทสพบครั้งแรกจากยางที่ออกมาจากต้น *Sterculia setigera* ต่อมามีการตรวจพบในผลิตภัณฑ์จากนม เช่น ชีส โยเกิร์ต นมสเตอริไลซ์ และพบในผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล ส้ม และสับปะรด ที่ปริมาณ 1 ถึง 3.5 กรัม/กิโลกรัม[1, 2] เนื่องจากพบได้น้อยมากในธรรมชาติจึงจัดเป็นน้ำตาลหายากชนิดหนึ่ง ทากาโทสให้ความหวานประมาณ 92% ของน้ำตาลซูโครส[3] ไม่มี cooling effect หรือ after taste หลังการรับประทาน ให้พลังงานต่ำเพียง 1.5-3 กิโลแคลอรี/กรัม ทากาโทสมีค่าการละลายสูงที่ 58% (w/w) จึงเหมาะที่จะใช้เป็นสารให้ความหวานหรือใยอาหาร[4] มีสมบัติเชิงสุขภาพที่ดี ได้แก่ ค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ ไม่ก่อให้เกิดฟันผุ ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดและระดับอินซูลินน้อย เนื่องจากการดูดซึมได้ไม่ดีในลำไส้เล็กจึงมีทากาโทสบางส่วนถูกลำเลียงไปถึงลำไส้ใหญ่จึงทำให้มีคุณสมบัติเป็นสารพรีไบโอติก สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรคในอาหารอีกด้วย อีกทั้งยังมีศักยภาพในการปรับปรุงโปรไฟล์ไขมันในเลือด[5-7] ทากาโทสได้รับการยอมรับให้ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป เกาหลีใต้ นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น[2, 8, 9] ปัจจุบันมีการใช้ทากาโทสทั้งในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น โยเกิร์ต ลูกอม ในผลิตภัณฑ์ยา และเครื่องสำอาง

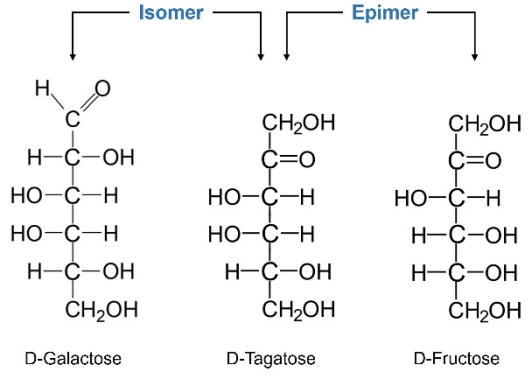


Figure 1 Chemical structures of D-galactose, D-tagatose, and D-fructose

ดัดแปลงจาก Khuwijitjaru และคณะ, 2018[10]

กรรมวิธีการผลิตทากาโทส

การผลิตทากาโทสสามารถทำได้ทั้งการใช้วิธีทางเคมีและเอนไซม์ สำหรับวิธีการผลิตโดยใช้เอนไซม์ส่วนใหญ่จะใช้เอนไซม์ L-arabinose isomerase เป็นเอนไซม์หลัก โดยใช้สารตั้งต้นคือกาแล็คโทส ยังมีการศึกษาเอนไซม์จากแหล่งที่มาแตกต่างกันในการผลิตทากาโทส ได้แก่เอนไซม์ tagatose 4-epimerase เอนไซม์ galactitol dehydrogenase และวิธีการใช้เอนไซม์ร่วมกันหลายชนิด เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้สารตั้งต้นที่หลากหลาย เช่น ฟรุกโทส กาแล็คติทอล (galactitol) หรือสตาร์ชตามลำดับ การผลิตทากาโทสด้วยเอนไซม์ L-arabinose isomerase ได้ร้อยละการผลิตสูงสุดที่ 30-68% ขึ้นกับแหล่งที่มาของจุลินทรีย์[6, 10, 11] การผลิตทากาโทสด้วยวิธีเอนไซม์มีข้อดีคือ เนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะเจาะจง (selectivity) ต่อการผลิตทากาโทสสูงจึงทำให้เกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้น้อยมาก ใช้สภาวะในการผลิตที่ไม่รุนแรง อย่างไรก็ตามวิธีการผลิตนี้มีราคาแพงเนื่องจากเอนไซม์มีความเสถียรต่ออุณหภูมิการผลิตต่ำ เวลาในการผลิตนานตั้งแต่ 3-48 ชั่วโมง การนำเอนไซม์กลับมาใช้ซ้ำได้ยาก รวมไปถึงสารตั้งต้นบางชนิดมีราคาสูง โดยเฉพาะเอนไซม์ L-arabinose isomerase จากจุลินทรีย์ทนความร้อน (thermophiles) และจุลินทรีย์ทนความร้อนสูง (hyperthermophiles) จำเป็นต้องใช้ไอออนโลหะเป็นโคแฟคเตอร์ เช่น แมงกานีส (Mn^{2+}) โคบอลต์ (Co^{2+}) ซึ่งการใช้โคบอลต์นั้นไม่อนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร[12]

สำหรับวิธีการผลิตทากาโทสด้วยวิธีทางเคมีนั้นได้มีการจดสิทธิบัตรกระบวนการผลิตตั้งแต่ปี ค.ศ. 1992 โดยใช้แล็คโทสเป็นสารตั้งต้น ทำการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์แล็คเทสเพื่อให้ได้กาแล็คโทสและกลูโคส จากนั้นแยกกาแล็คโทสออกมาเพื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์ ที่ pH 12.5 โดยใช้เวลากวนผสม 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน calcium hydroxide-tagatose ขึ้น จากนั้นทำให้เป็นกลางโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อแยกทากาโทส แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ด้วยกระบวนการกำจัดเกลือแร่ (demineralization) การแยกส่วนด้วยโครมาโทกราฟี และกระบวนการตกผลึกเป็นขั้นตอนสุดท้าย วิธีนี้ทำให้ได้ร้อยละการผลิตทากาโทสสูงถึง 72%[13] แต่วิธีเคมีทำให้เกิดผลิตภัณฑ์พลอยได้ในปริมาณมาก และเนื่องจากเกิดปฏิกิริยาแบบสุ่มทำให้ปฏิกิริยามีความจำเพาะเจาะจงต่ำส่งผลให้กระบวนการทำบริสุทธิ์มีขั้นตอนที่ซับซ้อน[14] กรรมวิธีการผลิตทากาโทสสามารถสรุปได้ดังแสดงใน Figure 2

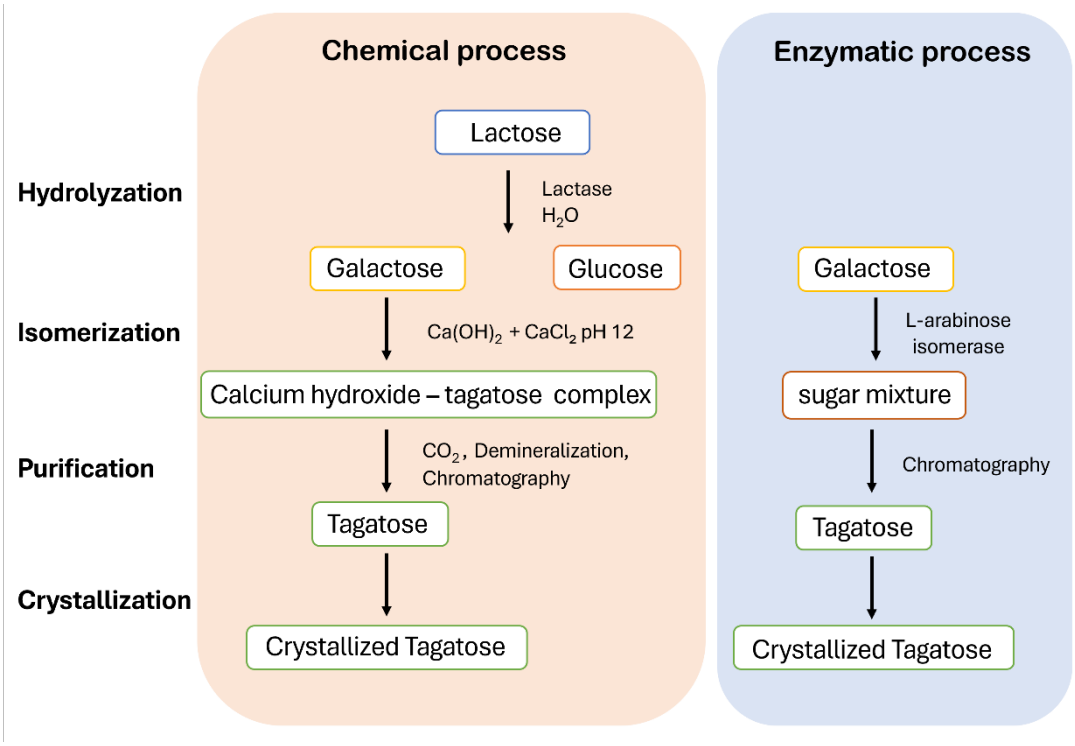


Figure 2 Summary Schematic representation of tagatose production processes

ดัดแปลงจาก O'Brien-Nabors, 2016[15]

กลไกการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชันในสภาวะเบส (Alkaline isomerization)

ในสภาวะเบสกาแล็คโทสเกิดการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นทากาโทสผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนโปรตอน ซึ่งสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงตามผู้ค้นพบคือ Lobry de Bruyn–Alberda van Ekenstein (LBAE) transformation ปฏิกิริยาเริ่มต้นจากกาแล็กโทส (น้ำตาลอัลโดส) สูญเสียประจุบวก (deprotonate) ให้กับไอออนลบในสารละลายที่มีความเป็นเบส เกิดเป็นสารตัวกลาง 1,2-enediolate ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน สารตัวกลางนี้จะรับไฮโดรเจนและเปลี่ยนโครงสร้างเป็นทากาโทส (น้ำตาลคีโตส) หรือทาโลส (น้ำตาลอัลโดส) ที่เป็นอิพิเมอร์ของกาแล็คโทส ขณะเดียวกันซอร์โบส (น้ำตาลคีโตส) ซึ่งเป็นอิพิเมอร์ของทากาโทสก็สามารถเกิดขึ้นได้ผ่านสารตัวกลาง 2,3-enediolate ทั้งทาโลสและซอร์โบสล้วนจัดเป็นน้ำตาลหายากเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชัน ในสภาวะเบสนี้จะเกิดทากาโทสเป็นผลิตภัณฑ์หลัก แผนผังการเกิดปฏิกิริยาดังแสดงใน Figure 3

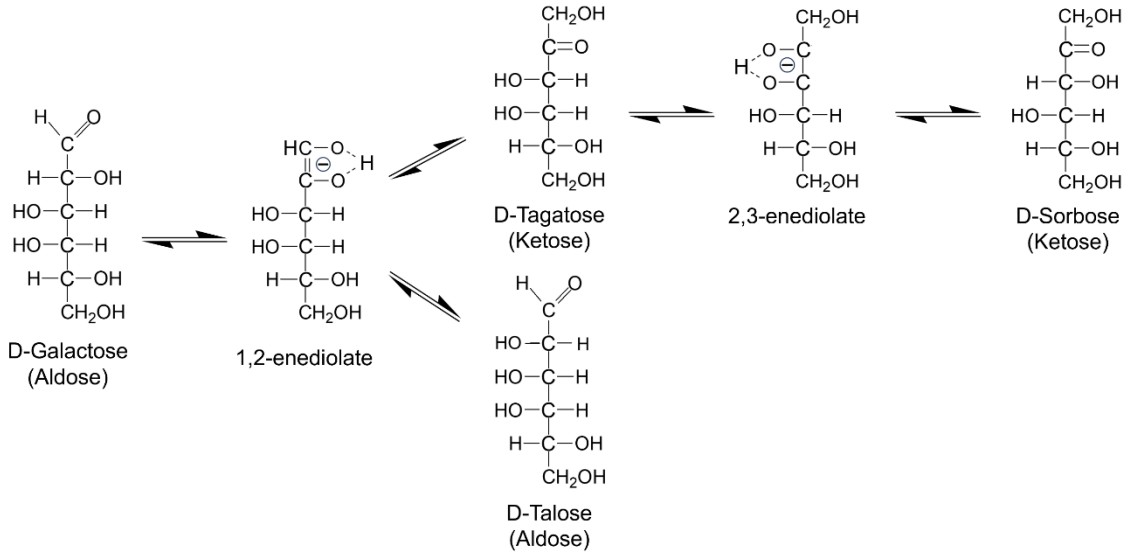


Figure 3 Base-catalyzed isomerization of galactose to tagatose via an enediolate intermediate

ดัดแปลงจาก Drabo และ Delidovich, 2018[14]

กรรมวิธีการผลิตโดยใช้ตัวเร่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

กระบวนการเคมีสีเขียว (green chemistry) และเคมีที่ยั่งยืน (sustainable chemistry) หมายถึง กระบวนการและสารเคมีที่ปลอดภัยและไม่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม[16] เพื่อการผลิตที่ประหยัดทั้งต้นทุนและเวลา การผลิตในระดับอุตสาหกรรมมักมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งอาจจะก่อให้เกิดมลพิษขึ้น จึงเกิดแนวคิดการใช้ตัวเร่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมขึ้น โดยสำหรับการผลิตทากาโทสสามารถสรุปกรรมวิธีเทคนิคและตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมดังแสดงใน Table 1

Table 1. Tagatose sugar production process using environmentally friendly catalysts

Techniques	Catalysts	Reaction conditions, (Galactose concentration, temperature, reaction time)	Maximal tagatose yield (%)	References
Subcritical fluid	Ethanol solution 80% (v/v)	0.5%, 180 °C, 500 s	24	(17)
	Phosphate buffer 10 mM pH 7.0	5%, 160 °C, 300 s	14	(18)
	Phosphate buffer 10 mM pH 7.0	5%, 140 °C, 300 s	13.1	(19)
	Phosphate buffer 10 mM pH 7.0 + ethanol 60% (w/w)	5%, 140 °C, 300 s	16	(20)
Subcritical buffers	Phosphate buffer 0.5M pH 7.5	10%, 110 °C, 45 min	16	(14)
	Carbonate buffer 0.5M pH 11.0	5%, 60 °C, 60 min	15.2	(21)
Amino acid	Arginine 0.15 mol/mol-gal	5%, 120 °C, 4 min	17.3	(23)
	Arginine 0.01 mol/L	0.2 M, 110 °C, 30 min	16	(24)
Egg shell	10% Egg shell	5%, 120 °C, 120 min	15.7	(25)
Scallop shell	1% Scallop shell powder	0.2 M, 700 W*, 105 s	18	(26)

Note: *Power (watts)

เทคนิคของไหลกึ่งวิกฤต

ของไหลกึ่งวิกฤต (subcritical fluid) หมายถึง น้ำหรือตัวทำละลายที่อยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความดันสูงกว่าจุดเดือดแต่ไม่ถึงจุดวิกฤตของสารนั้น ๆ ในปี ค.ศ. 2015 Gao และคณะ[17] ศึกษาการผลิตทากาโทสโดยใช้สารละลายเอทานอลกึ่งวิกฤต (subcritical aqueous ethanol) แบบต่อเนื่อง พบว่าได้ผลผลิต (yield) ทากาโทสสูงสุดถึง 24% โดยใช้เอทานอล 80% (v/v) ที่อุณหภูมิ 180 ℃ เป็นเวลา 500 วินาที และพบว่ากำลังการผลิต (productivity) เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกาแล็คโทสเริ่มต้นและสูงสุดที่ 80 กรัม/ลิตร/ชม. เมื่อใช้ความเข้มข้นกาแล็คโทสเริ่มต้น 8.5% (w/v) ในเอทานอล 60% (v/v) อุณหภูมิ 180 ℃ และเวลาที่ทำปฏิกิริยา 500 วินาที

ต่อมาในปี ค.ศ. 2020 Onishi และคณะ[18] ได้ศึกษาการเกิดไอโซเมอไรเซชันในน้ำกึ่งวิกฤตแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 160 ℃ เป็นเวลา 300 วินาที พบว่าได้ผลผลิตทากาโทสน้อยมากเพียง 0.6% อย่างไรก็ตามสามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญเป็น 14% โดยการใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (10 mM) pH 7.0[18] นอกจากนี้เมื่อปรับลดอุณหภูมิทำปฏิกิริยาลงเป็น 140 ℃ พบว่าผลผลิตทากาโทสลดลงเพียงเล็กน้อยคือ 13.1%[19]

อีกทั้งยังมีการศึกษาผลของการใช้เอทานอลร่วมกับฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (10 mM) pH 7.0 ในสภาวะของไหลกึ่งวิกฤต พบว่าที่เอทานอลความเข้มข้น 60% (w/w) ทำให้เพิ่มผลผลิตทากาโทสเพิ่มขึ้นเป็น 16% เมื่อทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 140 ℃ เป็นเวลา 300 วินาที[20] ซึ่งให้ค่าเท่ากับงานวิจัยของ Drabo และ Delidovich (16%) ที่ใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 M, pH 7.5 ที่อุณหภูมิ 110 ℃ เวลา 45 นาที[14] และใกล้เคียงกับการใช้สารละลายคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.5 M, pH 10.4 ที่อุณหภูมิ 60 ℃ เวลา 60 นาที ซึ่งให้ผลผลิต 15.2%[21]

กรดอะมิโนอาร์จีนีน

ในปี ค.ศ. 2016 Yang และคณะ [22] ได้นำเสนอการใช้กรดอะมิโนกลุ่มที่เป็นเบส (basic amino acid) ซึ่งได้แก่ ไลซีน (p*K*a = 10.5) ฮีสทีดีน (p*K*a = 6.0) และอาร์จีนีน (p*K*a = 12.5) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชันกลูโคสเป็นฟรุกโทส พบว่าอาร์จีนีนมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยสามารถให้ผลผลิตฟรุกโทสได้สูงถึง 31% และมีความจำเพาะเจาะจงสูงถึง 76%

ต่อมาในปี ค.ศ. 2023 Milasing และคณะ[23] ได้ริเริ่มการผลิตทากาโทสจากกาแล็คโทสโดยใช้อาร์จีนีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าทากาโทสมี

ปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิ, ระยะเวลา, และความเข้มข้นของอาร์จีนีน พบทากาโทสสูงสุดที่ 17.3% ที่สภาวะอุณหภูมิ 120 °C ความเข้มข้นอาร์จีนีน 0.15 โมล/โมลกาแล็คโทสและเวลา 20 นาที อีกทั้งมีกำลังการผลิตต่อชั่วโมงที่ 278 กรัม/ลิตร/ชม. ที่สภาวะกาแล็คโทสเริ่มต้น 20% อุณหภูมิ 120 °C ความเข้มข้นอาร์จีนีน 0.1 โมล/โมลกาแล็คโทสเป็นเวลา 4 นาที ซึ่งสูงกว่าการใช้เอทานอลกึ่งวิกฤตดังที่กล่าวมาข้างต้น [17] และยังสูงกว่าวิธีทางเคมีที่มีกำลังการผลิต 48 กรัม/ลิตร/ชม. ขณะที่วิธีเอนไซม์มีกำลังการผลิตที่ 15.3 กรัม/ลิตร/ชม. สำหรับการทำปฏิกิริยา 20 ชม. และ 6.66 กรัม/ลิตร/ชม. สำหรับการทำปฏิกิริยา 48 ชม.[17, 23]

Kobayashi และคณะ[24] ได้ศึกษาการใช้ตัวเร่งอาร์จีนีนความเข้มข้น 0.01 โมล/ลิตร ร่วมกับการใช้เทคนิคน้ำกึ่งวิกฤตแบบกะ พบว่าสามารถผลิตทากาโทสได้ใกล้เคียงกันที่ 16% ในสภาวะอุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 30 นาที

อย่างไรก็ตามการใช้อาร์จีนีนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยามีข้อด้อยคือ เมื่อให้ความร้อนกาแล็คโทสที่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์ร่วมกับกรดอะมิโนทำให้ไม่สามารถหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ ส่งผลให้สารละลายหลังการทำปฏิกิริยาเป็นสีเหลือง-สีน้ำตาลได้ง่าย จึงอาจส่งผลให้ต้องเพิ่มขั้นตอนกำจัดสีในกระบวนการทำให้บริสุทธิ์

เปลือกไข่/เปลือกหอย

ในปี ค.ศ. 2024 Futamata และคณะ[25] ได้ทดลองใช้ผงเปลือกไข่เป็นตัวเร่งวิวิธพันธุ์ (heterogeneous catalyst) ในปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชันกาแล็คโทส ซึ่งมีจุดเด่นคือสามารถแยกออกได้ง่ายเนื่องจากไม่เป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลาย พบว่ามีประสิทธิภาพในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตทากาโทส เนื่องจากในเปลือกไข่มีองค์ประกอบหลักเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่มีคุณสมบัติเป็นเบส และสามารถทำให้กรดที่เกิดขึ้นในระบบเป็นกลางจึงส่งเสริมการเกิดปฏิกิริยาไอโซเมอไรเซชันได้ โดยที่สภาวะอุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 120 นาที ได้ผลผลิตทากาโทส 15.7% อีกทั้งยังมีความจำเพาะเจาะจงสูงถึง 65-80% และสามารถนำตัวเร่งกลับมาใช้ซ้ำได้

นอกจากนี้ในปีค.ศ. 2024 Watanabe และคณะ[26] ได้ศึกษาความสามารถในการใช้ผงเปลือกหอย (scallop shell powder) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ พบว่าให้ผลผลิตทากาโทส 18% ซึ่งใช้เวลาให้ความร้อนสั้นมากเพียง 105 วินาที วิธีนี้จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ

ในการผลิตทากาโทสที่รวดเร็วมากยิ่งขึ้น แม้ว่าในปัจจุบันจะยังไม่พบการนำตัวเร่งที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไปใช้ในการผลิตทากาโทสในระดับอุตสาหกรรม แต่งานวิจัยเหล่านี้สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานและชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ เป็นทางเลือกให้กับผู้ประกอบการที่สนใจแนวคิดการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้การผลิตทากาโทสที่เป็นน้ำตาลที่ดีต่อสุขภาพมาจากกระบวนการที่ดีต่อโลก

บทสรุป

กระบวนการและตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมีประสิทธิภาพที่ดีในการผลิตทากาโทส ได้รับการศึกษาวิจัยอย่างแพร่หลายในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานี้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดกระบวนการผลิตอย่างยั่งยืน เป็นแนวทางที่สามารถพัฒนาไปสู่การใช้ตัวเร่งที่นำของเหลือทิ้งมาใช้และยังมีจุดเด่นคือสามารถแยกออกและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อีกทั้งกระบวนการเหล่านี้ยังสามารถใช้ได้กับการผลิตน้ำตาลหายากชนิดอื่น ๆ อย่างไรก็ตามต้องมีการศึกษากระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ในระดับการผลิตที่ใหญ่ขึ้นไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม และยังต้องคำนึงถึงด้านต้นทุน พลังงาน และขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ทากาโทสต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Skytte UP. Tagatose. In: Helen M, editor. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology: Wiley-Blackwell; 2006. p. 262-94.
2. Vera C, Illanes A. Chapter 3 - Lactose-derived nondigestible oligosaccharides and other high added-value products. In: Illanes A, Guerrero C, Vera C, Wilson L, Conejeros R, Scott F, editors. Lactose-Derived Prebiotics. San Diego: Academic Press; 2016. p. 87-110.
3. Levin GV, Zehner LR, Saunders JP, Beadle JR. Sugar substitutes: their energy values, bulk characteristics, and potential health benefits. Am J Clin Nutr. 1995;62(5):1161S-8S.
4. Oh DK. Tagatose: properties, applications, and biotechnological processes. Appl Microbiol Biotechnol. 2007;76(1):1-8.
5. Bautista DA, Pegg RB, Shand PJ. Effect of L-glucose and D-tagatose on bacterial growth in media and a cooked cured ham product. J Food Prot. 2000;63(1):71-7.
6. Roy S, Chikkerur J, Roy SC, Dhali A, Kolte AP, Sridhar M, et al. Tagatose as a potential nutraceutical: Production, properties, biological roles, and applications. J Food Sci. 2018;83(11):2699-709.
7. Ortiz AdC, Fideles SOM, Reis CHB, Pagani BT, Bueno LMM, Moscatel MBM, et al. D-Tagatose: A rare sugar with functional properties and antimicrobial potential against oral species. Nutrients. 2024;16(12):1943.
8. Guerrero-Wyss M, Durán Agüero S, Angarita Dávila L. D-Tagatose is a promising sweetener to control glycaemia: A new functional food. Biomed Res Int. 2018;2018:8718053.
9. Zhang H, Mao X, Lu Z, Gao C, Chen Z, Liu J. Advances in biological production of D-tagatose: A comprehensive overview. Fermentation. 2025;11(2):46.

10. Khuwijitjaru P, Milasing N, Adachi S. Production of D-tagatose: A review with emphasis on subcritical fluid treatment. Science, Engineering and Health Studies. 2018;12(3):159-67.
11. Miao P, Wang Q, Ren K, Zhang Z, Xu T, Xu M, et al. Advances and prospects of D-tagatose production based on a biocatalytic isomerization pathway. Catalysts. 2023;13(11).
12. Zhao J, Wang Z, Jin Q, Feng D, Lee J. Isomerization of Galactose to Tagatose: Recent Advances in Non-enzymatic Isomerization. J Agric Food Chem. 2023;71(10):4228-34.
13. Beadle JR, Saunders JP, Wajda Jr TJ, inventors. Process for manufacturing tagatose. United States Patent US5078796. 1992.
14. Drabo P, Delidovich I. Catalytic isomerization of galactose into tagatose in the presence of bases and Lewis acids. Catal Commun. 2018;107:24-8.
15. O'Brien-Nabors L. Alternative Sweeteners: CRC Press; 2016.
16. Kakaei K, Esrafili MD, Ehsani A. Chapter 1 - Introduction to catalysis. In: Kakaei K, Esrafili MD, Ehsani A, editors. Interface Science and Technology. 27: Elsevier; 2019. p. 1-21.
17. Gao D-M, Kobayashi T, Adachi S. Production of rare sugars from common sugars in subcritical aqueous ethanol. Food Chem. 2015;175:465-70.
18. Onishi Y, Furushiro Y, Hirayama Y, Adachi S, Kobayashi T. Production of tagatose and talose through isomerization of galactose in a buffer solution under subcritical water conditions. Carbohydr Res. 2020;493:108031.
19. Onishi Y, Adachi S, Tani F, Kobayashi T. Insight into formation of various rare sugars in compressed hot phosphate buffer. J Supercrit Fluids. 2022;186:105621.
20. Onishi Y, Furushiro Y, Adachi S, Kobayashi T. Isomerization and epimerization of galactose to tagatose and talose in a phosphate buffer containing organic solvents under subcritical water conditions. Ind Eng Chem Res 2021;60(14):5084-9.
21. Milasing N, Toussaint V, Hametner C, Khuwijitjaru P, Delidovich I. Enhanced catalytic activity of carbonate buffer for isomerization of D-galactose into D-tagatose. Food Chem. 2025;476:143398.
22. Yang Q, Sherbahn M, Runge T. Basic amino acids as green catalysts for isomerization of glucose to fructose in water. ACS Sustain Chem Eng. 2016;4(6):3526-34.
23. Milasing N, Khuwijitjaru P, Adachi S. Isomerization of galactose to tagatose using arginine as a green catalyst. Food Chem. 2023;398:133858.
24. Kobayashi T, Khuwijitjaru P, Adachi S. Isomerization and epimerization of glucose and galactose in arginine solution and phosphate buffer under subcritical fluid conditions. Biosci Biotechnol Biochem. 2023;87(7):758-64.
25. Futamata S, Onishi Y, Adachi S, Khuwijitjaru P, Watanabe Y, Tani F, et al. Efficient synthesis of rare sugars from galactose in hot compressed water using eggshells as an environmentally friendly catalyst. Bioresour Technol. 2024;399:130642.
26. Watanabe Y, Kobayashi T, Khuwijitjaru P, Adachi S. Isomerization of various aldo-saccharides to the corresponding keto-saccharides under microwave heating using uncalcined scallop shell powder as a catalyst. Food Sci Technol Res. 2024;30(3):305-11.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นวารสารของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน (เผยแพร่เดือน มิถุนายน) และ ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม (เผยแพร่เดือน ธันวาคม) วารสารนี้เผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (e-Journal)

การส่งบทความ ขอให้ส่งบทความต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และไฟล์ .pdf ทางระบบ Online Submission ที่ลิงก์ https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/JFRPD สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่หน้าเว็บไซต์วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ในแถบคู่มือการใช้งานระบบ หัวข้อ “สมัครใช้งานระบบวารสาร” และ “สำหรับผู้เขียนบทความ”

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาพิมพ์ในวารสารแยกเป็น 2 ประเภท

1. บทความวิจัย (Research article)

1.1 Research article: เป็นงานเสนอผลการวิจัย ที่ผู้เขียนและคณะเป็นผู้ดำเนินการศึกษาวิจัย

2. บทความวิชาการ (Review article)

2.1 Review article: บทความลักษณะการรวบรวมและทบทวนวรรณกรรม รวมถึงการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

การเตรียมบทความต้นฉบับเพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

1. บทความวิจัย (Research article)

1.1 บทความต้นฉบับ ควรพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียวความยาวประมาณ 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่เกิน 15 หน้าพิมพ์ และตัวอักษรควรใช้ Font TH Sarabun New หรือ Angsana New ขนาด 16 ระยะห่างบรรทัด 1.15

1.2 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและอังกฤษ ควรกะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นต้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

1.3 ชื่อ สกุล ผู้เขียน (Author) Email และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

1.4 จุดเด่น (Highlights) ของบทความวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 3-5 หัวข้อ

1.5 บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษเป็นการสรุปสาระสำคัญของงานวิจัย โดยเฉพาะวัตถุประสงค์ วิธีการ และผลการดำเนินงานวิจัย จำนวน 200-300 คำ

1.6 คำสำคัญ (Keywords) ให้กำหนดคำศัพท์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 2-5 คำศัพท์ โดยใช้คำภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่มีความหมายตรงกัน คำอังกฤษที่ไม่มีคำแปลภาษาไทย อาจใช้คำทับศัพท์ เช่น อัลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นต้น และโปรดตรวจสอบหลักการเขียนคำทับศัพท์จากราชบัณฑิต คำภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

1.7 เนื้อหา (Text) ควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

(1) บทนำ (Introduction) เพื่ออธิบายถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ อาจรวมการตรวจเอกสาร (literature review) เข้าไว้ด้วย

(2) อุปกรณ์และวิธีการ (Material and method) ประกอบด้วยวัตถุดิบ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการที่ใช้ในการทดลอง

(3) ผลการทดลอง (Result) เป็นการเสนอผลการทดลอง ถ้ามีตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพ ให้เขียนคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ

(4) วิจารณ์ (Discussion) เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองให้เห็นถึงสาเหตุ ที่มาของผล หลักการที่แสดงถึงผลการทดลอง ทั้งนี้สามารถรายงานผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลองรวมกันได้ โดยใช้หัวข้อ ผลการทดลองและวิจารณ์ (Result and discussion)

หมายเหตุ: ผลการทดลองและวิจารณ์สามารถรวมเป็นหัวข้อเดียวกันได้

(5) สรุป (Conclusion) เป็นการสรุปสาระสำคัญและแนวทางที่จะนำผลไปใช้ประโยชน์ รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยในอนาคต

(6) คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **Table** เช่น **Table 1** Effect of... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **Figure** เช่น **Figure 1** Effect of... แล้วต่อท้ายด้วยหมายเลขเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ชื่อและเนื้อหาของตารางและรูปภาพเป็นภาษาอังกฤษ หากมีหมายเหตุท้ายรูปหรือตารางให้ใช้คำว่า **Note:**

(7) คำภาษาอังกฤษที่ใช้บรรยายในเนื้อความให้ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ คำย่อ ถ้าคำภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

(8) การอ้างอิงในเนื้อความเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูลให้ใช้รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style) โดยใช้การอ้างอิงระบบลำดับหมายเลขดูหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง** ประกอบ

1.8 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือ แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย

1.9 เอกสารอ้างอิง (Reference) เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถสืบค้นเอกสารที่มาได้ โดยให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง**

1.10 บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิลม์ สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

1.11 ชื่อวิทยาศาสตร์ หรือภาษาละตินที่ปรากฏในบทความให้พิมพ์ตัวเอียง เช่น *Staphylococcus aureus, Salmonella* spp., *in vitro* เป็นต้น

2. บทความวิชาการ (Review article)

2.1 ต้นฉบับ ควรพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียวความยาวประมาณ 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่เกิน 15 หน้าพิมพ์ และตัวอักษรควรใช้ Font TH Sarabun New หรือ Angsana New ขนาด 16 ระยะห่างบรรทัด 1.15

2.2 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นต้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

2.3 ชื่อ สกุล ผู้เขียน (Author) Email และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.4 จุดเด่น (Highlights) ของบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 3-5 หัวข้อ

2.5 บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ บทคัดย่อในบทความวิชาการ เป็นการสรุปประเด็นเนื้อหาที่เป็นแก่นสำคัญ เน้นประเด็นสำคัญของงานที่ต้องการนำเสนอจริง ๆ ควรเขียนให้สั้นกระชับ มีความยาวไม่เกิน 10 ถึง 15 บรรทัด โดยบทคัดย่อมักจะประกอบด้วยเนื้อหาสามส่วน คือ เกริ่นนำ สิ่งที่ทำ สรุปผลสำคัญที่ได้ ซึ่งอ่านแล้วต้องเห็นภาพรวมทั้งหมดของงาน

2.6 คำสำคัญ (Keywords) ให้กำหนดคำศัพท์ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ 2-5 คำศัพท์ โดยใช้คำภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่มีความหมายตรงกัน คำอังกฤษที่ไม่มีคำแปลภาษาไทย อาจใช้คำทับศัพท์ เช่น อัลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นต้น คำภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ และให้ใส่ไว้หลังหัวข้อบทคัดย่อ

2.7. เนื้อหา ประกอบด้วย คำนำ เนื้อเรื่อง และบทสรุป

2.7.1 คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **Table** เช่น **Table 1** Effect of... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **Figure** เช่น **Figure 1** Effect of... แล้วต่อท้ายด้วยหมายเลขเอกสารอ้างอิง

กำหนดให้ชื่อและเนื้อหาของตารางและรูปภาพเป็นภาษาอังกฤษ หากมีหมายเหตุท้ายรูปหรือตารางให้ใช้คำว่า **Note:**

2.7.2 คำภาษาอังกฤษที่ใช้บรรยายในเนื้อความ ให้ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ คำย่อ ถ้าคำภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

2.7.3 กรณีที่มีการอ้างอิงในส่วนเนื้อหาเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล ให้ใช้รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style)

2.8 เอกสารอ้างอิงให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง**

2.9 บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิลม์ สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

2.10 ชื่อวิทยาศาสตร์ หรือภาษาละตินที่ปรากฏในบทความให้พิมพ์ตัวเอียง เช่น *Staphylococcus aureus, Salmonella* spp., *in vitro* เป็นต้น

การเขียนเอกสารอ้างอิง

เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งผู้อ่านสามารถไปสืบค้นเอกสารที่มาได้

การเขียนเอกสารอ้างอิงใช้รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style)

รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style) โดยการอ้างอิงประกอบด้วย 2 แบบ คือ การอ้างอิงในเนื้อหาและการอ้างอิงท้ายบทความ

การอ้างอิงในเนื้อหา รูปแบบแวนคูเวอร์จะใช้การอ้างอิงระบบลำดับหมายเลข โดย

1. ระบุหมายเลขเรียงลำดับกันไปที่ท้ายข้อความหรือชื่อบุคคลที่ใช้อ้างอิงเริ่มจากหมายเลข 1,2,3 ไปตามลำดับที่อ้างก่อนหลังเป็นเลขอารบิกโดยไม่มีการเว้นวรรค รวมถึงให้อยู่ในวงเล็บกลม ( ) และใช้ตัวยก
2. ทุกครั้งที่มีการอ้างซ้ำจะต้องใช้หมายเลขเดิมในการอ้างอิง และหมายเลขที่ใช้อ้างอิงจะต้องตรงกับหมายเลขของรายการอ้างอิงท้ายเล่มด้วย
3. สำหรับการอ้างอิงในตารางหรือในคำอธิบายตารางให้ใช้เลขที่สอดคล้องกับที่ได้เคยอ้างอิงมาก่อนแล้วในเนื้อเรื่อง
4. การอ้างอิงจากเอกสารมากกว่า 1 รายการ ต่อเนื่องกันจะใช้เครื่องหมายยัติภังค์ (-) เชื่อมระหว่างรายการแรกถึงรายการสุดท้าย เช่น (1-3) หากเป็นการอ้างถึงเอกสารที่มีลำดับไม่ต่อเนื่องกัน จะใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) โดยไม่มีการเว้นวรรค เช่น (4,6,10)

ตัวอย่างการอ้างอิงในส่วนของเนื้อความ

การอ้างอิงที่ผู้เขียนเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหา ให้ใส่ตัวเลขลำดับการอ้างอิงตามหลังชื่อผู้เขียน

ในปี ค.ศ. 2007 Komsan และคณะ[13] ได้ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการของข้าวโพดสีม่วง (purple field corn) พันธุ์ผสมเปิด (open-pollinated variety) ที่ใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ปีกพบว่า.....

การอ้างอิงที่ผู้เขียนไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหา ให้ใส่ตัวเลขลำดับการอ้างอิงตามหลังข้อความที่อ้างอิง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนพืชที่นิยมบริโภคกันมากในประเทศญี่ปุ่นและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระจากสารสำคัญที่มีคุณประโยชน์เชิงหน้าที่ เช่น สารไอโซฟลาโวน[1-2] สารซาโปนิน[3] และสารโทโคฟีรอล[4] เป็นต้น

การประเมินคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี รวมถึง hydrophilic-oxygen radical absorbance capacity (H-ORAC) assay ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระอย่าง peroxyl radical[5]

การอ้างอิงท้ายบทความ

การอ้างอิงที่อยู่ท้ายบทความหรือที่เรียกว่า เอกสารอ้างอิง (References) มีหลักการอ้างอิงดังนี้

1. พิมพ์ตามลำดับการอ้างอิงตามหมายเลขที่ได้กำหนดไว้ภายในวงเล็บที่ได้อ้างถึงในเนื้อหา โดยไม่ต้องแยกภาษาและประเภทของเอกสารอ้างอิง
2. พิมพ์หมายเลขลำดับการอ้างอิงไว้ชิดขอบกระดาษด้านซ้าย หากรายการอ้างอิงมีความยาวมากกว่าหนึ่งบรรทัด ให้พิมพ์บรรทัดถัดไปโดยย่อหน้าให้ตรงกับข้อความในบรรทัดแรก
3. รูปแบบการอ้างอิงจะแตกต่างกันตามประเภทของเอกสารที่นำมาอ้างอิง

ตัวอย่างการอ้างอิงจากวารสารในส่วนท้ายบทความ

1. Han R-M, Tian Y-X, Liu Y, Chen C-H, Ai X-C, Zhang J-P, et al. Comparison of flavonoids and isoflavonoids as antioxidants. J Agric Food Chem. 2009;57(9):3780-3785.
2. Rüfer CE, Kulling SE. Antioxidant activity of isoflavones and their major metabolites using different *in vitro* assays. J Agric Food Chem. 2006;54(8):2926-31.
3. Yoshiki Y, Kahara T, Okubo K, Sakabe T, Yamasaki T. Superoxide- and 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical-scavenging activities of soyasaponin βg related to gallic acid. Biosci Biotechnol Biochem. 2001;65(10):2162-5.
4. Kamal-Eldin A, Appelqvist LA. The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. Lipids. 1996;31(7):671-701.

ตัวอย่างการอ้างอิงจากหนังสือในส่วนท้ายบทความ

5. Zhong Y, Shahidi F. 12 - Methods for the assessment of antioxidant activity in foods. In: Shahidi F, editor. Handbook of Antioxidants for Food Preservation: Woodhead Publishing; 2015.

หลักเบื้องต้นในการอ้างอิงข้อมูลแต่ละส่วน

1. ผู้แต่ง เป็นได้ทั้งบุคคล กลุ่มบุคคล หรือหน่วยงาน และเป็นได้ทั้งผู้เขียน บรรณาธิการ หรือผู้รวบรวม ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

1.1 กรณีเป็นผู้แต่งเป็นคนไทย ให้ใช้ชื่อและนามสกุลตามลำดับ โดยเว้น 1 วรรค

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพุทธกุล. รชฏ ขำบุญ.

1.2 กรณีเป็นผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นก่อน เว้น 1 วรรค ตามด้วยอักษรย่อของชื่อตัวและชื่อกลางโดยไม่ต้องเว้นวรรคหรือมีเครื่องหมายใดใดคั่น

ตัวอย่าง Chin YL. Guth LM.

1.3 กรณีที่ผู้แต่งมีจำนวนมากกว่า 1 คน

1.3.1 หากผู้แต่งมีจำนวนไม่เกิน 6 คน ให้ใส่ชื่อทุกคน โดยใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่นระหว่างชื่อ และเว้น 1 วรรค หลังชื่อผู้แต่งชื่อสุดท้ายให้ใส่เครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพุทธกุล, รชฏ ขำบุญ, วิลาศิณี เกิดสมบุญ.

Rüfer CE, Kulling SE, Guth LM.

1.3.2 หากผู้แต่งมีจำนวนมากกว่า 6 คน ให้ใส่ชื่อ 6 คนแรก โดยใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่นระหว่างชื่อ และเว้น 1 วรรค หลังชื่อผู้แต่งชื่อที่ 6 ให้ใส่คำว่า “และคณะ.” (สำหรับภาษาไทย) หรือ “et al.” (สำหรับภาษาอังกฤษ) และตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพุทธกุล, รชฏ ขำบุญ, วิลาศิณี เกิดสมบุญ, อรวรรยา พันธุลาภ, วราภรณ์ ประเสิรฐ, ระวิน สืบค้า, และคณะ.

Rüfer CE, Kulling SE, Guth LM, Wang S, Orsat V, Shahidi F, *et al*.

1.4 ผู้แต่งที่เป็นกลุ่ม เป็นคณะ หรือสถาบัน ให้ใช้ชื่อกลุ่ม คณะ หรือสถาบันนั้นเป็นผู้แต่ง กรณีมีทั้งหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานย่อย ให้ใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) หลังชื่อหน่วยงานใหญ่ เว้น 1 วรรค ตามด้วยชื่อหน่วยงานย่อย และเครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง คณะกรรมการอาหารและยา

The United States Food and Drug Administation (U.S. FDA).

1.5 ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ให้ใช้ชื่อหนังสือหรือชื่อบทความแทนตำแหน่งชื่อผู้แต่ง

ตัวอย่าง 84 เมนู อาหารผู้สูงอายุเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร;2555.

21st century heart solution may have a sting in the tail. BMJ. 2002;325(7357):184.

2. ชื่อหนังสือ/ ชื่อวารสาร/ ชื่อบทความ

2.1 ชื่อหนังสือ/ ชื่อบทความ กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตามที่ปรากฏ กรณีเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้อักษรตัวใหญ่เฉพาะคำแรกของชื่อ หลังจากนั้นให้ใช้อักษรตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นศัพท์เฉพาะ และตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง 84 เมนู อาหารผู้สูงอายุเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร;2555.

Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical microbiology. 4th ed. St. Louis: Mosby;2002.

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. The genetic basis of human cancer. New York: McGraw-Hill;2002.p.93-113.

2.2 ชื่อวารสาร กรณีเป็นวารสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตามที่ปรากฏ กรณีเป็นวารสารภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อย่อ

ตัวอย่าง กัญญรัตน์ กัญญาคำ. ยีสต์โพรไบโอติก. วารสารอาหาร. 2565;52(2):28-34.

Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. N Engl J Med. 2002;347:284-7.

3. จำนวนเล่ม กรณีหนังสือมีหลายเล่ม (Volume) หากนำมาใช้อ้างอิงทุกเล่ม ให้ใส่จำนวนเล่มทั้งหมดไว้ท้ายรายการอ้างอิง เช่น 3 ล. หรือ 3 vol. (ใช้อักษร v ตัวพิมพ์เล็ก)

ตัวอย่าง อุไร จิรมงคลการ. ผักพื้นบ้าน. กรุงเทพฯ: สายธุรกิจโรงพิมพ์; 2547. 2 ล.

Tressler DK, Woodroof JG. Fruit, vegetable and nut products. United States of America: The AVI; 1976. 3 vol.

หากนำมาใช้อ้างอิงเพียงเล่มใดเล่มหนึ่ง ให้ใส่เฉพาะเล่มที่อ้างไว้หลังชื่อเรื่องหรือครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี) เช่น เล่ม 3. หรือ Vol. 3. (ใช้อักษร v ตัวพิมพ์ใหญ่) และใส่จำนวนหน้าของเล่มที่อ้างไว้หลังปีพิมพ์

ตัวอย่าง อุไร จิรมงคลการ. ผักพื้นบ้าน. เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สายธุรกิจโรงพิมพ์; 2547. 35 น.

Tressler DK, Woodroof JG. Fruit, vegetable and nut products. Vol. 1. United States of America: The AVI; 1976. 1,243 p.

4. ครั้งที่พิมพ์ ระบุตั้งแต่การพิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป โดยใช้คำว่า “พิมพ์ครั้งที่” (สำหรับภาษาไทย) หรือ “ed.” (สำหรับภาษาอังกฤษ) ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) เช่น พิมพ์ครั้งที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 5. 2nd ed. 3rd ed. 4th ed. 5th ed. เป็นต้น ทั้งนี้ nd, rd, th ไม่ต้องทำเป็นตัวยก ส่วนคำประกอบอื่น ๆ ให้ใช้อักษรย่อ เช่น revised ใช้ “rev.” reprint(ed) ใช้ “repr.” เป็นต้น

ตัวอย่าง เนตรนภิส วัฒนสุชาติ. เมนูอร่อย...อาหารลดโซเดียม เพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง; 2557.

Gilstrap LC 3rd, Cunningham FG, VanDorsten JP, editors. Operative obstetrics. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2002.

5. เมืองที่พิมพ์

5.1 ใส่ชื่อเมืองที่สำนักพิมพ์ตั้งอยู่ หากมีชื่อเมืองมากกว่า 1 ชื่อ ให้ใช้ชื่อเมืองแรก ตามด้วยเครื่องหมายทวิภาค (:)

5.2 กรณีที่ชื่อเมืองไม่เป็นที่รู้จัก ให้ใส่ชื่อรัฐหรือประเทศไว้ในวงเล็บกลมตามหลังชื่อเมือง

5.3 กรณีที่ไม่สามารถระบุเมืองที่พิมพ์ได้ ให้ระบุไว้ในวงเล็บเหลี่ยมโดยใช้คำว่า [ม.ป.ท.] (สำหรับภาษาไทย) หรือ [place unknown] (สำหรับภาษาอังกฤษ) หมายถึง ไม่ปรากฏเมืองที่พิมพ์

ตัวอย่าง กรุงเทพฯ: [ม.ป.ท.]:

New York: [place unknown]:

6. สำนักพิมพ์ ใส่ชื่อสำนักพิมพ์ตามที่ปรากฏในหนังสือ ตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) ทั้งนี้คำประกอบอื่นไม่ต้องใส่ เช่น สำนักพิมพ์, บริษัท, Publisher, Publishing, Limited, Company, Co. เป็นต้น <u>ยกเว้น</u> สำนักพิมพ์ที่มีชื่อเดียวกับหน่วยงาน ต้องระบุคำว่า “สำนักพิมพ์” ด้วย

กรณีสำนักพิมพ์เป็นหน่วยงานที่มีทั้งหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานย่อย ให้ใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) หลังชื่อหน่วยงานใหญ่ เว้น 1 วรรค แล้วตามด้วยชื่อหน่วยงานย่อย

6.1 กรณีไม่ปรากฏสำนักพิมพ์: ใช้ชื่อสถาบันที่ผู้แต่งสังกัดแทน

6.2 กรณีไม่ปรากฏหน่วยงานใด ๆ: ให้ลงชื่อโรงพิมพ์ที่พิมพ์หนังสือนั้น โดยระบุคำว่า “โรงพิมพ์” ไว้ด้วย

6.3 กรณีเป็นสิ่งพิมพ์รัฐบาล: ให้ลงชื่อหน่วยราชการที่รับผิดชอบเป็นสำนักพิมพ์ แม้ว่าในหนังสือจะมีการระบุชื่อสำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์ก็ตาม

6.4 กรณีที่ชื่อสำนักพิมพ์เป็นชื่อเดียวกับชื่อผู้แต่ง ให้เขียนย่อ เช่น

ชื่อผู้แต่ง คือ กระทรวงการคลัง สำนักพิมพ์ให้ใส่ว่า กระทรวง

ชื่อผู้แต่ง คือ American Occupational Therapy Association สำนักพิมพ์ให้ใส่ว่า The Association

6.5 กรณีไม่สามารถระบุชื่อสำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์ได้ : ให้ระบุไว้ในวงเล็บเหลี่ยมโดยใช้คำว่า [ม.ป.พ.] (สำหรับภาษาไทย) หรือ [publisher unknown] (สำหรับภาษาอังกฤษ) หมายถึง ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์

ตัวอย่าง สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง;

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร;

[ม.ป.พ.];

Williams & Wilkins;

Mcgraw-Hill, Health Professions Division;

7. ปีพิมพ์

7.1 ใส่เฉพาะตัวเลขของปีพิมพ์ ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) เช่น 2565. 2022. เป็นต้น

7.2 หากไม่มีปีพิมพ์ ให้ใส่ปีลิขสิทธิ์ได้ โดยใส่ “c” กำกับไว้ด้วย เช่น c2022 เป็นต้น

7.3 หากไม่มีปีพิมพ์หรือปีลิขสิทธิ์ สามารถใส่ปีโดยประมาณโดยดูจากข้อมูลที่แสดงไว้ในเนื้อหา และใส่ไว้ในวงเล็บเหลี่ยมตามด้วยเครื่องหมายปรัศนี (?) เช่น [2022?] เป็นต้น

7.4 หากไม่สามารถระบุปีพิมพ์ได้ ให้ระบุไว้ในวงเล็บเหลี่ยมโดยใช้คำว่า [ม.ป.ป.] (สำหรับภาษาไทย) หรือ [date unknown] (สำหรับภาษาอังกฤษ) หมายถึง ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์

8. ปี เดือน เล่มที่ และฉบับที่ ของวารสาร

8.1 กรณีเป็นวารสารที่มีเลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี: วารสารวิชาการทางการแพทย์ส่วนใหญ่จะใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี ให้ใส่เฉพาะปีพิมพ์ ตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) และเล่มที่ (Volume) โดยไม่มีการเว้นวรรค และไม่จำเป็นต้องใส่เดือน วันที่ และฉบับที่

ตัวอย่าง Figueroa JV, Chieves LP, Johnson GS, Buening GM. Multiplex polymerase chain reaction based assay for etection of Babesia bigemina, Babesis bovis and Anaplasma marginale DNA in bovine blood. Vet Parasitol. 1993;50:69-81.

8.2 กรณีเป็นวารสารที่ไม่ได้ใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี: หากเป็นวารสารภาษาอังกฤษ ให้ใส่ปี เดือน* วันที่พิมพ์ (ถ้ามี) หากเป็นวารสารภาษาไทย ให้ใส่วัน (ถ้ามี) เดือน* ปีที่พิมพ์ จากนั้นตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) เล่มที่ (Volume) และถ้ามีฉบับที่ (Issue/Number) ให้พิมพ์ไว้ในวงเล็บกลม โดยไม่มีการเว้นวรรค

*กรณีเป็นภาษาอังกฤษ ให้ใช้ตัวอักษร 3 ตัวแรกของเดือน เช่น Sep, Jan เป็นต้น กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใช้อักษรย่อของเดือน

ตัวอย่าง สุรเกียรติ อาชานานุภาพ. เจ็บคอขออย่ากินยาฆ่าเชื้อ/ยาแก้อักเสบ. หมอชาวบ้าน. ก.พ. 2563; 41(490):22-7.

Halpern SD, Ubel PA, Caplan AL. Solid-organ transplantation in HIV-infected patients. N Engl J Med. 2002 Jul 25;347(4):284-7.

9. เลขหน้า ให้ระบุเลขหน้าตั้งแต่หน้าแรกถึงหน้าสุดท้าย คั่นด้วยเครื่องหมายยัติภังค์ (-) ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) หลังเลขหน้าสุดท้าย โดยเลขหน้าสุดท้ายให้ใส่เฉพาะเลขที่ไม่ซ้ากับเลขหน้าแรก ยกเว้นเลขโรมัน หรือเลขหน้าที่มีตัวอักษรต่อท้าย ให้ระบุเลขโดยไม่ต้องตัดเลขหน้าออก กรณีเลขหน้าไม่ต่อเนื่องกัน ให้คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,)

ตัวอย่าง หน้า 7-29 ให้ใส่ 7-29. หน้า 20-29 ให้ใส่ 20-9.

หน้า 980-983 ให้ใส่ 980-3. หน้า xi-xii ให้ใส่ xi-xii.

หน้า 325A-329A ให้ใส่ 325A-329A. หน้า 2, 4, 7 ให้ใส่ 2, 4, 7.

10. การระบุความเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนรายการอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้เขียนตามประเภทของเอกสารนั้น ๆ และเพิ่มเติมข้อมูลที่แสดงความเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์หลัก ๆ 3 ส่วน ได้แก่

10.1 ประเภทของสื่อ: ให้ระบุประเภทของสื่อไว้ในวงเล็บเหลี่ยมหลังชื่อเรื่อง เช่น [อินเทอร์เน็ต] หรือ [Internet] [ซีดีรอม] หรือ [CD-ROM] [ดีวีดี] หรือ [DVD] เป็นต้น โดยย้ายเครื่องหมายมหัพภาค (.) หลังชื่อเรื่องไปไว้หลังวงเล็บเหลี่ยมแทน

10.2 วันที่เข้าถึง: เนื่องจากข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์อาจมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้เสมอ จึงต้องระบุวันที่เข้าถึงไว้ด้วย โดยหลังปีพิมพ์ของรายการอ้างอิงให้ระบุในวงเล็บเหลี่ยมไว้ว่า [เข้าถึงเมื่อ วัน เดือน ปี] สำหรับภาษาไทย หรือ [cited ปี เดือน วัน] สำหรับภาษาอังกฤษ

กรณีที่แหล่งข้อมูลมีการแจ้งวันที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด สามารถเพิ่มข้อมูลดังกล่าวไว้ในวงเล็บเหลี่ยมข้างต้น โดยให้ระบุเพิ่มไว้ด้านหน้า ตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) เว้น 1 วรรค ดังนี้ [ปรับปรุงเมื่อ วัน

เดือน ปี; เข้าถึงเมื่อ วัน เดือน ปี] สำหรับภาษาไทย หรือ [updated ปี เดือน วัน; cited ปี เดือน วัน] สำหรับภาษาอังกฤษ

10.3 แหล่งที่มาของข้อมูล: ให้ระบุ URL ของแหล่งที่มาของข้อมูล ไว้ท้ายรายการอ้างอิง โดยใช้คำว่า “เข้าถึงได้จาก: URL ของแหล่งข้อมูล” สำหรับภาษาไทย หรือ “Available from: URL ของแหล่งข้อมูล” สำหรับภาษาอังกฤษ ทั้งนี้หลัง URL ของแหล่งข้อมูลไม่ต้องตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง ชมดาว สิกขะมณฑล. ผลิตภัณฑ์คีโตเจนิก. วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร [อินเทอร์เน็ต]. ก.ค.-ก.ย. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2565];52(3):15-24. เข้าถึงได้จาก: https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/JFRPD/article/view/5016

Foley KM, Gelband H, editors. Improving palliative care for cancer [Internet]. Washington: National Academy Press; 2001 [cited 2002 Jul 9]. Available from: https://www.nap.edu/ catalog/10149/improving-palliative-care-for-cancer

การอ้างอิงตามประเภทของเอกสาร

ในที่นี้ขอนำเสนอเฉพาะเอกสารที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้อ้างอิง สำหรับเอกสารประเภทอื่น ๆ ดูรายละเอียดได้จากวิธีการอ้างอิงรูปแบบแวนคูเวอร์ โดยหอสมุดแพทย์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Library of Medicine: NLM) ที่ https://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์.

ตัวอย่าง

เนตรนภิส วัฒนสุชาติ. เมนูอร่อย...อาหารลดโซเดียม เพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสซิ่ง; 2557.

Murray PR, Rosenthal KS, Kobayashi GS, Pfaller MA. Medical microbiology. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2002.

หนังสือที่มีทั้งผู้แต่งและบรรณาธิการหรือผู้แปล

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors. หรือ ชื่อผู้แปล, ผู้แปล/translator/translators. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์.

ตัวอย่าง

นิพัฒน์ ลิ้มสงวน, เขมิสรา ชีวพฤกษ์. ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืช...แนวโน้มในการบริโภคยุคปัจจุบัน. พิมพ์ครั้งที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม. วนิดา ชิติสรรค์กุล, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2565.

Breedlove GK, Schorfheide AM. Adolescent pregnancy. 2nd ed. Wieczorek RR, editor. White Plains (NY): March of Dimes Education Services; 2001.

หนังสือที่มีเฉพาะบรรณาธิการ

ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์.

ตัวอย่าง

สมใจ วิชัยดิษฐ, บรรณาธิการ. ใครกิน...ใครได้. กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์พริ้นท์ติ้ง; 2551.

Gilstrap LC 3rd, Cunningham FG, VanDorsten JP, editors. Operative obstetrics. 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 2002.

หนังสือรวมบทความ

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อบท. ใน/In: ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์. น./p. หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

ตัวอย่าง

บุญมา นิยมวิทย์. ใยอาหารคืออะไร. ใน: เพลินใจ ตังคณะกุล, บรรณาธิการ. โภชนาการเจ๋ง สุขภาพแจ๋ว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ประชาชน; 2548. น. 12-16.

Meltzer PS, Kallioniemi A, Trent JM. Chromosome alterations in human solid tumors. In: Vogelstein B, Kinzler KW, editors. The genetic basis of human cancer. New York: McGraw-Hill; 2002. p. 93-113.

บทความวารสาร

1. วารสารที่ใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีพิมพ์;เล่มที่:เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

ตัวอย่าง

Figueroa JV, Chieves LP, Johnson GS, Buening GM. Multiplex polymerase chain reaction based assay for erection of Babesia bigemina, Babesis bovis and Anaplasma marginale DNA in bovine blood. Vet Parasitol. 1993;50:69-81.

2. วารสารที่ไม่ได้ใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปี เดือน วันที่พิมพ์;เล่มที่(ฉบับที่):เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

*กรณีเป็นวารสารภาษาไทย ให้ใส่วัน (ถ้ามี) เดือน ปีที่พิมพ์

ตัวอย่าง

กัญญรัตน์ กัญญาคำ. ยีสต์โพรไบโอติก. วารสารอาหาร. เม.ย. 2565;52(2):28-35.

Russell FD, Coppell AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human kidney as a food ingredient. Biochem Pharmacol. 1998 Mar 1;55(5):697-701.

กรณีเป็นบทความวารสารที่ได้รับการเผยแพร่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ก่อนรูปแบบฉบับพิมพ์ (ส่วนมากจะเป็นบทความจากฐานข้อมูล PubMed) ท้ายรายการอ้างอิง ให้เพิ่มข้อความว่า “สิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ วัน เดือน ปี.” สำหรับภาษาไทย หรือ “Epub ปี เดือน วัน.” สำหรับภาษาอังกฤษ

ตัวอย่าง

Yu WM, Hawley TS, Hawley RG, Qu CK. Immortalization of yolk sac-derived precursor cells. Blood. 2002 Nov 15;100(10):3828-31. Epub 2002 Jul 5.

ปริญญานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง [ประเภท/ระดับปริญญา]. เมืองที่พิมพ์: มหาวิทยาลัย; ปีที่รับปริญญา.

*ประเภท/ระดับปริญญา เช่น วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต dissertation, thesis, Ph.D. เป็นต้น

ตัวอย่าง

กุลกัญญา ศศะภูมิ. การผลิตแป้งเค้กทุเรียนสำเร็จรูปเพื่อการอบด้วยไมโครเวฟ [วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2548.

Kaplan SJ. Post-hospital home health care: the elderly's access and utilization [dissertation Ph.D. Medicine]. St. Louis (MO): Washington University; 1995.

หนังสือประกอบการประชุม/รายงานการประชุม

ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors. ชื่อเรื่อง. ชื่อการประชุม; ปี เดือน วันที่ประชุม; สถานที่จัดประชุม. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์.

*กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ประชุม

ตัวอย่าง

นเรนทร์ โชติรสนิรมิต, บรรณาธิการ. New frontier in surgery. การประชุมวิชาการส่วนภูมิภาค ครั้งที่ 22 New frontier in surgery; 2551; มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะแพทยศาสตร์, ภาควิชาศัลยศาสตร์; 2551.

Harnden P, Joffe JK, Jones WG, editors. Germ cell tumours V. Proceedings of the 5th Germ Cell Tumour Conference; 2001 Sep 13-15; Leeds, UK. New York: Springer; 2002.

Saithong P, Un-tom K, Muangnoi M, editors. Application of surface culture fermentation technique in production of pineapple wine vinegar. In: Proceedings of the 19th Food Innovation Asia Conference 2017 (FIAC 2017), 15-17 June 2017. Bangkok, Thailand p.743-748.

บทความที่นำเสนอในการประชุม

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อบทความ. ใน/In: ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors. ชื่อเรื่อง. ชื่อการประชุม; ปี เดือน วันที่ประชุม; สถานที่จัดประชุม. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์. น./p. หน้าแรก-หน้าสุดท้ายของบทความ.

*กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ประชุม

ตัวอย่าง

ธีระ ฤชุตระกูล. Coagulopathy in liver diseases. ใน: ปิยะวัฒน์ โกมลมิศร์, ทวีศักดิ์ แทนวันดี, อนุชิต จูฑะพุทธิ, บรรณาธิการ. Vascular diseases of the liver. การประชุมวิชาการประจาปี ครั้งที่ 4 Vascular disease of the liver; 12-14 มี.ค. 2552; เพชรบุรี. [กรุงเทพฯ]: สมาคมโรคตับ (ประเทศไทย); 2552. น. 1-13.

Christensen S, Oppacher F. An analysis of Koza's computational effort statistic for genetic programming. In: Foster JA, Lutton E, Miller J, Ryan C, Tettamanzi AG, editors. Genetic programming. EuroGP 2002: Proceedings of the 5th European Conference on Genetic Programming; 2002 Apr 3-5; Kinsdale, Ireland. Berlin: Springer; 2002. p. 182-91.

สิทธิบัตร

ชื่อผู้ประดิษฐ์, ผู้ประดิษฐ์/inventor/inventors; ชื่อผู้ขอรับสิทธิบัตร, ผู้ขอรับสิทธิบัตร/assignee. ชื่อสิ่งประดิษฐ์. ประเทศที่ออกสิทธิบัตร สิทธิบัตร/patent รหัสประเทศ หมายเลขสิทธิบัตร. ปี เดือน วันที่จดสิทธิบัตร.

*กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใส่วัน เดือน ปีที่จดสิทธิบัตร

ตัวอย่าง

มัณฑนา เอื้อวิทยา, ผู้ประดิษฐ์; บริษัทมัทนาพาณิชย์เชียงใหม่จำกัด, ผู้ขอรับสิทธิบัตร. องค์ประกอบสมุนไพรจากวาวเครือ. ประเทศไทย สิทธิบัตร ไทย 8919. 10 พ.ค. 2542.

Pagedas AC, inventor; Ancel Surgical R&D Inc., assignee. Flexible endoscopic grasping and cutting device and positioning tool assembly. United States patent US 20020103498. 2002 Aug 1.

พจนานุกรม

ชื่อพจนานุกรม. ครั้งที่พิมพ์. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์. คำศัพท์; น./p. เลขหน้าที่ปรากฏคำศัพท์.

ตัวอย่าง

ศัพท์แพทยศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน; 2543. Cystitis; น. 89.

Dorland's illustrated medical dictionary. 29th ed. Philadelphia: W.B. Sounders; 2000. Filamin; p. 89.

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์

การเขียนรายการอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้เขียนตามประเภทของเอกสารนั้น ๆ และเพิ่มเติมข้อมูลที่แสดงความเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่

1. ประเภทของสื่อ: ให้ระบุประเภทของสื่อไว้ในวงเล็บเหลี่ยมหลังชื่อเรื่อง เช่น [อินเทอร์เน็ต] หรือ [Internet] [ซีดีรอม] หรือ [CD-ROM] [ดีวีดี] หรือ [DVD] เป็นต้น โดยย้ายเครื่องหมายมหัพภาค (.) หลังชื่อเรื่องไปไว้หลังวงเล็บเหลี่ยมแทน

2. วันที่เข้าถึง: เนื่องจากข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์อาจมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้เสมอ จึงต้องระบุวันที่เข้าถึงไว้ด้วย โดยหลังปีพิมพ์ของรายการอ้างอิงให้ระบุในวงเล็บเหลี่ยมไว้ว่า [เข้าถึงเมื่อ วัน เดือน ปี] สำหรับภาษาไทย หรือ [cited ปี เดือน วัน] สำหรับภาษาอังกฤษ กรณีที่แหล่งข้อมูลมีการแจ้งวันที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด สามารถเพิ่มข้อมูลดังกล่าวไว้ในวงเล็บเหลี่ยมข้างต้น โดยให้ระบุเพิ่มไว้ด้านหน้า ตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) เว้น 1 วรรค ดังนี้ [ปรับปรุงเมื่อ วัน เดือน ปี; เข้าถึงเมื่อ วัน เดือน ปี] สำหรับภาษาไทย หรือ [updated ปี เดือน วัน; cited ปี เดือน วัน] สำหรับภาษาอังกฤษ

3. แหล่งที่มาของข้อมูล: ให้ระบุ URL ของแหล่งที่มาของข้อมูลไว้ท้ายรายการอ้างอิง โดยใช้คำว่า "เข้าถึงได้จาก: URL ของแหล่งข้อมูล" สำหรับภาษาไทย หรือ "Available from: URL ของแหล่งข้อมูล" สำหรับภาษาอังกฤษ ทั้งนี้หลัง URL ของแหล่งข้อมูลไม่ต้องตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อหนังสือ [อินเทอร์เน็ต/Internet]. ครั้งที่พิมพ์. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์ [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

ตัวอย่าง

วิชัย โชควิวัฒน์, บรรณาธิการ. ระบบยาของประเทศไทย 2563 [อินเทอร์เน็ต]. พิมพ์ครั้งที่ 6. นนทบุรี: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 16 ส.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: http://thesis.swu.ac.th/swuebook/A440954.pdf

Foley KM, Gelband H, editors. Improving palliative care for cancer [Internet]. Washington: National Academy Press; 2001 [cited 2002 Jul 9]. Available from: https://www.nap.edu/catalog/10149/improving-palliative-care-for-cancer

บทความวารสารอิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร [อินเทอร์เน็ต/Internet]. ปีพิมพ์ [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน];เล่มที่: เลขหน้าแรก-หน้าสุดท้าย. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

ตัวอย่าง

มนัญญา คำวชิระพิทักษ์. แนวทางการพัฒนาเนื้อจากพืชของไทย. วารสารวิจัยและนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [อินเทอร์เน็ต]. ก.ค.-ก.ย. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 16 เม.ย. 2565];2(3): 1-13. เข้าถึงได้จาก: https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JRIST/article/view/245065

Happell B. The influence of education on the career preferences of undergraduate nursing students. Aust Electron J Nurs Educ [Internet]. 2002 Apr [cited 2007 Jan 8];8(1):[about 12 p.]. Available from: http://www.scu.edu.au/schools/nhcp/aejne/vol8-1/refereed/happell_ max.html

ปริญญานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง [อินเทอร์เน็ต/Internet] [ประเภท/ระดับปริญญา]. เมืองที่พิมพ์: มหาวิทยาลัย; ปีที่รับปริญญา [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

ตัวอย่าง

นิภาวรรณ ปันธิ. การพัฒนาน้ำสลัดจากคีเฟอร์น้ำนมถั่วเหลือง [อินเทอร์เน็ต] [วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2560 [เข้าถึงเมื่อ 16 ส.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:126633

เว็บไซต์

1. อ้างอิงทั้งเว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเว็บไซต์ [อินเทอร์เน็ต/Internet]. ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors (ถ้ามี). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์ [ปรับปรุงเมื่อ/updated ปี เดือน วัน; เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก /Available from: http://...

ชื่อผู้แต่ง หมายถึง บุคคลหรือหน่วยงานที่จัดทำเว็บไซต์ หากไม่ปรากฏข้อมูลหรือเป็นชื่อเดียวกับเว็บไซต์ สามารถใส่ชื่อเว็บไซต์ แทนได้

เมืองที่พิมพ์ หมายถึง เมืองที่เผยแพร่เว็บไซต์ หากไม่พบข้อมูล ให้ใส่ [ม.ป.ท.] หรือ [place unknown]

สำนักพิมพ์ หมายถึง หน่วยงานหรือผู้รับผิดชอบเว็บไซต์ หากมีหลายหน่วยงาน ให้ใส่เฉพาะชื่อแรก หากไม่พบข้อมูลให้ใส่ [ม.ป.พ.] หรือ [publisher unknown]

ปีพิมพ์ หมายถึง ปีที่เริ่มเผยแพร่เว็บไซต์ หากมีทั้งปีพิมพ์และปีลิขสิทธิ์ ให้ใช้ปีพิมพ์ หากไม่พบข้อมูล ให้ใช้ปีที่ปรับปรุง หรือปีที่สืบค้น หลังปีพิมพ์ให้เว้น 1 วรรค โดยไม่ต้องใส่เครื่องหมายจุลภาค (,)

ปรับปรุงเมื่อ/updated หมายถึง วันที่ปรับปรุงเว็บไซต์ (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

กระทรวงสาธารณสุข [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 27 ธ.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก: https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/news/news_red337_261163.pdf

Alternative Nature Online Herbal [Internet]. Bergeron K, editor. Erin (TN): Alternative Nature; 1997 [cited 2007 Mar 23]. Available from: http://altnature.com/

2. อ้างอิงบางส่วนของเว็บไซต์

ชื่อเว็บไซต์ [อินเทอร์เน็ต/Internet]. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์. ชื่อเรื่องที่นำมาอ้าง; ปีพิมพ์ของเรื่อง ที่นำมาอ้าง [ปรับปรุงเมื่อ/updated ปี เดือน วัน; เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]; [ประมาณ...น./about ...screens/p.]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

การระบุเลขหน้า

1. กรณีเป็นเอกสารในรูป PDF หรือมีแสดงเลขหน้า: ใส่เลขหน้าตามหลักเบื้องต้นในการระบุเลขหน้า เช่น น. 427-78. หรือ p. 23-42.

2. กรณีไม่มีการแสดงเลขหน้า:

    2.1 ระบุจำนวนหน้า ย่อหน้า หรือบรรทัด ตามที่สามารถประมาณได้ เช่น [about 2 screens]. หรือ [ประมาณ 6 น.]. หรือ [10 paragraphs]. หรือ [5 ย่อหน้า]. เป็นต้น

    2.2 กรณีที่มีการพิมพ์ผลออกมาเป็นเอกสาร สามารถระบุตามจำนวนหน้าที่พิมพ์ผลออกมา เช่น [about 12 p.]. หรือ [ประมาณ 3 น.]. เป็นต้น

ตัวอย่าง

กระทรวงสาธารณสุข [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2563. รายงานข่าวกรณีโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19); 2563 [เข้าถึง เมื่อ 12 ธ.ค. 2563]; [ประมาณ 1 น.]. เข้าถึงได้จาก https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/news/news_red337_261163.pdf

American Medical Association [Internet]. Chicago: The Association; c1995-2020. AMA leadership and policy development through the World Medical Association; 2020 [cited 2020 Oct 12]; [about 2 screens]. Available from: https://www.ama-assn.org/about/office- international-relations/ama-leadership-and-policy-development-through-world-medical

ฐานข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต

1. ฐานข้อมูลแบบเปิด

หมายถึง ฐานข้อมูลที่ยังมีการปรับเพิ่มข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

ชื่อฐานข้อมูล [อินเทอร์เน็ต/Internet]. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์. ปีพิมพ์ - [ปรับปรุงเมื่อ/updated ปี เดือน วัน; เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

การอ้างอิงแต่ละส่วน ใช้หลักเดียวกับเว็บไซต์ ยกเว้น

1. สำนักพิมพ์: ให้ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (.)

2. ปีพิมพ์: ให้ใส่ปีเริ่มต้นของฐานข้อมูล เว้น 1 วรรค ตามด้วยเครื่องหมายยัติภังค์ (-) และเว้น 3 วรรค

ตัวอย่าง

Who's Certified [Internet]. Evanston (IL): The American Board of Medical Specialists. c2000 - [cited 2001 Mar 8]. Available from: https://www.abms.org/verify-certification/

2. ฐานข้อมูลแบบปิด

หมายถึง ฐานข้อมูลที่ไม่มีการปรับเพิ่มข้อมูลใดใดแล้ว

ชื่อฐานข้อมูล [อินเทอร์เน็ต/Internet]. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์. ปีพิมพ์เริ่มต้น - ปีพิมพ์สุดท้าย [ปรับปรุงเมื่อ/updated ปี เดือน วัน; เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

การอ้างอิงแต่ละส่วน ใช้หลักเดียวกับฐานข้อมูลแบบเปิด ยกเว้นปีพิมพ์ ให้ใส่ปีเริ่มต้นและปีสุดท้ายที่มีการปรับเพิ่มข้อมูลของฐานข้อมูล

ตัวอย่าง

EARSS: the European Antimicrobial Resistance Surveillance System [Internet]. Bilthoven (Netherlands): RIVM. 2001 - 2005 [cited 2007 Feb 1]. Available from: http://www.rivm.nl/ earss/

บล็อก

1. อ้างอิงทั้งบล็อก

ชื่อเจ้าของบล็อก. ชื่อบล็อก [อินเทอร์เน็ต/Internet]. ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors (ถ้ามี). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์ - [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

การอ้างอิงแต่ละส่วน ใช้หลักเดียวกับเว็บไซต์ ยกเว้นปีพิมพ์

1. กรณีเป็นบล็อกเปิด: ใส่ปีเริ่มต้น เว้น 1 วรรค ตามด้วยเครื่องหมายยัติภังค์ (-) และเว้น 3 วรรค
2. กรณีเป็นบล็อกปิด: ใส่ปีเริ่มต้น - ปีสิ้นสุด หากไม่มีปีเริ่มต้น ให้ใช้ปีของข้อความแรกที่มีการนำขึ้นบล็อก หรือปีลิขสิทธิ์ หรือ ปีโดยประมาณในวงเล็บเหลี่ยม เช่น [2004?] หรือ [ม.ป.ป.] / [date unknown] ตามลำดับ

ตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยศิลปากร, หอสมุดพระราชวังสนามจันทร์. บล็อกแลกเปลี่ยนเรียนรู้ หอสมุดพระราชวังสนามจันทร์. [อินเทอร์เน็ต]. นครปฐม: มหาวิทยาลัย, หอสมุด; c2019 - [เข้าถึงเมื่อ 14 ต.ค. 2563]. เข้าถึงได้จาก http://www.snc.lib.su.ac.th/kmblog/

Holt M. The Health Care Blog [Internet]. San Francisco: Matthew Holt. 2003 - [cited 2020 Sep 26]. Available from: https://thehealthcareblog.com/

2. อ้างอิงบางส่วนของบล็อก

ชื่อผู้แต่งเรื่องที่นำมาอ้าง. ชื่อเรื่องที่นำมาอ้าง. ปีพิมพ์ของเรื่องที่นำมาอ้าง. ใน/In: ชื่อบล็อก [อินเทอร์เน็ต/Internet]. ชื่อบรรณาธิการ, บรรณาธิการ/editor/editors (ถ้ามี). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีพิมพ์ของบล็อก - [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. [ประมาณ...น./about ...screens/p.]. เข้าถึงได้จาก/Available from: http://...

ตัวอย่าง

Panida Jamoosri. สุขภาพดีไม่มีขาย. 2019. ใน: บล็อกแลกเปลี่ยนเรียนรู้หอสมุดพระราชวังสนามจันทร์ [อินเทอร์เน็ต]. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร, หอสมุดพระราชวังสนามจันทร์; c2019 - [เข้าถึงเมื่อ 14 ต.ค. 2563]. [ประมาณ 1 น.]. เข้าถึงได้จาก http://www.snc.lib.su.ac.th/kmblog/?p=33

Measuring the Effectiveness of Cost-of-Care Conversations. 2020 Sep 25. In: The Health Care Blog [Internet]. Khan Z, editor. San Francisco: Matthew Holt. 2003 - [cited 2020 Sep 27]. [about 1 screen]. Available from: https://thehealthcareblog.com/blog/2020/09/ 25/measuring-the-effectiveness-of-cost-of-care-conversations/

การใช้รูปภาพจากบทความ

ผู้เขียนต้องตรวจสอบลิขสิทธิ์ก่อนการใช้งานทุกรูปภาพที่มีการอ้างอิง โดยตรวจสอบจากสัญญาอนุญาตครีเอทีฟคอมมอนส์ ดังนี้

Attribution CC – BY ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มา

Attribution CC – BY -SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตเดียวกัน

Attribution CC – BY -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มา แต่ห้ามดัดแปลง

Attribution CC- BY -NC ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ ห้ามใช้เพื่อการค้า

Attribution CC- BY – NC – SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามใช้เพื่อการค้า และต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตชนิดเดียวกัน

Attribution CC- BY – NC -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามดัดแปลงและห้ามใช้เพื่อการค้า

จริยธรรมในการตีพิมพ์ของวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการมีหน้าที่ดำเนินการตรวจสอบเนื้อหาและคุณภาพของบทความทุกเรื่องที่ส่งมาเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์กับวารสาร โดยต้องพิจารณาความสำคัญ ความเกี่ยวข้องกับขอบเขตและวัตถุประสงค์ของวารสาร เพื่อความถูกต้องของวารสาร
2. บรรณาธิการต้องพิจารณาคุณภาพบทความภายใต้หลักเกณฑ์ทางวิชาการเป็นหลักในการคัดเลือกบทความโดยปราศจากอคติต่อผู้นิพนธ์บทความ และไม่ใช้ความสัมพันธ์ส่วนบุคคลในการตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์

3. กระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องตรวจสอบการคัดลอกผลงานของบทความ (plagiarism) ประเมินด้วยโปรแกรม Turnitin หากตรวจพบการคัดลอกผลงานมากกว่าร้อยละ 10 จะระงับการประเมิน และติดต่อผู้นิพนธ์เพื่อเป็นหลักฐานประกอบการพิจารณาตอบรับ หรือปฏิเสธการตีพิมพ์

4. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเอง

5. บรรณาธิการต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงไม่ปิดกั้นหรือแทรกแซงข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์

6. บรรณาธิการต้องปฏิบัติตามกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ของวารสารอย่างเคร่งครัด

7. บรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพและมีความทันสมัยเสมอ

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก พิจารณาบทความภายใต้หลักการและเหตุผลทางวิชาการ โดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัว และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์

2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาประโยชน์จากผลงานทางวิชาการที่ตนเองได้ทำการประเมิน

3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของผลงานวิชาการที่รับประเมินอย่างแท้จริง

4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตรวจสอบการคัดลอกผลงานของบทความ (plagiarism) หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่รับประเมินเป็นบทความที่คัดลอกผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบทันที

5. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่กำหนด รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับรู้

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์

1. บทความของผู้นิพนธ์ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ใดมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างขั้นตอนการพิจารณาตีพิมพ์ที่ใด รวมถึงการไม่นำบทความไปตีพิมพ์เผยแพร่กับแหล่งอื่นหลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์กับวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว หากพบการตีพิมพ์ซ้ำซ้อนผู้นิพนธ์จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในทุกกรณี

2. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกหรือทำซ้ำผลงานของตนเองและผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมานำเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาบทความของตนเอง และจะต้องอ้างอิงผลงาน รูปภาพ หรือตาราง หากมีการนำมาใช้ในบทความของตนเอง โดยระบุ “ที่มา” เพื่อป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์ (หากมีการฟ้องร้องจะถือเป็นความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์ในทุกกรณี ทางวารสารไม่มีส่วนเกี่ยวข้องใด ๆ ทั้งสิ้น)

3. ผู้นิพนธ์ต้องเคารพความคิดเห็นทางวิชาการของผู้ประเมิน และพร้อมปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาตามคำแนะนำของผู้ประเมินและกองบรรณาธิการ เพื่อให้บทความถูกต้องตามมาตรฐานทางวิชาการและตรงตามรูปแบบของวารสาร

4. กรณีที่ผู้นิพนธ์หลายคน ผู้ที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคนจะต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างแท้จริง และการส่งต้นฉบับบทความให้วารสารพิจารณาตีพิมพ์จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้นิพนธ์ทุกคนแล้ว

5. ผู้นิพนธ์ต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัย (หากมี)

6. ผู้นิพนธ์จะต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบของวารสารตาม “คำแนะนำสำหรับผู้เขียน”

7. หากผลงานทางวิชาการของผู้นิพนธ์เกี่ยวข้องกับการใช้สัตว์ ผู้เข้าร่วม หรืออาสาสมัคร ผู้นิพนธ์ควรตรวจสอบให้แน่ชัดว่าได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรม ปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด รวมถึงต้องได้รับความยินยอมก่อนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทุกครั้ง

8. ทั้งนี้ วารสารอนุญาตให้ผู้เขียนเสนอรายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิสำหรับการประเมินบทความได้จำนวน 2–4 ท่าน ผู้เขียนสามารถสืบค้นและพิจารณารายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญตรงตามสาขาของบทความได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ฐานข้อมูลนักวิจัยไทยของสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) รายชื่ออาจารย์และนักวิจัยจากสถาบันอุดมศึกษาของไทย และสมาคมวิชาการหรือเครือข่ายผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง โปรดระบุ ชื่อ–สกุล ตำแหน่ง/สังกัด อีเมลติดต่อ และสาขาความเชี่ยวชาญ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิที่เสนอแต่ละท่าน ผู้ทรงคุณวุฒิที่เสนอควรเป็นผู้ที่ ไม่มีส่วนได้เสียหรือเกี่ยวข้องโดยตรง กับผู้เขียนและโครงการวิจัย เพื่อหลีกเลี่ยงความขัดแย้งทางผลประโยชน์ (Conflict of Interest)

หมายเหตุ:

1. ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

2. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์แก้ไขเรื่องที่จะลงพิมพ์ทุกเรื่องในกรณีที่จำเป็น ต้นฉบับที่แก้ไขแล้วจะแจ้งไปยังผู้เขียนเพื่อความเห็นชอบอีกครั้ง

3. แจ้งเบอร์โทรศัพท์ หรือ e-mail เพื่อติดต่อ เมื่อบทความได้เข้าสู่กระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

4. หากมีการละเมิดสิทธิ์ใด ๆ โดยคณะผู้เขียน คณะผู้เขียนจะเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว

เอกสารอ้างอิง

1. อัมพร ขาวบาง. การเขียนรายการอ้างอิงตามรูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style) [อินเทอร์เน็ต]. [กรุงเทพฯ]: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, สำนักหอสมุดกลาง; 2564 [เข้าถึงเมื่อ 24 ธ.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://lib.swu.ac.th/images/Documents/Researchsupport/VancouverSWU_Citation-260121.pdf
2. National Library of Medicine [Internet]. Maryland: The Library; 2020. Samples of formatted references for authors of journal articles; 2018 [cited 2022 Dec 24]; [about 9 screens]. Available from: https://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

JFRPD (online)