



วารสาร

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

Journal of Food Research and Product Development

JFRPD

บทความวิชาการ

- ◆ นวัตกรรมฟิล์มบรรจุภัณฑ์: ทางเลือกใหม่ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์
- ◆ เมล็ดเจียและมิวซีเลจจากเมล็ดเจีย: อาหารทางเลือกใหม่สำหรับผู้รักสุขภาพ
- ◆ ยกระดับความสด: การประเมินเทคโนโลยี ESL เทียบกับการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม
- ◆ โภชนาการแม่นยำกับบทบาทของพันธุกรรมในการจัดการโรคอ้วนและภาวะเมตาบอลิกซินโดรม
- ◆ นวัตกรรมโยเกิร์ตฟังก์ชัน: การผสมผสานโพรไบโอติกส์และสารต้านอนุมูลอิสระเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ
- ◆ โฟสเฟอรัส: สารออกฤทธิ์ชีวภาพยุคใหม่ในนวัตกรรมอาหารฟังก์ชัน
- ◆ ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ: ศักยภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

บทความวิจัย

- ◆ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาบัวทิ้วเพื่อเพิ่มมูลค่า



JFRPD (online)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
INSTITUTE OF FOOD RESEARCH AND PRODUCT DEVELOPMENT

KASETSART UNIVERSITY



วารสาร

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

Journal of Food Research and Product Development

JFRPD

วัตถุประสงค์และขอบเขต

วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (JFRPD) เป็นวารสารภาษาไทยที่เผยแพร่บทความทางวิชาการด้านอาหารในสาขาเทคโนโลยีการอาหาร เคมีอาหาร เทคโนโลยีชีวภาพทางอาหารโภชนาการ และวิทยาศาสตร์การอาหารที่เกี่ยวข้อง

บทความที่เผยแพร่ต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ในสาขาที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนสามารถส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

สำนักงาน

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตูโป. 1043 ปทผ.

เกษตรศาสตร์

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10903

โทร. 0 2942 8629 ต่อ 1303 โทรสาร. 0 2561 1970

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.

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

ดร.นิพนธ์ ลิ้มสงวน

ดร.ประมวล ทรายทอง

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

ดร.วนิดา เทวฤทธิ์ ขัติสรณ์กุล

นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองบรรณาธิการ

ดร.วนิดา ปานอุทัย

ดร.อรรณณ ละอองคำ

ดร.นราพร พรหมไกรวร

นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจากรู

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนศักดิ์ ล้อมทอง

รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี ศรีอริยนันท์

รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิศา เสวตบวร

รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ จันท

รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา

พันเอกหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภมร จินตามณี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏพร นกแก้ว

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชนี ยะสุรินทร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติยา แวนนุกูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า

อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ขูชีพ

ดร.รุ่งดาว กลิ่นจะโป๊ะ

ดร.อติยา ตันธรรสกุล

ดร.คันสนีย์ อุดมระติ

ดร.กานต์ธิดา วตศิริศักดิ์

ดร.ฐิตาภรณ์ ตัมพานูวัตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและกระบวนการ บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก

คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก

นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ (ต่อ)

ดร.นราพร พรหมไกรวรร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ปิยาภัทร ไตรสนธิ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศิริพร ต้นจ่อ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางกนกวรรณ ยอดอินทร์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นัสสร เพียสุระ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายพสธร ผ่องแผ้ว	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก (Peer review)

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจากร	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.ชนศักดิ์ ล้อมทอง	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.มาลินี ศรีอริยนันท์	ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและกระบวนการ บัณฑิตวิทยาลัย วิศวกรรมศาสตร์นานาชาติสิรินธร ไทย-เยอรมัน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิศา เสวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ จันท	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา	คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พันเอกหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภรณ์ จินตามณี	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏพร นกแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชนี ยะสุนันท์	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติยา แวนนุกุล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์พงษ์ มั่นหล้า	สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก (Peer review) (ต่อ)

อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยาเขตชุมพร เขตอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ดร.รุ่งดาว กลิ่นจະโป๊ะ

คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขต

หัวหมาก

ดร.อติยา ตันธรรศกุล

คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก

ดร. ศิริพงศ์ รักใหม่

วิทยาลัยดุสิตธานี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุกิตตา เรืองรัมย์

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะนาฏ จันทร์กระจ่าง

สำนักวิชาการจัดการ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน (Peer review)

ดร.คันสนีย์ อุดมระติ

นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.กานต์ธิดา วาศิรีศักดิ์

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ฐิตาภรณ์ ตัมพานวัตร

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.นราพร พรหมไกรวรรณ

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ปิยาภัทร ไตรสนธิ

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.วรารักษ์ ประเสริฐ

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.ศิริพร ตันจ่อ

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นางกนกวรรณ ยอดอินทร์

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดร.นภัสสร เพ็ญสุระ

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นายพชร ผ่องแผ้ว

นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้จัดการวารสาร

นายณัฐนนท์ เนาวรัตน์

เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

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

วารสารฉบับนี้ เป็นปีที่ 55 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2568 ซึ่งประกอบด้วยบทความเกี่ยวกับนวัตกรรมและการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร การใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อเก็บรักษาคุณภาพอาหาร เทคโนโลยีการสกัดเพื่อให้ได้สารสำคัญที่มีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมูลค่าสูง นอกจากนี้ยังมีองค์ความรู้เกี่ยวกับโภชนาการเฉพาะกลุ่มที่กำลังเป็นที่สนใจในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารฟังก์ชันอีกด้วย

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการประเมินและเสนอแนะแก้ไขจนได้บทความที่มีความสมบูรณ์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้เชิงวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์อาหารที่มีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการต่อยอดพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งงานวิจัยและการต่อยอดในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

ข้อมูล วรรณกรรม และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ

สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย



แบบสอบถาม



วารสาร

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

Journal of Food Research and Product Development

JFRPD

สารบัญ

บทความวิชาการ

◆ นวัตกรรมฟิล์มบรรจุภัณฑ์: ทางเลือกใหม่ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์	1
Innovative Packaging Films: A Novel Approach to Extending Meat Shelf Life	
สุวีณา จันทพิรภัช	
(Suveena Jantapirak)	
◆ เมล็ดเจียและมิวซีเลจจากเมล็ดเจีย: อาหารทางเลือกใหม่สำหรับผู้รักสุขภาพ	13
Chia seeds and chia seed mucilage: An innovative option for health-conscious individuals	
ธีรพัฒน์ สีมามหรรณพ, นิธิวดี เมฆานุสรบุตร และ สุภคชนม์ คล่องดี	
(Theeraphat Seemamahunnop, Nitiwadee Masanukornbut and Supakchon Klongdee)	
◆ ยกระดับความสด: การประเมินเทคโนโลยี ESL เทียบกับการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม	28
Extending freshness: evaluating ESL technology versus traditional pasteurization in milk processing	
จันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิต	
(Chansuda Jariyavattanavijit)	
◆ โภชนาการแม่นยำกับบทบาทของพันธุกรรมในการจัดการโรคอ้วนและภาวะเมตาบอลิกซินโดรม	45
Precision nutrition and the role of genetics in managing obesity and metabolic syndrome	
ณัฐวุฒิ ลายนน้ำเงิน	
(Nuttawut Lainumngen)	
◆ นวัตกรรมโยเกิร์ตฟังก์ชัน: การผสมผสานโพรไบโอติกส์และสาหร่ายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ	60
Innovative functional yogurt: integration of probiotics and algae for enhanced nutritional value and health benefits	
รุตจิรา ทรัพย์ทอง, เพชรพริ้ง แก้วประพาฬ, วีรดา กิตติวิเศษกุล, เขมิกา คำอ้ายอูด และ วณิดา ปานอุทัย	
(Rudjira Sabthong, Petchpring Kaewprapal, Wirada Kittiwisetkul, Khemika Khamaiaut and Wanida Pan-utai)	
◆ โพรสโตไบโอติกส์: สารออกฤทธิ์ชีวภาพยุคใหม่ในนวัตกรรมอาหารฟังก์ชัน	77
Postbiotics: Next-gen bioactives for functional food innovation	
กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์	
(Kanthida Wadeesirisak)	
◆ ตัวทำละลายดีฟิวเทคติกจากธรรมชาติ: ศักยภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร	93
Natural deep eutectic solvents: Potential for bioactive compound extraction from agro-food industry by-products	
ทัศนีย์ ปลั่งกลาง	
(Thussanee Plangklang)	



วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สารบัญ (ต่อ)

บทความวิจัย

◆ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาบัควีตเพื่อเพิ่มมูลค่า	105
Development of Buckwheat Tea Product for Value Addition	
สุทธกานต์ ใจกาวิล, พิชญนันท์ กังแฮ และ ชมดาว สิกขะมณฑา	
(Suttakarn Jaikawin, Pitchanan Kanghae, Janpen Saengprakai and Chomdao Sikkhamonthon)	
คำแนะนำสำหรับผู้เขียน	122

นวัตกรรมฟิล์มบรรจุภัณฑ์: ทางเลือกใหม่ในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์

สุวีณา จันทพิรักษ์

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Email: suveena.j@ku.th

รับเมื่อ 24 มีนาคม 2568 แก้ไขเมื่อ 27 พฤษภาคม 2568 ตอรับเมื่อ 14 มิถุนายน 2568

จุดเด่น

- เทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะช่วยตรวจสอบความสดของเนื้อสัตว์
- ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา
- ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดขยะพลาสติก

บทคัดย่อ

เนื้อสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญแต่มีแนวโน้มเน่าเสียได้ง่าย การพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง บทความนี้กล่าวถึงฟิล์มบรรจุภัณฑ์สมัยใหม่ที่มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ ฟิล์มบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (smart packaging films) ที่สามารถตรวจจับและแสดงข้อมูลความสดของเนื้อสัตว์ผ่านการเปลี่ยนสี ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial films) ที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค และฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (biodegradable & edible films) ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อลดปัญหาขยะพลาสติก เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงช่วยถนอมคุณภาพของเนื้อสัตว์ให้สดได้นานขึ้น แต่ยังสอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนและความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม บทความนี้นำเสนอแนวโน้มของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารในอนาคต พร้อมทั้งแนวทางการพัฒนาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: ฟิล์มบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ ฟิล์มที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ นวัตกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร

Innovative Packaging Films: A Novel Approach to Extending Meat Shelf Life

Suveena Jantapirak

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

Email: suveena.j@ku.th

Received 24 March 2025; **Revised** 27 May 2025; **Accepted** 14 June 2025

Highlights

- Smart packaging technology enables real-time freshness monitoring
- Antimicrobial films help extend meat shelf life
- Eco-friendly packaging films reduce plastic waste

Abstract

Meat is a crucial protein source but is highly perishable. The development of advanced packaging technologies to extend its shelf life is therefore essential. This article discusses innovative packaging films that play a vital role in the food industry, including smart packaging films, which can detect and indicate meat freshness through color changes; antimicrobial films, which inhibit the growth of spoilage microorganisms; and biodegradable and edible films, which decompose naturally to reduce plastic waste. These technologies not only help preserve meat quality for longer periods but also align with the principles of a circular economy and environmental sustainability. This article explores emerging trends in food packaging and practical applications for the meat industry to enhance product safety, reduce food waste, and support eco-friendly initiatives.

Keywords: Smart Packaging Films, Antimicrobial Films, Biodegradable Films, Meat Shelf Life Extension, Food Packaging Innovation

บทนำ

เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ มีการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปมาอย่างยาวนาน นอกจากนี้เนื้อสัตว์ยังเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารทั่วโลก แต่เนื้อสัตว์มีลักษณะเน่าเสียได้ง่ายเนื่องจากมีปริมาณน้ำสูง และเป็นแหล่งสะสมของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมคุณภาพและอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในยุคปัจจุบันที่ความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่ปลอดภัยและมีคุณภาพสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

บรรจุภัณฑ์ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีบทบาทในการรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์ นอกจากจะช่วยป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังสามารถชะลอการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย ในอดีตบรรจุภัณฑ์พลาสติกแบบดั้งเดิมถูกใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีราคาถูกและใช้งานง่าย แต่กลับส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากขยะพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยของอาหารจากการใช้พลาสติกบางประเภท ทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มากขึ้น โดยในปัจจุบันฟิล์มบรรจุภัณฑ์สมัยใหม่ได้รับการพัฒนาให้มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น ฟิล์มบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (smart packaging) ที่สามารถเปลี่ยนสีเพื่อแจ้งเตือนผู้บริโภคเมื่ออาหารเริ่มเสื่อมสภาพ ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial film) ที่มีสารออกฤทธิ์ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค และ ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (biodegradable & edible films) ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และช่วยลดปัญหาขยะพลาสติก เทคโนโลยีเหล่านี้ไม่เพียงแต่ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์ให้สดได้นานขึ้น แต่ยังช่วยลดการสูญเสียอาหาร (food loss) และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

บทความนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่ทันสมัยและมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร โดยมุ่งเน้นไปที่ฟิล์มบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ และฟิล์มที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งล้วนเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้เห็นถึงแนวโน้มของอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหารในอนาคตและแนวทางการพัฒนาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง รวมถึงการประยุกต์ใช้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเนื้อสัตว์

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (smart packaging films)

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ เป็นหนึ่งในทางเลือกที่มีแนวโน้มที่ดี ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (active packaging) ที่ช่วยรักษาความสดของอาหาร และบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ (smart packaging) ที่สามารถตรวจสอบและแสดงข้อมูลสภาพของผลิตภัณฑ์แบบเรียลไทม์ได้ หนึ่งในนวัตกรรมสำคัญของบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ คือการใช้ส่วนผสมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ เช่น พืช ผัก และผลไม้ ได้แก่ สารฟีนอลิก (phenolic compounds) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) และเปปไทด์ (peptides) เป็นต้น ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ และต้านการอักเสบ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์⁽¹⁾ วัตถุดิบจากธรรมชาติที่นิยมนำมาใช้ในการงานวิจัยเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ เช่น กลุ่มสารให้สีธรรมชาติ ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) พบในดอกอัญชัน บลูเบอร์รี่ กะหล่ำปลีม่วง เป็นต้น เบตาเลน (betalains) พบในบีทรูท เป็นต้น เคอร์คูมิน (curcumin) พบใน ขมิ้นชัน เป็นต้น^(2, 3)

และแคโรทีนอยด์ พบในแครอท ฟักทอง มะละกอ เป็นต้น⁽⁴⁾ โดยสารดังกล่าวจะนิยมใช้ในการทำหน้าที่เป็น ไบโอเซนเซอร์ (Biosensor) ซึ่งคือเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้สารชีวภาพทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการวิเคราะห์ และมีการแปลงสัญญาณเปลี่ยนผลจากปฏิกิริยานั้นเป็นสัญญาณที่สามารถวัดและแสดงผลได้ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการตรวจวัดสารต่าง ๆ อย่างเฉพาะเจาะจง รวดเร็ว และแม่นยำ โดยในการใช้ไบโอเซนเซอร์สำหรับตรวจจับความเน่าเสียของเนื้อสัตว์อาศัยคุณสมบัติหรือการเปลี่ยนสีตามค่าความเป็นกรดต่างที่เปลี่ยนแปลง (halochromic) การเปลี่ยนสีของสาร halochromic เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมี เช่น การได้รับหรือสูญเสียโปรตอน (H^+) ในสถานะที่มีค่าความเป็นกรดต่างต่างกัน โดยทั่วไปสีของสารจะแสดงผลในช่วงความเป็นกรดต่างที่เฉพาะเจาะจง จึงถูกนำมาใช้และพัฒนาในบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะเพื่อช่วยตรวจสอบความสดของอาหาร แต่อาจมีข้อจำกัดในแง่ของความไวต่อปัจจัยภายนอก เช่น แสง ความร้อน และออกซิเจน ซึ่งในแต่ละชนิดอาจมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน⁽⁴⁾ ตัวอย่างงานวิจัยที่นำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยเมื่อเนื้อสัตว์เริ่มเน่าเสียจะปล่อยก๊าซแอมโมเนียและไฮโดรเจนซัลไฟด์ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น ฟิล์มที่ไวต่อค่าความเป็นกรดต่างจะเปลี่ยนสีไปตามระดับ TVB-N

(total volatile basic nitrogen) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสดของเนื้อสัตว์ ตัวอย่างเช่น ฟิล์มที่มีแอนโธไซยานิน เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นไม่มีสี เมื่อค่า TVB-N ของปลาเทราต์เพิ่มขึ้นจาก 9.3 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เป็น 55.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม หรือฟิล์มที่มีเคอร์คูมินเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง เมื่อค่า TVB-N ของเนื้อไก่เพิ่มจาก 7.01 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม เป็น 36.85 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม⁽²⁾ โดยสารแอนโธไซยานิน ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในการนำมาผลิตเป็นไบโอเซนเซอร์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพความสดของเนื้อสัตว์ และการเปลี่ยนแปลงสีของแผ่นฟิล์มดังกล่าวทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้ต่อการเน่าเสียของเนื้อสัตว์ได้⁽⁵⁾ ซึ่งการใช้สารให้สีธรรมชาติเป็นไบโอเซนเซอร์ถือเป็นนวัตกรรมที่ช่วยตรวจสอบความสดของเนื้อสัตว์แบบเรียลไทม์ ลดของเสียจากอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค อนาคตของเทคโนโลยีนี้มีแนวโน้มพัฒนาไปสู่นาโนเทคโนโลยี และบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมอาหารและแนวทางด้านความยั่งยืน

นอกจากสารสกัดจากธรรมชาติแล้ว สาร metal-organic frameworks (MOF) ซึ่งเป็นวัสดุไฮบริดที่มีโครงสร้างแบบรูพรุนที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นสารเติมแต่งในฟิล์มโพลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์

อัจฉริยะ งานวิจัยหนึ่งได้ศึกษาการผสมทองแดง (Cu) เป็นศูนย์กลางโครงสร้างและใช้ L-phenylalanine (Phe) เป็นลิแกนด์อินทรีย์ที่เชื่อมต่อกัน โดยโครงสร้างนี้มีคุณสมบัติพิเศษในการตรวจจับแอมโมเนียผ่านการเปลี่ยนสีแบบคัลโลริเมตริก (colorimetric sensing) ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะเพื่อตรวจสอบความสดของอาหาร สามารถช่วยตรวจจับการเน่าเสียของกุ้งและเนื้อหมู ผ่านการเปลี่ยนสีแบบเรียลไทม์ จึงทำให้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความสดของอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁽⁶⁾ นอกจากนี้การพัฒนาด้านบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะยังมีการศึกษาความสามารถในการตรวจจับสารตกค้างของยาไซโปรฟลอกซาซิน (ciprofloxacin) ในเนื้อวัว โดยใช้หลักการอิมมูโนโครมาโตกราฟี (Immunochromatography) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็วภายใน 1 นาที และมีความแม่นยำ ความไว ความจำเพาะ และความถูกต้องสูงมากกว่าร้อยละ 97 โดยบรรจุภัณฑ์มีความเสถียรและสามารถใช้งานได้ซ้ำซึ่งมีศักยภาพสูงในการช่วยตรวจสอบสารตกค้างของยาปฏิชีวนะในอุตสาหกรรมปศุสัตว์ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยด้านอาหารและรองรับมาตรฐานการนำเข้าและส่งออกเนื้อสัตว์ในอนาคต⁽⁷⁾

การนำฟิล์มชีวภาพ (bioactive films) มาใช้ในบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะยังช่วยยกระดับอุตสาหกรรม

บรรจุภัณฑ์อาหาร โดยช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร ทำหน้าที่เป็นไบโอเซนเซอร์และใช้เป็นตัวบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของอาหารผ่านการเปลี่ยนสี ซึ่งไม่เพียงช่วยลดการสูญเสียอาหาร แต่ยังสอดคล้องกับแนวคิด เศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) และความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม โดยบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะสามารถตรวจสอบสภาพอาหารแบบเรียลไทม์ เช่น อุณหภูมิ ความสด และการเกิดก๊าซเน่าเสีย ช่วยให้สามารถจัดการอาหารได้แม่นยำมากขึ้น ลดการทิ้งอาหารโดยไม่จำเป็น ซึ่งช่วยลดการสูญเสียอาหารในระดับครัวเรือน การขนส่ง และการจำหน่าย และของเสียจากอาหารที่เกิดขึ้นทั่วโลกมีสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 8 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมมนุษย์ทั้งหมด ดังนั้นการลดอาหารที่สูญเสียได้ผ่านเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ จึงเป็นการลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในระดับที่สำคัญด้วยเช่นกัน นอกจากนี้การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อัจฉริยะจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือของเสียอาหาร (เช่น เปลือกกล้วย เศษข้าวโพด เป็นต้น) เพื่อนำกลับมาใช้เป็นวัสดุบรรจุภัณฑ์ ช่วยให้ทรัพยากรหมุนเวียนกลับเข้าสู่ระบบ ลดขยะและเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียได้อีกด้วย⁽⁸⁾ อย่างไรก็ตาม ความท้าทายในการทำให้เทคโนโลยีนี้มีต้นทุนที่คุ้มค่าและสามารถขยายการผลิตเชิงพาณิชย์ได้ยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการพัฒนาและวิจัยต่อไป

ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial films)

ฟิล์มต้านจุลินทรีย์เป็นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่มีสารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) ผสมอยู่ในโครงสร้างของฟิล์ม ซึ่งสามารถช่วยยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ โดยฟิล์มประเภทนี้มักทำจากวัสดุชีวภาพ (biopolymer) เช่น แป้ง ไคโตซาน หรือโปรตีน โดยมีการเสริมสารต้านจุลินทรีย์ที่หลากหลาย เช่น แบคทีริโอซิน เอนไซม์ น้ำมันหอมระเหย หรืออนุภาคนาโนของโลหะ ซึ่งเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียง่าย เนื่องจากมีปริมาณน้ำสูงและมีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ฟิล์มต้านจุลินทรีย์จึงเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค และเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย เช่น *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* และ *Escherichia coli* เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์⁽⁹⁾ โดยฟิล์มประเภทยังช่วยลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ โดยการปลดปล่อยสารต้านจุลินทรีย์อย่างต่อเนื่องจากวัสดุบรรจุภัณฑ์ไปยังพื้นผิวของอาหาร ช่วยเพิ่มความเข้มข้นของสารต้านจุลินทรีย์คงที่ได้ยาวนาน เป็นการออกแบบให้สารต้านจุลินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้า ๆ และสม่ำเสมอ เพื่อรักษาความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา

อาหาร ทำให้สามารถยับยั้งการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ในระยะยาว และ Sung (2013) รายงานว่า พอลิเมอร์ต้านจุลินทรีย์สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้มากขึ้นตั้งแต่ช่วงร้อยละ 7 – 100 หรืออยู่ในช่วงเพิ่มขึ้น 1 – 5 วันของอายุการเก็บรักษา โดยขึ้นกับชนิดของสารต้านจุลินทรีย์ที่ใช้ รูปแบบฟิล์ม และประเภทอาหารที่นำมาทดสอบ⁽¹⁰⁾ นอกจากนี้ยังช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์ได้ โดยลดการสูญเสีย น้ำ ลดการเปลี่ยนแปลงของสี และลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เนื้อสัตว์เสื่อมคุณภาพ⁽¹¹⁾ และอีกหนึ่งข้อดีของ พอลิเมอร์ต้านจุลินทรีย์ คือ ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากฟิล์มที่ผลิตจากวัสดุชีวภาพ สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ช่วยลดปริมาณขยะพลาสติกที่เป็นปัญหามลพิษ⁽¹²⁾ อีกทั้งการใช้ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ยังสามารถลดการใช้สารกันบูดโดยตรงในอาหาร ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงสารเคมีสังเคราะห์ นอกจากนี้ฟิล์มต้านจุลินทรีย์ยังสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้ดี ทำให้สามารถออกฤทธิ์ได้อย่างต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์และช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น⁽¹³⁾

มีตัวอย่างการศึกษาที่น่าสนใจที่นำฟิล์มต้านจุลินทรีย์มาใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์เพื่อลดการ

ปนเปื้อนของจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษา โดยหนึ่งในฟิล์มที่นิยมใช้คือฟิล์มชีวภาพที่เสริมสารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติ ได้แก่ฟิล์มไคโตซานเสริมสารสกัดจากพืช เช่น ฟิล์มไคโตซานที่ผสมกับน้ำมันหอมระเหยจาก *Clove* และ *Nisin* ซึ่งพบว่ามีฤทธิ์ยับยั้ง *S. aureus*, *S. typhimurium*, *E. coli* และ *L. monocytogenes* ในเนื้อหมูบด พร้อมทั้งช่วยลดการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ส่งผลให้เนื้อคงสภาพได้นานขึ้น⁽¹¹⁾ เช่นเดียวกับฟิล์มไคโตซานที่เสริมสารสกัดจากชา *Kombucha* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดการเจริญของ *E. coli* และ *S. aureus* ในเนื้อวัวบด ช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและยืดอายุการเก็บรักษา⁽¹⁴⁾ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาฟิล์มชีวภาพเสริมอนุภาคนาโนโลหะ (Nanoparticles) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ และเสริมความแข็งแรงของฟิล์ม ตัวอย่างเช่น ฟิล์มที่ใช้ซิลเวอร์นาโน (AgNPs) ผสมกับ Poly(3-hydroxybutyrate) (PHB) พบว่ามีฤทธิ์ต้านเชื้อ *Salmonella enterica* และ *L. monocytogenes* โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม⁽¹⁵⁾ อีกทั้งยังมีการใช้สังกะสีออกไซด์นาโน (ZnO) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของฟิล์มให้สามารถต้าน *E. coli* และ *S. aureus* ได้ดีขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดการดูดซึมน้ำและเพิ่มความทนทานของฟิล์ม⁽¹⁶⁾

นอกเหนือจากฟิล์มที่เสริมอนุภาคนาโนแล้ว ยังมีการใช้ฟิล์มชีวภาพจากโปรตีนและพอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่น ฟิล์มจากเจลาตินปลา (fish gelatin) ที่ผสมกับสารสกัดจากเมล็ดทับทิม พบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านเชื้อ *S. aureus* และ *S. enterica* อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงของฟิล์มและลดการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสัตว์⁽¹⁷⁾ ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเหล่านี้ ทำให้ฟิล์มต้านจุลินทรีย์เป็นทางเลือกที่มีศักยภาพสูงสำหรับบรรจุภัณฑ์เนื้อสัตว์ ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ปลอดภัยจากการปนเปื้อนและสามารถเก็บรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์ได้นานยิ่งขึ้น

แม้ว่าฟิล์มต้านจุลินทรีย์จะมีข้อดีหลายประการ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดที่ต้องได้รับการพิจารณาหนึ่งในข้อจำกัดหลักคือ ต้นทุนการผลิตที่สูงเนื่องจากการใช้สารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติและเทคโนโลยีนาโนบางประเภทมีราคาสูงกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไป⁽¹⁸⁾ นอกจากนี้คุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มชีวภาพมักต่ำกว่าพลาสติกแบบดั้งเดิม โดยมีแนวโน้มที่จะแตกหักง่ายหรือมีความยืดหยุ่นน้อยกว่า ทำให้ต้องปรับปรุงโครงสร้างของฟิล์มเพื่อเพิ่มความแข็งแรง อีกปัญหาหนึ่งคือการแพร่กระจายของสารต้านจุลินทรีย์อาจไม่สม่ำเสมอ หรืออาจลดลงตามระยะเวลา ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป⁽¹⁹⁾ นอกจากนี้

ข้อกังวลด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการใช้อนุภาคนาโนก็เป็นประเด็นสำคัญ โดยเฉพาะอนุภาคโลหะ เช่น ซิลเวอร์นาโน (AgNPs) และสังกะสีออกไซด์ (ZnO) ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพหากเกิดการสะสมในร่างกาย ดังนั้นการพัฒนาฟิล์มที่ใช้สารต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติ เช่น เอนไซม์ และน้ำมันหอมระเหย จึงเป็นอีกทางเลือกที่มีความปลอดภัยมากขึ้น⁽²⁰⁾ นอกจากนี้สภาวะแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดต่างของอาหาร อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของฟิล์ม โดยเฉพาะฟิล์มชีวภาพที่มีโครงสร้างที่ไวต่อน้ำ อาจสูญเสียความสามารถในการป้องกันจุลินทรีย์เมื่อต้องสัมผัสกับอาหารที่มีความชื้นสูง รวมถึงกลิ่นและรสชาติของสารต้านจุลินทรีย์อาจส่งผลต่อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ตัวอย่างเช่น น้ำมันหอมระเหยจากพืชบางชนิดอาจมีผลต่อรสชาติของเนื้อ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ด้วยข้อจำกัดเหล่านี้ นักวิจัยจึงต้องพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น nanoencapsulation เพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารต้านจุลินทรีย์และเพิ่มความเสถียรของฟิล์มให้ดียิ่งขึ้น⁽²¹⁾

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้และรับประทานได้ (biodegradable & edible films)

ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์พลาสติกกลายเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากใช้เวลานานในการย่อยสลายและก่อให้เกิดปัญหาขยะพลาสติกสะสมเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดแนวโน้มใหม่ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ (biodegradable films) และฟิล์มรับประทานได้ (edible films) จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยลดปัญหาขยะพลาสติกและยังสามารถเพิ่มคุณสมบัติสำคัญในการถนอมอาหาร โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพได้ง่าย⁽²²⁾ โดยการเลือกใช้วัสดุจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่ต้องการ เช่น ความสามารถในการย่อยสลาย ความแข็งแรง และการป้องกันความชื้น

โดยฟิล์มรับประทานได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก⁽²³⁾ ได้แก่

1. ฟิล์มจากโพลีแซคคาไรด์ เช่น ไคโตซาน คาร์ราจีแนน และแป้ง ซึ่งช่วยเป็นเกราะป้องกันการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดี

2. ฟิล์มจากโปรตีน เช่น เวย์โปรตีน เจลาติน และซีวีน ซึ่งมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่นสูง

3. ฟิล์มจากลิพิด เช่น ขี้ผึ้งและเรซิน ที่ช่วยลดการสูญเสียน้ำแต่มีความเปราะบาง

ฟิล์มรับประทานได้ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์มีคุณสมบัติสำคัญ เช่น การป้องกันความชื้นและการสูญเสียน้ำ โดยฟิล์มจากไคโตซานช่วยรักษาความชื้นของเนื้อสัตว์และลดการสูญเสียน้ำ⁽²⁴⁾

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติด้านจุลินทรีย์ โดยสามารถเติมสารสกัดจากชาเขียวและน้ำมันหอมระเหย เช่น อบเชย หรือไทม์ เพื่อช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย⁽²⁵⁾ รวมถึงสามารถลดการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยฟิล์มที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น โพลีฟีนอล ช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นเหม็นหืนในเนื้อสัตว์ได้ด้วย⁽²⁶⁾ ตัวอย่างการใช้ฟิล์มรับประทานได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ได้แก่ ฟิล์มไคโตซานที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาและลดการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่าง ในเนื้อวัว⁽²⁷⁾ หรืองานวิจัยที่ศึกษาฟิล์มไคโตซานที่เติมน้ำมันกานพลูสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไส้กรอกหมูได้ถึง 20 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่เก็บรักษาได้ 14 วัน⁽²⁸⁾ นอกจากนี้ฟิล์มเวย์โปรตีนที่เติมน้ำมันออริกาโนสามารถยับยั้งแบคทีเรียและยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อไก่ได้⁽²⁹⁾ และฟิล์มไคโตซานผสมอบเชยช่วยลดอัตราการเกิดออกซิเดชันของไขมันในปลาแซลมอน⁽³⁰⁾ แม้ว่าฟิล์มรับประทานได้จะมีข้อดีมากมาย แต่ยังคงเผชิญกับความท้าทายในด้านต้นทุนและการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม การวิจัยมุ่งพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ เช่น การใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและนาโนเทคโนโลยีเพื่อเสริมคุณสมบัติของฟิล์ม ฟิล์มที่ย่อยสลายได้และรับประทานได้เป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการลดขยะพลาสติก ยืดอายุผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และช่วย

รักษาสีแวดล้อม แม้ยังมีข้อจำกัดบางประการ แต่ด้วยนวัตกรรมที่ก้าวหน้า ฟิล์มเหล่านี้มีแนวโน้มจะเข้ามาทดแทนพลาสติกในอนาคต และมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์อาหาร

บทสรุป

การสูญเสียของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในห่วงโซ่อาหารถือเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อทั้งในเชิงเศรษฐกิจ ความปลอดภัยทางอาหาร และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีอายุการเก็บรักษาสั้นและมีแนวโน้มเน่าเสียได้ง่าย งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์รูปแบบใหม่ ๆ มาใช้ โดยเฉพาะฟิล์มที่มีการเสริมสารต้านจุลินทรีย์ มีศักยภาพอย่างมากในการยืดอายุการเก็บรักษา ลดการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรค และลดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ในระดับที่มีนัยสำคัญ ข้อมูลจากการศึกษาเชิงทดลองพบว่า บรรจุภัณฑ์ที่มีสารต้านจุลินทรีย์สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 7 ไปจนถึง 100 เมื่อเทียบกับบรรจุภัณฑ์ทั่วไป และสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคได้ในระดับ 1–4 log CFU/กรัม ซึ่งส่งผล

โดยตรงต่อการชะลอการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แนวโน้มในระดับโลกยังสะท้อนให้เห็นว่าการใช้บรรจุภัณฑ์อัจฉริยะ โดยเฉพาะที่รวมฟังก์ชันการตรวจจับคุณภาพอาหารและการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ มีส่วนช่วยลดปริมาณของการสูญเสียอาหารได้ ถึงแม้ว่ายังไม่สามารถระบุมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจที่สามารถลดลงได้จากการใช้บรรจุภัณฑ์ทันสมัย แต่ผลที่ตามมาคือการลดต้นทุนจากการทิ้งสินค้าเน่าเสียก่อนจำหน่าย ความเสถียรในระบบห่วงโซ่อุปทาน และความเชื่อมั่นของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น

ดังนั้น นวัตกรรมฟิล์มบรรจุภัณฑ์ได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญในการยืดอายุการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของเนื้อสัตว์ ช่วยให้สามารถตรวจสอบความสดของผลิตภัณฑ์แบบเรียลไทม์ ช่วยลดการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรค และฟิล์มที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดปัญหาขยะพลาสติก อย่างไรก็ตามการนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมยังต้องการการพัฒนาเพิ่มเติม โดยเฉพาะการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างแพร่หลายและเกิดประโยชน์สูงสุดในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Sheibani S, Jafarzadeh S, Qazanfarzadeh Z, Osadee Wijekoon MMJ, Mohd Rozalli NH, Mohammadi Nafchi A. Sustainable strategies for using natural extracts in smart food packaging. *Int J Biol Macromol*. 2024;267(Pt 1):131537.

2. Latiff NF, Shaik MI, Mohamad NJ, Khairul WM, Daud AI, Nurhadi B, Sarbon NM. Recent advances in green halochromic smart film packaging: Investigating the natural colorant as biosensor in smart film packaging for real-time meat freshness monitoring. *Food Control*. 2025;172.
3. Yang Z, Chen Q, Wei L. Active and smart biomass film with curcumin pickering emulsion stabilized by chitosan-adsorbed laurate esterified starch for meat freshness monitoring. *Int J Biol Macromol*. 2024;275(Pt 2):133331.
4. Mussagy CU, Oliveira G, Ahmad M, Mustafa A, Herculano RD, Farias FO. Halochromic properties of carotenoid-based films for smart food packaging. *Food Packag. Shelf Life*. 2024;44.
5. Sharaby MR, Soliman EA, Khalil R. Halochromic smart packaging film based on montmorillonite/polyvinyl alcohol-high amylose starch nanocomposite for monitoring chicken meat freshness. *Int J Biol Macromol*. 2024;258(Pt 2):128910.
6. Su M, Qin H, Tang Q, Peng D, Li H, Zou Z. Colorimetric ammonia-sensing nanocomposite films based on starch/sodium alginate and Cu-Phe nanorods for smart packaging application. *Int J Biol Macromol*. 2024;282(Pt 6):137470.
7. Balalzadeh Tafti MH, Eshaghi MR, Rajaei P. A smart meat packaging to show ciprofloxacin residues based on immunochromatography. *Meat Sci*. 2021;181:108605.
8. Ganeson K, Mouriya GK, Bhupalan K, Razifah MR, Jasmine R, Sowmiya S, Amirul AA, Vigneswari S, Ramakrishna S. Smart packaging – A pragmatic solution to approach sustainable food waste management. *Food Packag. Shelf Life*. 2023;36.
9. Chawla R, Sivakumar S, Kaur H. Antimicrobial edible films in food packaging: Current scenario and recent nanotechnological advancements- a review. *Carbohydr Polym Tech*. 2021;2.
10. Sung S-Y, Sin LT, Tee T-T, Bee S-T, Rahmat AR, Rahman WAWA, Tan AC, Vikhrman M. Antimicrobial agents for food packaging applications. *Trends Food Sci Technol*. 2013;33(2):110-23.
11. Venkatachalam K, Lekjing S. A chitosan-based edible film with clove essential oil and nisin for improving the quality and shelf life of pork patties in cold storage. *RSC Adv*. 2020;10(30):17777-86.
12. Hassan B, Chatha SAS, Hussain AI, Zia KM, Akhtar N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *Int J Biol Macromol*. 2018;109:1095-107.
13. Sofi S, Singh J, Rafiq S, Ashraf U, Dar B, Nayik GA. A comprehensive review on antimicrobial packaging and its use in food packaging. *Curr Nutr Food Sci*. 2018;14(4):305-12.
14. Ashrafi A, Jokar M, Mohammadi Nafchi A. Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging. *Int J Biol Macromol*. 2018;108:444-54.
15. Castro-Mayorga JL, Freitas F, Reis MAM, Prieto MA, Lagaron JM. Biosynthesis of silver nanoparticles and polyhydroxybutyrate nanocomposites of interest in antimicrobial applications. *Int J Biol Macromol*. 2018;108:426-35.
16. Díez-Pascual AM, Díez-Vicente AL. Poly(3-hydroxybutyrate)/ZnO bionanocomposites with improved mechanical, barrier and antibacterial properties. *Int J Mol Sci*. 2014;15(6):10950-73.
17. Valdés A, García-Serna E, Martínez-Abad A, Vilaplana F, Jimenez A, Garrigós MC. Gelatin-based antimicrobial films incorporating pomegranate (*Punica granatum* L.) seed juice by-product. *Molecules*. 2020;25(1):166.
18. Pereda M, Marcovich NE, Ansorena MR. Nanotechnology in food packaging applications: barrier materials, antimicrobial agents, sensors, and safety assessment. 2017. In: Martínez LMT, Kharissova OV, Kharisov BI, editors. *Handbook of Ecomaterials*. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 2035-56.
19. García Ibarra V, Sendón R, Rodríguez-Bernaldo de Quirós A. Chapter 29 - Antimicrobial Food Packaging Based on Biodegradable Materials. In: Barros-Velázquez J, editor. *Antimicrobial Food Packaging*. San Diego: Academic Press; 2016. p. 363-84.
20. Hosseinkhani P, Zand A, Imani S, Rezayi M, Rezaei Zarchi S. Determining the antibacterial effect of ZnO nanoparticle against the pathogenic bacterium, *Shigella dysenteriae* (type 1). *Int J Nano Dimens*. 2011;1(4):279-85.



21. Nile SH, Baskar V, Selvaraj D, Nile A, Xiao J, Kai G. Nanotechnologies in food science: applications, recent trends, and future perspectives. *Nano-micro letters*. 2020;12:1-34.
22. Mohamed SAA, El-Sakhawy M, El-Sakhawy MA-M. Polysaccharides, protein and lipid -based natural edible films in food packaging: A review. *Carbohydr Polym*. 2020;238:116178.
23. Büyüksirit Bedir T, İstanbullu Paksoy Ö. Chapter ten - Current trends on edible films for food packaging and preservation. In: Bermudez-Aguirre D, editor. *Innovative Food Packaging and Processing Technologies*: Academic Press; 2025. p. 379-416.
24. Duran A, Kahve HI. The effect of chitosan coating and vacuum packaging on the microbiological and chemical properties of beef. *Meat Sci*. 2020;162:107961.
25. Mendes CG, Martins JT, Lüdtkke FL, Geraldo A, Pereira A, Vicente AA, Vieira JM. Chitosan coating functionalized with flaxseed oil and green tea extract as a bio-based solution for beef preservation. *Foods*. 2023;12(7):1447.
26. Ojağh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SMH. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chem*. 2010;120(1):193-8.
27. Cheng Y, Hu J, Wu S. Chitosan based coatings extend the shelf-life of beef slices during refrigerated storage. *LWT*. 2021;138:110694.
28. Lekjing S. A chitosan-based coating with or without clove oil extends the shelf life of cooked pork sausages in refrigerated storage. *Meat Sci*. 2016;111:192-7.
29. Abdel-Naeem HHS, Zayed NER, Mansour HA. Effect of chitosan and lauric arginate edible coating on bacteriological quality, deterioration criteria, and sensory attributes of frozen stored chicken meat. *LWT*. 2021;150:111928.
30. Wang Z, Hu S, Gao Y, Ye C, Wang H. Effect of collagen-lysozyme coating on fresh-salmon fillets preservation. *LWT*. 2017;75:59-64.

เมล็ดเจียและมิวซีเลจจากเมล็ดเจีย: อาหารทางเลือกใหม่สำหรับผู้รักสุขภาพ

ธีรพัฒน์ สีมามพรรณพ¹, นิธิวดี เมษานุกรบุตร² และสุภักชนม์ คล่องดี^{3*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: supakchon.k@ku.th

รับเมื่อ 4 เมษายน 2568 แก้ไขเมื่อ 20 มิถุนายน 2568 ตอรับเมื่อ 26 มิถุนายน 2568

จุดเด่น

- คุณสมบัติของเมล็ดเจียและมิวซีเลจจากเมล็ดเจีย
- วิธีการสกัดมิวซีเลจจากเมล็ดเจีย
- การนำมิวซีเลจจากเมล็ดเจียไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความตระหนักรู้และใส่ใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น จึงมีแนวโน้มเลือกบริโภคอาหารที่ปราศจากสารปรุงแต่งหรือสารสังเคราะห์และหันมาใช้วัตถุดิบหรือวัตถุดิบอาหารที่มาจากธรรมชาติมากขึ้น หนึ่งในวัตถุดิบจากธรรมชาติที่กำลังได้รับความนิยม คือ สารมิวซีเลจ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนส่วนประกอบต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ เพื่อลดปริมาณการบริโภคโดยไม่กระทบต่อลักษณะและรสชาติของผลิตภัณฑ์ สารมิวซีเลจสามารถสกัดได้จากพืชหลากหลายชนิด เมล็ดเจียเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบที่สามารถนำมาสกัดมิวซีเลจและนำมาใช้ได้ เมล็ดเจียมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระและกรดไขมันที่มีประโยชน์ ซึ่งช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของมวลกระดูก ลดความเสี่ยงต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด ช่วยป้องกันและชะลอการเกิดโรค ในบทความนี้จึงกล่าวถึงข้อมูลและคุณสมบัติของเมล็ดเจียและมิวซีเลจ รวมถึงวิธีการสกัดและนำมิวซีเลจไปใช้

คำสำคัญ: เมล็ดเจีย มิวซีเลจ การสกัด การนำไปใช้

Chia seeds and chia seed mucilage: An innovative option for health-conscious individuals

Theeraphat Seemamahunnop¹, Nitiwadee Masanukornbut² and Supakchon Klongdee^{3*}

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro Industry, Kasetsart University

²Department of Product Development, Faculty of Agro Industry, Kasetsart University

³Department of Food Processing and Preservation, Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

*Corresponding author, e-mail: supakchon.k@ku.th

Received 4 April 2025; **Revised** 20 June 2025; **Accepted** 26 June 2025

Highlights

- Advantages of chia seeds and chia seed mucilage
- The procedure for extracting mucilage from chia seeds
- Utilizing chia seed mucilage in food products

Abstract

At present, people are increasingly concerned about their health, resulting in a rising trend of selecting foods free of artificial additives, while favoring natural components or additives instead. Mucilage, a natural component, is gaining recognition for its potential to replace various ingredients in foods, thereby reducing consumption without compromising texture and flavor. Various plants, including chia seeds (*Salvia hispanica* L.), serve as sources of mucilage. Chia seeds are highly nutritious and rich in beneficial elements such as antioxidants and healthy fats, which contribute to enhancing bone density, reducing the risk of cardiovascular diseases, and delay the onset of certain diseases. This article explores the



properties and advantages of chia seeds and mucilage, along with methods for extracting and utilizing it.

Keywords: chia seed, mucilage, extraction, application

เมล็ดเจีย

เมล็ดเจีย หรือ Chia seed (*Salvia hispanica* L.) เป็นกลุ่มพืชไม้ล้มลุกในวงศ์ *Lamiaceae* ที่เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศเม็กซิโกตอนใต้ และกัวเตมาลา ตอนเหนือ สามารถเจริญเติบโตได้ในภูมิอากาศเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน โดยเมล็ดเจียมีลักษณะเป็นรูปทรงไข่ มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร มีจุดสีน้ำตาลสีเทาและสีขาว⁽¹⁾

การเพาะปลูก

เจียสามารถเจริญเติบโตได้ในภูมิอากาศภูมิประเทศในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 16-28 องศาเซลเซียส สถานที่เพาะปลูกหลักคือ ประเทศเม็กซิโกและกัวเตมาลา ในประเทศไทยจังหวัดที่สามารถปลูกได้คือ จังหวัดลำปางและกาญจนบุรี ฤดูที่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกคือ ช่วงปลายฤดูฝน (สิงหาคม-กันยายน) และช่วงฤดูหนาว (พฤศจิกายน-ธันวาคม) สามารถปลูกได้ 2 วิธี วิธีแรกคือ การปลูกเป็นหลุมและการปลูกแบบโรยแฉ่ว ซึ่งวิธีการปลูกแบบโรยจะให้ผลผลิตน้อยกว่าแบบการปลูกเป็นหลุม แต่มีความยุ่งยากน้อยกว่าการปลูกเป็นหลุม การเก็บเกี่ยวผลเมล็ดเจียจะเก็บในช่วง 95-135 วัน หลังการปลูก แล้วนำไปตากแห้ง 2 วัน แล้วกะเทาะเปลือกออก

จากนั้นทำความสะอาดโดยใช้ลมในการแยกเศษเปลือกออก⁽²⁾

องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดเจีย

จาก Table 1 ซึ่งแสดงถึงคุณค่าและองค์ประกอบที่พบในเมล็ดเจีย 100 กรัม สารอาหารที่พบมากที่สุดคือ คาร์โบไฮเดรต (42.12 กรัม) รองลงมาคือใยอาหาร (34.40 กรัม) ไขมัน (30.74 กรัม) และโปรตีน (16.54 กรัม) ในส่วนของไขมันนั้นพบว่า ในเมล็ดเจีย 100 กรัม มีปริมาณไขมันโอเมก้า 3 (20.90 กรัม) และโอเมก้า 6 (5.84 กรัม)⁽³⁾ นอกจากนี้ในส่วนของวิตามินและแร่ธาตุ ในเมล็ดเจียมีวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี และแคลเซียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

นอกจากนี้เมล็ดเจียยังมีสารประกอบ ฟีนอลจำนวนมาก โดยสารฟีนอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เช่น กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) กรดโปรโตคาเทอจิก (protocatechuic acid PCA) กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (hydroxybenzoic) และกรดเจนติซิก (gentisic acid) รวมทั้งสารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ไมริซิทิน (myricetin) เควอซิทิน (quercetin) และแคมป์เฟอร์อล (kaempferol)⁽⁵⁻⁷⁾



Table 1 Nutrition facts of chia seed 100 g⁽⁴⁾

Typical value	Contains	Unit
Calories	486.00	kcal
Total carbohydrate	42.12	g
Fiber	34.40	g
Protein	16.54	g
Total fat	30.74	g
Cholesterol	nd	mg
Vitamin		
Folates	49.00	µg
Niacin	8.83	mg
Riboflavin	0.17	mg
Thiamin	0.62	mg
Vitamin A	54.00	IU
Vitamin C	1.60	mg
Vitamin E	0.50	mg
Mineral		
Sodium	16.00	mg
Potassium	407.00	mg
Calcium	631.00	mg
Copper	0.92	mg
Iron	7.72	mg
Magnesium	335	mg
Phosphorus	860.00	Mg
Selenium	55.20	µg
Zinc	4.58	Mg

ประโยชน์ของการรับประทานเมล็ดเจีย

ประโยชน์ของเมล็ดเจียในด้านสุขภาพนั้น จาก Table 1 จะเห็นได้ว่าในเมล็ดเจีย 100 กรัมมี แคลเซียม (631 มิลลิกรัม) ในปริมาณที่สูง และ นอกจากนี้ยังมีฟอสฟอรัส (860 มิลลิกรัม) ที่ช่วยดูดซึมแคลเซียมเข้าสู่กระดูก นอกจากนี้ในเมล็ดเจียมี ปริมาณไขมันโอเมก้า 3 มากถึง 20.90 กรัม⁽³⁾ จึงมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด (coronary heart disease: CHD) ได้ โดยมีการศึกษาพบว่า ผู้ที่รับประทานโอเมก้า 3 ใน ปริมาณที่สูงจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดต่ำกว่าผู้ที่รับประทานโอเมก้า 3 น้อย⁽⁸⁾ ในส่วนการป้องกันและชะลอการเกิดโรคเบาหวาน มีรายงานการศึกษาว่าเมล็ดเจียสามารถช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด โดยมีการศึกษาในมนุษย์โดยให้รับประทานขนมปังที่มีส่วนผสมเมล็ดเจียในมือ กลางวันทั้ง 12 สัปดาห์กับผู้ที่มีความเสี่ยงสูงของโรค ตั้งแต่ 19.5–25.1 พบว่าระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ ทดสอบลดลง⁽⁹⁾ นอกจากนี้ในเมล็ดเจียมีใยอาหาร และโปรตีนสูงจึงช่วยในการควบคุมน้ำหนัก โดยใยอาหารและโปรตีนช่วยให้รู้สึกอิ่มไวขึ้น จาก การศึกษาผู้ทดสอบ 24 คน ที่รับประทานเมล็ดเจีย 7 กรัม กับ 14 กรัม พร้อมโยเกิร์ตเป็นอาหารเช้า พบว่า มีความรู้สึกอิ่มมากกว่าการรับประทาน โยเกิร์ตที่ปราศจากเมล็ดเจีย⁽¹⁰⁾ จากการศึกษาสารพิ นอลในผักผลไม้พบว่า สารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์

ต้านอนุมูลอิสระสูงช่วยซ่อมแซมและบำรุงการ ทำงานของเซลล์ผิว ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของ ผิวหนัง ช่วยลดริ้วรอยได้⁽¹¹⁾ ซึ่งจากการวิเคราะห์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดเมล็ดเจีย พบว่ามีปริมาณ 58 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อ กรัมสารสกัด⁽¹²⁾

วิธีการรับประทาน

การรับประทานเมล็ดเจียในปัจจุบันมีรูปแบบ ที่นิยมอยู่ 2 รูปแบบ คือ การรับประทานในรูปแบบ แห้ง โดยสามารถนำเมล็ดเจียมาโรยบนสลัดหรือใช้ เป็นวัตถุดิบส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ใน ผลิตภัณฑ์ขนมปังและคุกกี้ ซึ่งวิธีการรับประทาน รูปแบบนี้อาจส่งผลให้เกิดอาการท้องอืดหากบริโภค เมล็ดเจียในปริมาณมาก อีกรูปแบบในการ รับประทานคือการผสมกับเครื่องดื่ม เช่น น้ำเปล่า น้ำผลไม้ นม น้ำเต้าหู้ กาแฟ หรือชา โดยปริมาณที่ แนะนำคือ เมล็ดเจีย 1 ช้อนโต๊ะ (12 กรัม) ต่อน้ำ 1 แก้ว (240 มิลลิลิตร โดยประมาณ)⁽²⁾

ข้อควรระวังในการรับประทานเมล็ดเจีย

เนื่องจากเมล็ดเจียมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ และสามารถอุ้มน้ำได้ถึง 27 เท่า⁽¹³⁾ หากเมล็ดเจีย พองไม่เต็มที่ เมื่อกินเมล็ดเจียจะติดตามทางเดิน อาหารทำให้เกิดปัญหาการกลืน หรือปัญหาท้องอืด

ได้⁽²⁾ และไม่ควรให้เด็กเล็กรับประทาน เนื่องจากอาจส่งผลต่อระบบทางเดินอาหารของเด็กเล็กได้

มิวซิเลจจากเมล็ดเจีย (mucilage)

มิวซิเลจ (mucilage) เป็นสารประกอบกลุ่มพอลิแซ็กคาไรด์ที่เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบไปด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลากหลายชนิด เช่น ไซโลส (xylose) กลูโคส (glucose) อาราบิโนส (arabinose)⁽¹⁴⁾ เชื่อมต่อกับกรดยูโรนิก (uronic acid) ด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bonds)⁽¹⁵⁾ นอกจากนี้มิวซิเลจยังอุดมไปด้วยแพลนทีโอส (planteose) ซึ่งเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) ที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ (prebiotics) และพบว่ามิวซิเลจมีส่วนช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอล มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือด บรรเทาความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร และมีส่วนช่วยในการควบคุมน้ำหนัก^(13, 16)

มิวซิเลจมีลักษณะเป็นเจลเมือกใสหรือสีขาวขุ่น สามารถพบได้จากหลายแหล่ง เช่น พืช สัตว์ สาหร่าย และจุลินทรีย์ แต่โดยส่วนใหญ่ มักจะพบมิวซิเลจตามส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ผนังเซลล์ของเมล็ดพืช เอนโดสเปิร์ม ราก หรือเปลือกไม้ เป็นต้น ซึ่งมิวซิเลจจะถูกสร้างขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์และถูกเก็บภายในชั้นผนังเซลล์ ซึ่งมีส่วนช่วยในการเก็บน้ำและการงอกของเมล็ด

สำหรับมิวซิเลจจากเมล็ดเจียนั้น ในเมล็ดเจีย 1 เมล็ด จะมีมิวซิเลจอยู่ร้อยละ 5-6 โดยมวล⁽¹⁷⁾ เมื่อเมล็ดเจียถูกนำไปแช่น้ำจะสร้างมิวซิเลจออกมาจากส่วนเพอริคาร์บ (pericarb) มาห่อหุ้มเมล็ดไว้ ซึ่งเมล็ดเจียสามารถสร้างมิวซิเลจมาห่อหุ้มเมล็ดหนาได้ถึง 414 ไมโครเมตร⁽¹⁸⁾

การสกัดแยกมิวซิเลจออกจากเมล็ดเจีย

จากบทความของ Chiang และคณะ⁽¹⁹⁾ ได้รายงานว่าการสกัดมิวซิเลจออกจากเมล็ดเจียจะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การแช่น้ำ (hydration) การสกัด (extraction) และการทำให้มิวซิเลจเป็นผง (recovery)

1. การแช่น้ำ (hydration)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้เมล็ดเจียสร้างมิวซิเลจออกมาห่อหุ้มเมล็ด โดยการนำเมล็ดเจียมาแช่น้ำ โดยที่เมล็ดเจียจะสร้างมิวซิเลจได้เต็มที่เมื่อแช่น้ำไว้นาน 2 ชั่วโมง⁽¹⁸⁾ ซึ่งปัจจัยส่งผลต่อปริมาณมิวซิเลจที่เมล็ดเจียจะสร้างได้ ได้แก่ อุณหภูมิ เวลาในการแช่ สัดส่วนของน้ำต่อเมล็ดเจียที่ใช้ในขั้นตอนการแช่ และค่าความเป็นกรดต่าง (pH)⁽¹⁹⁾

2. การสกัดมิวซิเลจ (extraction)

เป็นขั้นตอนที่ใช้แยกมิวซิเลจออกจากเมล็ดเจีย โดยจะประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนย่อย ได้แก่

การลดขนาด การแยกมิวซีเลจ และการทำให้บริสุทธิ์

2.1 การลดขนาด นำเมล็ดเจียที่แช่น้ำและสร้างมิวซีเลจแล้ว มาลดขนาดให้เล็กลง โดยใช้วิธีการโม่ หรือปั่น ด้วยโม่ปั่น (mixer) หรือใช้เครื่องบดแบบแยกกาก (finisher pulper) เพื่อให้แรงยึดเกาะระหว่างมิวซีเลจกับผิวเมล็ดเจียลดลง ทำให้การแยกมิวซีเลจออกสามารถทำได้ง่ายขึ้น⁽¹⁹⁾

2.2 การแยกมิวซีเลจออกจากเมล็ดเจีย นำเมล็ดเจียที่ผ่านกระบวนการข้างต้น มาผ่านกระบวนการแยกมิวซีเลจออกจากเมล็ด โดยการใช้วิธีปั่นเหวี่ยง (centrifugation) ที่ความเร็วรอบ 2,600 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือใช้วิธีการกรอง (filtration)⁽¹⁹⁾ ในการแยกมิวซีเลจออกมา

2.3 การทำให้บริสุทธิ์ นำมิวซีเลจที่สกัดออกมาได้ มาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ โดยเป็นการกำจัดสารประกอบชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่พอลิแซ็กคาไรด์ที่ละลายน้ำได้ออกไปจากมิวซีเลจ เช่น

การกำจัดไขมันในมิวซีเลจ ออก โดยการใช้การสกัดแบบซอกซ์เลต (Soxhlet-extraction)⁽²⁰⁾ หรือใช้เอทานอล (ethanol) ในการกำจัดองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนหรือแร่ธาตุออกไป⁽²¹⁾ โดยมิวซีเลจที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้วจะมีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่มากขึ้น ซึ่งทำให้มีความข้นเหนียวที่เพิ่มขึ้น สามารถเกิดเจลได้ดีขึ้น

ในปัจจุบัน มีวิธีการทางเลือกใหม่ที่สามารถใช้ในการสกัดมิวซีเลจได้อีกหลายวิธี (Table 2) เช่น การใช้คลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasound)⁽²²⁾ หรือการสกัดโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction: MAE)⁽²³⁾ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวเลือกในการสกัดมิวซีเลจออกจากเมล็ดเจีย นอกเหนือจากวิธีดั้งเดิมได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถลดระยะเวลาในการผลิต และสามารถเพิ่มผลผลิต (yield) ได้มากกว่าการใช้วิธีการสกัดแบบดั้งเดิม⁽²⁴⁾ อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังเป็นวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีสีเขียว (green technology) เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่มีการใช้สารเคมีหรือสารประกอบอินทรีย์ในขั้นตอนการสกัดมิวซีเลจออกจากเมล็ดเจีย

Table 2 Percentage of chia seed mucilage yield from different extraction method

Type of extraction method	Method	Yield (%w/w)	Reference
Aqueous extraction	Seed:water (1:15 w/v) soaked for 30 minutes; blended; heated at 80 °C with continuous stirring for 2 hours; precipitate with ethanol.	21.45	(25)
	Seed:water (1:40 w/v) stirred for 2 hours at 125 rpm. Obtain mucilage by vacuum filtration and centrifugation; drying and lyophilized.	3.72 - 5.23	(17)
Ultrasound assisted extraction	Seed:water (1:30 w/v) stirred for 3 hours; sonicated at 500 W, 20 kHz, amplitude of 40% with pulse of 2s on and 3s off; centrifuged at 4 °C, 18,000 rpm; drying with freeze-dryer.	2.34 – 3.68	(26)
	Seed:water (1:30 w/w) heating at 50 – 80 °C with ultrasound assistance (400 W, 2kHz, amplitude of 40% with pulse of 1s on and 1s off) for 30 – 60 minutes; precipitate with ethanol.	6.92 – 10.52	(27)
Microwave-assisted extraction	Seed:water (1:40 w/v); Heated in 2.45 GHz microwave oven at 1.3 W/gm for 15 minutes until reaches 80 °C; stirred in the room temperature for 30 minutes; drying with tray dryer at 50 °C for 12 – 14 hours. Separate mucilage from chia seed by rubbing through 40 mm mesh screen	8.00	(23)

การทำให้มิวซิเลจเป็นผง

เป็นขั้นตอนการนำมิวซิเลจที่สกัดออกมาได้ในรูปของสารละลาย มาระเหยน้ำออก หรือผ่านกระบวนการทำแห้งให้อยู่ในรูปผงเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมิวซิเลจที่อยู่ในรูปของสารละลายมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เพราะมีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและมีปริมาณน้ำอิสระ (water activity)

ที่สูง จึงเสี่ยงต่อการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถใช้วิธีการทำแห้งด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (rotary evaporator) เครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryer) หรือใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) เป็นต้น⁽¹⁹⁾ โดยมิวซิเลจที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะมีความสามารถในการละลายได้ดีกว่า สามารถเกิดเจลที่แข็งแรงกว่า และมีสมบัติหยุ่นหนืด

(viscoelastic properties) ที่ดีกว่ามิวซีเลจที่ผ่านกระบวนการทำแห้งที่ใช้เตาอบ^(19, 28)

การประยุกต์ใช้มิวซีเลจจากเมล็ดเจียใน อุตสาหกรรมอาหาร

1. สารทดแทนไขมัน

มิวซีเลจจากเมล็ดเจียมีคุณสมบัติที่สามารถอุ้มน้ำและรักษาความชื้น (moisture) ของผลิตภัณฑ์ได้ดี ด้วยใยอาหารในมิวซีเลจมีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำได้⁽²⁹⁾ นอกจากนี้มิวซีเลจยังมีความสามารถในการเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีการใช้มิวซีเลจมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารสูตรไขมันต่ำ เพื่อใช้รักษาความชื้น และเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์อาหาร ตัวอย่างเช่น ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่สูตรไขมันต่ำ พบว่ามิวซีเลจที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน สามารถใช้รักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้ดีขึ้น และลดการสูญเสียจากการแปรรูป (cooking loss) ลง แต่กลับส่งผลเชิงลบในด้านของสี รสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส⁽¹⁹⁾

ในผลิตภัณฑ์นม พบว่า มิวซีเลจจากเมล็ดเจียยังสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ ซึ่งจะทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้าลง มีความหนืดและปริมาณอากาศในเนื้อไอศกรีม

(overrun) ที่ใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรปกติ⁽³⁰⁾ และในผลิตภัณฑ์ซอสพบว่า การเติมมิวซีเลจลงในผลิตภัณฑ์มายองเนส สามารถชะลอการรวมตัวของอนุภาคไขมันได้ ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มายองเนสมีความคงตัวที่ดีขึ้น โดยมีปริมาณมิวซีเลจที่แนะนำคือไม่เกินร้อยละ 25 ซึ่งหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไปจะส่งผลให้มายองเนสที่ได้มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนไปและไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้บริโภค^(3, 19)

2. สารทดแทนไข่ขาว

โดยปกติแล้วบทบาทของไข่ขาวในอุตสาหกรรมอาหาร คือคุณสมบัติในการทำให้เกิดเจลและโฟม แต่ในอีกด้านหนึ่ง ไข่ขาวกลับเป็นส่วนที่จะพบสารก่อภูมิแพ้มากที่สุดไข่ เนื่องจากมีโปรตีนประเภทอัลบูมิน (albumin)⁽³¹⁾ ดังนั้นจึงได้มีการใช้มิวซีเลจจากเมล็ดเจียที่มีคุณสมบัติคล้ายกับไข่ขาว ทั้งการเกิดเจลและโฟม และการสร้างโครงสร้างรูปแบบตาข่าย⁽³²⁾ มาใช้เป็นสารทดแทนไข่ขาวเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้แพ้ไข่ขาว ตัวอย่างเช่น ในผลิตภัณฑ์เค้ก การเติมมิวซีเลจแทนไข่ขาวสามารถทำให้เค้กมีรสชาติ สี และเนื้อสัมผัสที่ดี ซึ่งใกล้เคียงกับเค้กสูตรปกติที่มีการเติมไข่ขาว⁽³¹⁾ แต่มิวซีเลจนั้นกลับไม่เหมาะที่จะใช้เป็นสารทดแทนไข่แดง เนื่องจากในมายองเนสที่มีการใช้มิวซีเลจทดแทนไข่แดงมีลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านค่าความแน่น (firmness) ความเหนียวแน่น

(cohesiveness) และความสามารถในการเกาะตัวเป็นก้อน (consistency) ที่น้อยกว่ามายองเนสสูตรปกติ⁽¹⁹⁾

3. สารทดแทนกลูเตน

กลูเตนเป็นโปรตีนที่พบในแป้ง โดยเฉพาะในแป้งสาลี ซึ่งเวลานวดโดขนมปังจะทำให้เกิดโครงสร้างในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการพักโด ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของขนมปังที่อบออกมา แต่ถ้าหากโดไม่มีกลูเตนอยู่ในโครงสร้าง ขนมปังที่อบออกมาได้จะมีไส้ในที่แข็ง (crumb) และเกิดการแห้งแข็ง (staling) เร็วกว่าขนมปังทั่วไป⁽³³⁾

ซึ่งปัจจุบันมีผู้บริโภคจำนวนมากที่มีอาการแพ้กลูเตนหรือเป็นผู้ป่วยโรคเซลิแอค (celiac disease) ทำให้ต้องมีการหาสารทดแทนกลูเตนมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไร้กลูเตน (gluten – free) เช่น สารไฮโดรคอลลอยด์ ดังนั้นมิวซิเลจที่มีสมบัติเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์จึงสามารถนำมาใช้เป็นสารทดแทนกลูเตนได้ ซึ่งพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังที่มีการใส่มิวซิเลจร้อยละ 1.8-2.4 จะมีคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏ และเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าขนมปังสูตรที่ไร้กลูเตนและไม่มีการเติมสารทดแทนกลูเตนลงไป⁽³³⁾ และในผลิตภัณฑ์พาสต้าไร้กลูเตนพบว่า การเติมมิวซิเลจลงไปร้อยละ 5-10 ในแป้ง จะสามารถปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของเส้นพาสต้าให้มีความแน่น (firmness) และ ค่าโมดูลัส

ของความแข็งแรง (strength modulus หรือ G') ที่มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นพาสต้าไร้กลูเตนสูตรปกติ และในผลิตภัณฑ์เค้กไร้กลูเตน การทดแทนกลูเตนด้วยมิวซิเลจจากเมล็ดเจียจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นและสามารถเกิดเจลได้ดีขึ้นระหว่างอบ⁽¹⁹⁾

4. สารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และสารทำให้คงตัว

ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมพบว่า การใส่มิวซิเลจลงไปเพื่อทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สามารถทำให้ปริมาณอากาศในเนื้อไอศกรีมและอัตราการละลายของไอศกรีมลดลง และทำให้มีลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมที่ใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรปกติ⁽³⁴⁾

5. สารทดแทนฟอสเฟต

โดยปกติแล้วฟอสเฟตจะทำหน้าที่ช่วยให้โปรตีนสามารถจับตัวกับน้ำได้ดีขึ้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ซึ่งจากงานวิจัยของ Câmara และคณะ⁽³⁵⁾ พบว่า หากใส่มิวซิเลจทดแทนสารประกอบประเภทฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโบโลญญา (Bologna sausages) จะพบว่าเนื้อไส้กรอกมีความสามารถในการอุ้มน้ำและการเกิดเจลที่ดีขึ้น และมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสเช่น สี กลิ่น และรสชาติ ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับไส้กรอกสูตรปกติ

6. การใช้เป็นฟิล์มที่สามารถบริโภคได้ (edible film)

มิวซิเลจเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มที่สามารถนำมาบริโภคได้ แต่ฟิล์มที่สร้างจาก มิวซิเลจ มีข้อเสียตรงที่มีความเปราะบาง ดังนั้น ควรมีการเติมสารประเภทพลาสติกไซเซอร์ (plasticizers) เช่น กลีเซอรอล (glycerol) จะช่วยให้ฟิล์มที่สร้างจากมิวซิเลจ มีความแข็งแรงและยืดหยุ่นมากขึ้น⁽³⁶⁾

ข้อจำกัดและข้อควรระวังในการใช้มิวซิเลจจากเมล็ดเจียในอุตสาหกรรมอาหาร

ในปัจจุบันยังไม่พบประกาศหรือข้อบังคับในการใช้มิวซิเลจจากเมล็ดเจียโดยตรง แต่พบกฎระเบียบการใช้เมล็ดเจียในอุตสาหกรรมอาหารที่ออกโดยสหภาพยุโรป โดยได้ระบุไว้ว่าสามารถใช้เมล็ดเจียได้ไม่เกินร้อยละ 10 ในอุตสาหกรรมขนมปัง และ ผลิตภัณฑ์ธัญชาติอาหารเช้า (breakfast cereal) รวมถึงให้ผู้ผลิตต้องระบุข้อความ “ผู้บริโภคสามารถบริโภคเมล็ดเจียได้ไม่เกิน 15 กรัมต่อวัน” บนฉลากอาหารที่มีเมล็ดเจียเป็นส่วนประกอบ เช่น เมล็ดเจียบรรจุถุง หรือน้ำผลไม้ผสมเมล็ดเจียบด เป็นต้น⁽³⁷⁾

การใช้เมล็ดเจียหรือมิวซิเลจจากเมล็ดเจียอาจต้องคำนึงในด้านของสารก่อภูมิแพ้เช่นกัน โดย Kumar และ Vastardi⁽³⁸⁾ ได้รายงานถึงอาการแพ้

เมล็ดเจียในผู้ป่วยที่มีประวัติแพ้เมล็ดงา เนื่องจากโปรตีนที่พบในเมล็ดเจียนั้น มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับโปรตีนที่พบในเมล็ดงาที่สามารถก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการวิจัยของ Regula และคณะ⁽³⁹⁾ ที่พบว่า 6 ใน 7 ของผู้ป่วยที่มีอาการแพ้เมล็ดเจีย พบว่าการแพ้เมล็ดงาด้วยเช่นกัน โดยผู้ป่วยที่แพ้เมล็ดเจียจะมีอาการลมพิษ ปวดท้องเกร็ง อาเจียน และคลื่นไส้น้ำมูกขึ้น⁽³⁸⁾

บทสรุป

เมล็ดเจียเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบทางเลือกใหม่สำหรับกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพในยุคปัจจุบัน ด้วยคุณประโยชน์ในเชิงสุขภาพและฟังก์ชัน เมล็ดเจียมีปริมาณของใยอาหารและกลุ่มไขมันโอเมก้าที่สูง ซึ่งมีส่วนช่วยในการป้องกันและชะลอการเกิดโรคได้ อีกทั้งยังมีส่วนของแร่ธาตุและวิตามินที่มีส่วนช่วยในการทำงานของร่างกาย นอกจากนี้ มิวซิเลจที่ได้จากเมล็ดเจียยังสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ โดยสามารถนำมาทดแทนไขมัน ไข่ขาว หรือ กลูเตนในอาหาร และใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์และสารทำให้คงตัวได้ ซึ่งวิธีการสกัดมิวซิเลจจากเมล็ดเจียมีขั้นตอนสำคัญอยู่ 3 ขั้นตอน คือ การแช่น้ำ การสกัด และการทำให้เป็นผง ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคนิคต่าง ๆ มาช่วยในการสกัดมิวซิเลจซึ่งสามารถช่วยเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการสกัดได้ดี ด้วยข้อดีในด้าน คุณประโยชน์และสมบัติเชิงหน้าที่จึงเป็นอีกหนึ่ง ตัวเลือกที่ดีในการบริโภคเมล็ดเจียและมิวซีเลจจาก เมล็ดเจีย

เอกสารอ้างอิง

1. Alkenany MH, Al-Ardhi SA, Al-Gharawi JK, editors. Effect of chia seeds water extract on some physiological traits of broiler. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2021: IOP Publishing.
2. ธัญพิสิษฐ์ ไจแข็ง, อติเรก ปัญญาลือ. “เจีย” พืชเศรษฐกิจใหม่บนพื้นที่สูง 2564 [19 เมษายน 2567]. Available from: <https://www.hrdi.or.th/Articles/Detail/1471>.
3. Fernandes SS, Mellado MdLMS. Development of mayonnaise with substitution of oil or egg yolk by the addition of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage. Journal of food science. 2018;83(1):74-83.
4. U.S. Department of Agriculture (USDA). Seeds, chia seeds, dried. 2019 [2023 Apr 26]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170554/nutrients>.
5. da Silva Marineli R, Lenquiste SA, Moraes EA, Marostica Jr MR. Antioxidant potential of dietary chia seed and oil (*Salvia hispanica* L.) in diet-induced obese rats. Food Research International. 2015;76:666-74.
6. Porras-Loaiza P, Jiménez-Munguía MT, Sosa-Morales ME, Palou E, López-Malo A. Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. International journal of food science & technology. 2014;49(2):571-7.
7. Capitani MI, Spotorno V, Nolasco SM, Tomás MC. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. LWT-Food Science and Technology. 2012;45(1):94-102.
8. Wei J, Hou R, Xi Y, Kowalski A, Wang T, Yu Z, et al. The association and dose-response relationship between dietary intake of α -linolenic acid and risk of CHD: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. British journal of nutrition. 2018;119(1):83-9.
9. Vuksan V, Jenkins A, Dias A, Lee A, Jovanovski E, Rogovik A, et al. Reduction in postprandial glucose excursion and prolongation of satiety: possible explanation of the long-term effects of whole grain Salba (*Salvia Hispanica* L.). European journal of clinical nutrition. 2010;64(4):436-8.
10. Ayaz A, Akyol A, Inan-Eroglu E, Cetin AK, Samur G, Akbiyik F. Chia seed (*Salvia Hispanica* L.) added yogurt reduces short-term food intake and increases satiety: randomised controlled trial. Nutrition research and practice. 2017;11(5):412.
11. Minatel IO, Borges CV, Ferreira MI, Gomez HAG, Chen C-YO, Lima GPP. Phenolic compounds: Functional properties, impact of processing and bioavailability. Phenolic Compounds - Biological Activity. 2017;8:1-24.
12. Alcântara MA, Polari IdLB, de Albuquerque Meireles BRL, de Lima AEA, da Silva Junior JC, de Andrade Vieira É, et al. Effect of the solvent composition on the profile of phenolic compounds extracted from chia seeds. Food Chemistry. 2019;275:489-96.
13. นุชนาฏ อู่อรุณ เมล็ดเจีย (Chia seed) เพื่อสุขภาพและสุขภาพ 2558 [Available from: http://www.pachanathsuachit/DS/npt_npt/article/articleshow.php?article_id=11]



14. Hernandez LM. Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*): Microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry: Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile); 2012.
15. Ciudad-Mulero M, Fernández-Ruiz V, Matallana-González MC, Morales P. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. *Advances in food and nutrition research*. 90: Elsevier; 2019. p. 83-134.
16. Xing X, Hsieh YS, Yap K, Ang ME, Lahnstein J, Tucker MR, et al. Isolation and structural elucidation by 2D NMR of planteose, a major oligosaccharide in the mucilage of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Carbohydrate Polymers*. 2017;175:231-40.
17. da Costa Borges V, Salas-Mellado MdLM. Extraction and characterization of chia (*Salvia Hispanica* L.) mucilage for application in food products. *VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias*. 2017;27(2):16-27.
18. Muñoz LA, Cobos A, Diaz O, Aguilera JM. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering*. 2012;108(1):216-24.
19. Chiang JH, Ong DSM, Ng FSK, Hua XY, Tay WLW, Henry CJ. Application of chia (*Salvia hispanica*) mucilage as an ingredient replacer in foods. *Trends in Food Science & Technology*. 2021;115:105-16.
20. Timilsena YP, Adhikari R, Kasapis S, Adhikari B. Molecular and functional characteristics of purified gum from Australian chia seeds. *Carbohydrate polymers*. 2016;136:128-36.
21. Timilsena YP, Adhikari R, Kasapis S, Adhikari B. Rheological and microstructural properties of the chia seed polysaccharide. *International journal of biological macromolecules*. 2015;81:991-9.
22. Silva L, Sinnecker P, Cavalari A, Sato A, Perrechil F. Extraction of chia seed mucilage: Effect of ultrasound application. *Food Chemistry Advances*. 2022;1:100024.
23. Nayani S, Rao S. Extraction of mucilage from chia seeds and its application as fat replacer in biscuits. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2020;9:922-7.
24. Mensah EO, Oludipe EO, Gebremeskal YH, Nadtochii LA, Baranenko D. Evaluation of extraction techniques for chia seed mucilage; A review on the structural composition, physicochemical properties and applications. *Food Hydrocolloids*. 2024;110051.
25. Santos FSd, Figueirêdo RMFd, Queiroz AJdM, Silva ETdV, Paiva YF, Moura HV, et al. Extraction of chia and okra mucilages: physicochemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant activity, drying kinetics, and thermodynamic properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023;17(6):6452-68.
26. Silva LA, Sinnecker P, Cavalari AA, Sato ACK, Perrechil FA. Extraction of chia seed mucilage: Effect of ultrasound application. *Food Chemistry Advances*. 2022;1.
27. Wang W-H, Lu C-P, Kuo M-I. Combination of ultrasound and heat in the extraction of chia seed (*Salvia hispanica* L.) mucilage: Impact on yield and technological properties. *Processes*. 2022;10(3):519.
28. Brüttsch L, Stringer FJ, Kuster S, Windhab EJ, Fischer P. Chia seed mucilage—a vegan thickener: Isolation, tailoring viscoelasticity and rehydration. *Food & function*. 2019;10(8):4854-60.
29. Punia S, Dhull SB. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) mucilage (a heteropolysaccharide): Functional, thermal, rheological behaviour and its utilization. *International journal of biological macromolecules*. 2019;140:1084-90.



30. Chaves MA, Piat J, Malacarne LT, Gall RE, Colla E, Bittencourt PR, et al. Extraction and application of chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) and locust bean gum (*Ceratonia siliqua* L.) in goat milk frozen dessert. *Journal of food science and technology*. 2018;55:4148-58.
31. Gallo LRdR, Assunção Botelho RB, Ginani VC, de Lacerda de Oliveira L, Riquette RFR, Leandro EdS. Chia (*Salvia hispanica* L.) gel as egg replacer in chocolate cakes: Applicability and microbial and sensory qualities after storage. *Journal of Culinary Science & Technology*. 2020;18(1):29-39.
32. Hedayati S, Jafari SM, Babajafari S, Niakousari M, Mazloomi SM. Different food hydrocolloids and biopolymers as egg replacers: A review of their influences on the batter and cake quality. *Food Hydrocolloids*. 2022;128:107611.
33. Korus J, Witczak T, Ziobro R, Juszczak L. Linseed (*Linum usitatissimum* L.) mucilage as a novel structure forming agent in gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology*. 2015;62(1):257-64.
34. Feizi R, Goh KK, Mutukumira AN. Effect of chia seed mucilage as stabiliser in ice cream. *International Dairy Journal*. 2021;120:105087.
35. Câmara AKFI, Geraldi MV, Okuro PK, Júnior MRM, da Cunha RL, Pollonio MAR. Satiety and in vitro digestibility of low saturated fat Bologna sausages added of chia mucilage powder and chia mucilage-based emulsion gel. *Journal of Functional Foods*. 2020;65:103753.
36. Knez Hrnčič M, Ivanovski M, Cör D, Knez Ž. Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.): An overview—Phytochemical profile, isolation methods, and application. *Molecules*. 2019;25(1):11.
37. Orkesterjournalen L. Commission Implementing Regulation (EU) 2018/1023 of 23 July 2018 correcting implementing regulation (EU) 2017/2470 establishing the Union list of novel foods. *Off J Eur Union*. 2018;187:1-133.
38. Kumar V, Vastardi M. Allergic reactions to superfoods: chia seed anaphylaxis in a sesame-allergic patient. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*. 2024;133(6):S192-S3.
39. Regula P, Hudes G, De Vos G, Jariwala S, Bernstein L, Rosenstreich D, et al. Immediate hypersensitivity reactions to chia seed ingestion, a novel food allergy. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2023;151(2):AB173.

ยกระดับความสด: การประเมินเทคโนโลยี ESL เทียบกับการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม

จันทร์สุดา จริยวัฒนวิจิตร

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมล: ake9611376@yahoo.com

รับเมื่อ 2 พฤษภาคม 2568 แก้ไขเมื่อ 15 สิงหาคม 2568 ตอรับเมื่อ 5 สิงหาคม 2568

จุดเด่น

- ยืดอายุการเก็บรักษานมได้ 21–45 วัน โดยยังคงคุณภาพ สี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการไว้ใกล้เคียงนมสด
- ลดปริมาณจุลินทรีย์และสปอร์ที่ทนเย็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยชะลอการเสื่อมเสียของนม

บทคัดย่อ

นํ้ามนเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่เน่าเสียได้ง่าย การพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิมแม้จะสามารถทำลายเชื้อก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านอายุการเก็บรักษาซึ่งมักไม่เกิน 10 วัน และมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในขั้นตอนหลังการผลิต ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีการพัฒนาเทคโนโลยี Extended Shelf-Life (ESL) เพื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษานมโดยยังคงคุณภาพไว้ใกล้เคียงกับนมสดและต้องเก็บในอุณหภูมิต่ำเช่นเดียวกัน บทความนี้นําเสนอการเปรียบเทียบระหว่างนมพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิมกับนมพาสเจอร์ไรส์ที่ใช้เทคโนโลยี ESL โดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลงานวิจัยของทั้งในประเทศและต่างประเทศในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2010–2025 โดยพิจารณาในหลากหลายมิติ ได้แก่ คุณภาพทางจุลชีววิทยา อายุการเก็บรักษา สี กลิ่น รสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ ต้นทุนการผลิต และความพึงพอใจของผู้บริโภค ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่า เทคนิค ESL สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในนํ้านมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็น 21–45 วัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าความพึงพอใจของผู้บริโภคยังอยู่ในระดับที่ดีและมีแนวโน้มตอบรับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ความท้าทายสำคัญคือการควบคุมสุขอนามัยในกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันการปนเปื้อนซ้ำหลังการฆ่าเชื้อ ดังนั้นบทความนี้จึงเสนอว่าเทคโนโลยี ESL ที่นับเป็นทางเลือกสำคัญสำหรับผู้ผลิตในระดับอุตสาหกรรม เพื่อช่วยในการเพิ่มขีด



ความสามารถในการแข่งขัน ควบคุมราคาของต้นทุน และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันมุ่งเน้นทั้งความสะดวกสบายและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ควบคู่กัน นม ESL มีอายุการเก็บรักษานานกว่านมพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม ทำให้สามารถจัดเก็บในอุณหภูมิตู้เย็นได้ยาวนานขึ้นโดยไม่สูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัสหรือความปลอดภัย ส่งผลให้ลดความถี่ในการซื้อสินค้า ซึ่งเหมาะสมกับวิถีชีวิตเร่งรีบของผู้บริโภคในเขตเมือง

คำสำคัญ: เทคโนโลยี ESL จุลินทรีย์ในนม คุณภาพน้ำนม นมพาสเจอร์ไรส์ อายุการเก็บรักษา

Extending freshness: evaluating ESL technology versus traditional pasteurization in milk processing

Chansuda Jariyavattanavijit

Department of Food Chemistry and Physics, Institute of Food Research and Product Development,
Kasetsart University

E-mail: ake9611376@yahoo.com

Received 2 May 2025; **Revised** 15 August 2025; **Accepted** 5 August 2025

Highlight

- Extends milk shelf life to 21–45 days while preserving flavor, color, and nutritional quality.
- Effectively reduces microbial and spore counts, slowing spoilage.

Abstract

Milk is a nutrient-rich food product but is highly perishable due to microbial contamination. Although conventional pasteurization effectively inactivates pathogenic microorganisms, it has limitations in shelf life typically not exceeding 10 days and is susceptible to post-processing contamination. To overcome these limitations, Extended Shelf-Life (ESL) technology has been developed to significantly prolong milk's refrigerated shelf life while maintaining its fresh-like quality. This article compares conventional pasteurized milk with ESL-treated milk based on research published between 2010 to 2025, encompassing multiple aspects such as microbiological quality, shelf life, sensory attributes, nutritional value, production costs, and consumer acceptance. The findings reveal that ESL technology effectively reduces initial microbial load, enabling milk to be stored under refrigeration for 21–45 days without significant deterioration in taste or nutrition. Moreover, consumer studies indicate high satisfaction and growing acceptance of ESL milk products. Nevertheless, the primary challenge associated with ESL technology is ensuring stringent hygienic and



aseptic during packaging to prevent recontamination. Accordingly, this review highlights ESL technology as a strategic option for industrial dairy products to improve competitiveness, optimize cost efficiency, and effectively respond to the evolving expectations of contemporary consumers, who increasingly value both convenience and product quality. Extended Shelf-Life (ESL) milk offers a longer storage duration compared to conventional pasteurized milk. This extended refrigeration period maintains sensory quality and safety, thereby reducing purchase frequency. Such characteristics are well aligned with the fast-paced lifestyles of urban consumers.

Keywords: ESL technology, Milk microbiology, Milk quality, Pasteurized milk, Shelf life

บทนำ

นํ้านมเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อมนุษย์ เป็นที่นิยมบริโภค โดยเฉพาะในวัยเด็กและวัยผู้สูงอายุ เป็นแหล่งของแคลเซียม โปรตีน และวิตามินหลากหลายชนิด อย่างไรก็ตาม นมสดมีอายุการเก็บรักษาสั้นและเน่าเสียได้ง่าย เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดโรคแม้จะเก็บไว้ในตู้เย็นมีข้อจำกัดสำคัญด้านความปลอดภัยและมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการพัฒนาวิธีการแปรรูปและการเก็บรักษาที่สามารถยืดอายุการบริโภคนมโดยไม่ลดทอนคุณค่าทางโภชนาการลง

ในประเทศไทย อุตสาหกรรมนมมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยได้รับแรงสนับสนุนจากความต้องการผลิตภัณฑ์นมที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น และการพัฒนาผลิตภัณฑ์นมใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด โดยตลาดนมพร้อมดื่มของประเทศไทยในปี พ.ศ.2565 (ค.ศ. 2022) มีมูลค่าประมาณ 29,630 ล้านบาท และมีอัตราการเติบโต 6.8% โดยมีแบรนด์หลักชั้นนำ อาทิ Foremost, Meiji, Thai-Denmark และ Bear Brand ซึ่งครองส่วนแบ่งตลาดหลักในอุตสาหกรรมนม โดยในปี พ.ศ. 2567 (ค.ศ.2024) การบริโภคนมพาสเจอร์ไรส์ในประเทศไทยมี

แนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในไตรมาสแรกของปี ซึ่งยอดการบริโภคเพิ่มขึ้นถึง 9.7% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อนหน้า⁽¹⁾

การพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) เป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์นมเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โดยทั่วไปสามารถจำแนกได้เป็นสองรูปแบบหลัก ได้แก่ การพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิต่ำเวลานาน (LTLT) เช่น ทำให้นํ้านมร้อนขึ้น 62–65 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที และการพาสเจอร์ไรส์อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (HTST) เช่น ให้ความร้อนประมาณ 72 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 15 วินาที แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อกำจัดจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายและก่อให้เกิดโรค กระบวนการนี้ช่วยรักษารสชาติและคุณค่าทางโภชนาการของนมได้ดี แต่ไม่สามารถกำจัดสปอร์ของแบคทีเรียที่ทนความร้อนได้ทั้งหมด

กระบวนการพาสเจอร์ไรส์นี้ มีเป้าหมายหลักคือ การกำจัดจุลินทรีย์ก่อโรค อาทิ *Listeria monocytogenes* และ *Mycobacterium tuberculosis* แต่ยังคงเหลือจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นอันตรายอยู่บางส่วน ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ยังคงเน่าเสียได้ อายุการเก็บรักษาของนมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไปมักอยู่ที่ประมาณ 7–14 วัน ภายใต้การแช่เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้ใน

อุตสาหกรรมนม เนื่องจากสามารถรักษาคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติของนมไว้ได้ค่อนข้างดี ในขณะที่ทำลายเชื้อก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ นมพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิมจำเป็นต้องจัดเก็บและขนส่งภายใต้สภาวะควบคุมอุณหภูมิต่ำตลอดช่วงระยะเวลาของการเก็บรักษาและการกระจายสินค้า โดยทั่วไปมีอายุการเก็บที่ค่อนข้างสั้น กล่าวคือ ประมาณ 7–10 วัน และในประเทศไทยมีการกำหนดอายุการเก็บรักษานมพาสเจอร์ไรส์ตามกฎหมายไม่เกิน 10 วัน⁽²⁾ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อให้เกิดโรคบางส่วนหรือสปอร์ที่ทนความร้อนอาจยังคงหลงเหลืออยู่ หรืออาจมีการปนเปื้อนภายหลังจากการพาสเจอร์ไรส์ระหว่างการบรรจุ ซึ่งจุลินทรีย์จะค่อย ๆ เพิ่มจำนวนจนทำให้นมเน่าเสียได้หากเก็บไว้นานเกินระยะเวลาที่กำหนด และในขณะเดียวกันสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา มีการควบคุมกำกับดูแลนมโค นมปรุงแต่ง ผลิตภัณฑ์ของนม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 350) พ.ศ. 2556 เรื่อง นมโค (ฉบับที่ 351) พ.ศ.2556 เรื่องนมปรุงแต่ง (ฉบับที่ 352) พ.ศ. 2556 เรื่อง ผลิตภัณฑ์ของนม (ฉบับที่ 406) พ.ศ. 2562 เรื่อง นมโค (ฉบับที่ 2) และ (ฉบับที่ 408) พ.ศ. 2562 เรื่อง ผลิตภัณฑ์ของนม (ฉบับที่ 2) โดยกำหนดอายุการเก็บรักษาของนมโค นมปรุงแต่ง และผลิตภัณฑ์ของนมชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีพาสเจอร์ไรส์ ระยะเวลาการบริโภคต้อง

ไม่เกิน 10 วัน ตลอดระยะเวลาภายหลังจากการบรรจุจนถึงผู้บริโภค⁽³⁻⁷⁾

แต่ในปัจจุบันเมื่อเราไปซื้อนมพาสเจอร์ไรส์ที่วางขายในตู้ควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียสนั้น เราจะพบว่ามียางผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษายาวนานกว่า 10 วัน ซึ่งเกินกว่าที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนด นั่นเป็นเพราะผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีการปรับกระบวนการผลิตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยใช้กระบวนการ extended shelf-life หรือ ESL และผ่านการอนุญาตการขยายการแสดงระยะเวลาการบริโภคของผลิตภัณฑ์จากกองอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุขแล้ว

ด้วยความต้องการยืดอายุผลิตภัณฑ์นมสดให้ยาวนานขึ้นโดยไม่ต้องไปถึงขั้นการสเตอริไลส์ หรือ UHT (ultra-high temperature) ซึ่งทำให้นมมีอายุเก็บได้หลายเดือนแต่ส่งผลต่อรสชาติและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสอย่างชัดเจน⁽⁸⁻⁹⁾ เทคนิค extended shelf life (ESL) จึงได้รับการพัฒนาขึ้น โดยเทคนิค ESL หมายถึงการแปรรูปนมด้วยวิธีการที่จะเพิ่มอายุการเก็บรักษาภายใต้ความเย็นให้ยาวนานขึ้นกว่าพาสเจอร์ไรส์ปกติ แต่ยังคงต้องแช่เย็นและให้รสชาติใกล้เคียงนมสด⁽¹⁰⁻¹¹⁾ ซึ่งแตกต่างจากนม UHT ที่ผ่านการให้ความร้อนสูงมาก (135–150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2–5 วินาที) ทำให้สามารถเก็บได้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา

หลายเดือนโดยไม่ต้องแช่เย็น แต่รสชาติและกลิ่นอาจเปลี่ยนไปอย่างชัดเจน⁽¹²⁻¹³⁾

นมที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบ ESL มักใช้กระบวนการให้ความร้อนที่สูงกว่า HTST เล็กน้อย หรือใช้วิธีอื่นร่วมด้วย เช่น การกรองด้วยไมโครฟิลเตอร์ (microfiltration) การเหวี่ยงแยกแบคทีเรีย (bactofugation) หรือ การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าระยะเวลาสั้น (125–130°C ไม่กี่วินาที) รายละเอียดของแต่ละวิธีที่ใช้ร่วมกับ ESL แสดงดัง

Table 1 จากนั้นบรรจุในสภาวะปลอดเชื้อ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นในนมลงอย่างมาก ทำให้นมที่มีการผลิตด้วยกระบวนการ ESL นี้มีอายุการเก็บรักษาในตู้เย็นได้นานขึ้นประมาณ 21–45 วัน และในบางกรณีผู้ผลิตอ้างว่าสามารถเก็บได้นานถึง 90 วัน⁽¹³⁾ ซึ่งถือว่ายาวนานกว่านมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ในยุโรปมีรายงานว่านม ESL ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายจนมีส่วนแบ่งตลาดนมสดสูงถึงประมาณ 80% ในช่วงปี ค.ศ. 2005–2008⁽¹⁴⁾

Table 1 Comparison of three ESL milk processing methods

Method	Main principle	Effect on quality / shelf life
Microfiltration (MF)	Physical removal of bacteria/spores from milk using membrane filters (typically 1.4–1.6 μm pore size) before pasteurization⁽¹⁵⁻¹⁶⁾	- Reduces microbial load by 5–6 log cycles, improving microbiological quality⁽¹⁵⁾ - Extends shelf life to ~20–30 days at 4°C with minimal effect on flavor and nutrients^(13,15)
Bactofugation (BF)	High-speed centrifugation to separate and remove bacterial spores and sediment from raw milk before heat treatment⁽¹⁸⁾	- Removes ~95–99% of spores, reducing spoilage risk⁽¹⁸⁻¹⁹⁾ - Shelf life can reach 15–25 days; minimal impact on sensory quality but less effective on very small bacteria than MF⁽¹⁹⁾
High-Heat Short-Time (HHST)	Intensive heat treatment slightly below UHT level to inactivate most vegetative cells and spores⁽²⁰⁾	- Shelf life extended to ~30–45 days at 4°C⁽²⁰⁻²¹⁾ - May cause slight cooked/caramel flavor and minor vitamin loss; most nutrients and proteins remain stable⁽²¹⁾

ความท้าทายของการผลิตโดยใช้เทคนิค ESL คือการรักษาสมดุลระหว่าง คุณภาพทางจุลชีววิทยากับคุณภาพทางประสาทสัมผัส กล่าวคือ กระบวนการต้องมีความเข้มข้นพอที่จะทำให้ลายจุลินทรีย์ทั้งชนิดที่เป็นเซลล์ปกติและสปอร์ที่ทนเย็นให้มากที่สุด เพื่อให้มันมีความปลอดภัยและไม่เสียง่าย ขณะเดียวกันต้องหลีกเลี่ยงความร้อนสูงเกินไปจนเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของนม ซึ่งจะทำให้เกิดรส “ไหม้” หรือสูญเสียรสชาติของนมสดไป⁽¹³⁾ จุดมุ่งหมายสำคัญของการผลิตนม ESL ตามที่ Deeth (2017)⁽¹³⁾ คือ (1) การทำลายแบคทีเรียในระยะเจริญและสปอร์ของแบคทีเรียที่เจริญในอุณหภูมิต่ำ (psychrotrophic bacteria) ให้หมด โดยเฉพาะ *Bacillus cereus* เนื่องจากบางสายพันธุ์เป็นเชื้อก่อให้เกิดโรค บางสายพันธุ์สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส และบางสายพันธุ์ก็มีสปอร์ที่มีความสามารถในการทนความร้อนได้สูง จึงส่งผลให้นมเสียหรือมีเชื้อก่อให้เกิดโรคได้ และ (2) ลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ส่งผลให้เกิดกลิ่นรส “สุก” (cooked flavor) เนื่องจากเกิดจากการเสื่อมสภาพเวย์โปรตีนและปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยเวย์โปรตีนหลักในนม ได้แก่ β -lactoglobulin ซึ่งมีกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ เช่น cysteine และ methionine เมื่อให้ความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส โครงสร้างของโปรตีนจะคลายตัว

(unfolding) และหมู่ซัลไฟด์ (-SH) จะสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันและการสลายพันธะไดซัลไฟด์ (-S-S-) ทำให้เกิดสารระเหยซัลเฟอร์ เช่น hydrogen sulfide (H_2S), methanethiol (CH_3SH) และ dimethyl sulfide (DMS) ความรุนแรงขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิและเวลาการให้ความร้อน ยิ่งร้อนและนาน จะเกิดสารเหล่านี้มากขึ้น

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่าง กลุ่มคาร์บอนิลของน้ำตาลรีดิวซ์ (เช่น lactose) กับ กลุ่มอะมิโนของโปรตีน ในสภาวะความร้อนสูง จะเกิด Amadori rearrangement และการสลายตัว (degradation) จนเกิดสารตัวกลาง (intermediates) เช่น dicarbonyls และสารประกอบกำมะถัน เมื่อตัวกลางเหล่านี้ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์ (methionine, cysteine) จะเกิดสารระเหยซัลเฟอร์ ที่ให้กลิ่น “cooked”, “eggy” หรือ “sulfurous” เช่น methional, dimethyl trisulfide⁽²²⁾ ซึ่งสัมพันธ์กับการระเหยของสารประกอบซัลเฟอร์ระเหยที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสไม่พึงประสงค์ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องลดการเปลี่ยนแปลงโปรตีนเบต้าแลคโทโกลบูลินให้น้อยกว่า 50% เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการระเหยของสารประกอบกำมะถันซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกลิ่นรสต้มสุก⁽⁸⁾ จากเป้าหมายดังกล่าว เทคโนโลยี ESL ในทางปฏิบัติจึงมักใช้การให้ความร้อนในระดับสูงช่วงสั้น เช่น การพาสเจอร์ไรส์แบบ HHST: Higher Heat

Shorter Time ร่วมกับการบรรจุแบบปลอดเชื้อ หรือการกรองจุลินทรีย์ ก่อนจะบรรจุลงภาชนะ บรรจุที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อน หลังการฆ่าเชื้อ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา มีงานวิจัยจำนวนมากที่มุ่งเน้นศึกษาถึงคุณภาพของนมที่ผลิตโดยใช้เทคนิค ESL เปรียบเทียบกับนมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป Schmidt และคณะ (2012)⁽²³⁾ รายงานการผลิตนม ESL โดยใช้การกรองผ่านไมโครฟิลเตอร์ ร่วมกับการพาสเจอร์ไรส์ พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ ในนมหลังการกรองลดลงจากเดิมประมาณ 5–6 log จนเหลือต่ำกว่า 1 โคโลนีต่อกรัม และสามารถยืดอายุการเก็บในตู้เย็นได้ถึง 3–4 สัปดาห์ แต่เมื่อตรวจสอบผลิตภัณฑ์นม ESL ในท้องตลาดเมื่อสิ้นอายุ พบว่าบางตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มสูงถึง 10^8 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งเป็นระดับที่ก่อให้เกิดการสูญเสียคุณภาพ ตัวอย่างประมาณ 8% เกิดการเสียอย่างชัดเจนก่อนหมดอายุการเก็บรักษา⁽²³⁾ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Doll และคณะ (2017)⁽²⁴⁾ ที่ศึกษานม ESL ในเยอรมนีจำนวน 287 ตัวอย่าง พบว่าจำนวนจุลินทรีย์เมื่อสิ้นอายุการเก็บ มีความหลากหลายของจุลินทรีย์มาก (<1 ถึง 7.9 log โคโลนีต่อกรัม) และมีตัวอย่างประมาณ 15% ของผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสีย โดยตรวจพบสาเหตุหลักมาจากสปอร์ของแบคทีเรียที่ทนเย็น เช่น *Bacillus cereus* และ *Paenibacillus spp.*

ซึ่งมักปนเปื้อนเข้าสู่ผลิตภัณฑ์หลังจากการฆ่าเชื้อ (recontamination) ในขั้นตอนการบรรจุ⁽²⁴⁾ ส่วนจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่พบในนม ESL ที่เสีย ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียแกรมลบชนิดไม่ก่อโรคที่ปนเปื้อนหลังการผลิต (เช่น *Acinetobacter*, *Psychrobacter* ฯลฯ) ในขณะที่นมพาสเจอร์ไรส์ทั่วไปที่เสียวย่างมักเกี่ยวข้องกับเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนเย็นชนิดแกรมลบ (เช่น *Pseudomonas* หรือ *Acinetobacter*) หากวัตถุดิบมีคุณภาพไม่ดี หรือเกิดการปนเปื้อนระหว่างการบรรจุและขนส่ง ทำให้นมพาสเจอร์ไรส์เสียภายในไม่กี่วัน⁽²⁵⁾

สำหรับประเทศไทย มีงานวิจัยโดย Wirjantoro และคณะ (2022)⁽²¹⁾ ที่ทดลองเก็บนมพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 78 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วินาที พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 21 วัน โดยตลอดช่วงระยะเวลาที่เก็บรักษาไม่มีการพบเชื้อก่อโรคอย่าง *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* หรือ *Staphylococcus aureus* และเชื้อโคลิฟอร์มยังคงน้อยกว่า 1 โคโลนีต่อกรัม แม้ว่าจำนวนแบคทีเรียรวมจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามเวลา⁽²⁶⁾

อย่างไรก็ตาม พบว่า คะแนนประเมินทางด้านประสาทสัมผัส เช่น สี (color) กลิ่น (odor) รส (flavor) ความเป็นครีม (creamy taste) เนื้อสัมผัส (texture) และความชอบโดยรวม (overall acceptability) โดยใช้

วิธีการทดสอบแบบ Hedonic scale 9 ระดับ (9-point hedonic test) ซึ่งให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบตั้งแต่ 1 = “ชอบน้อยที่สุด” ไปจนถึง 9 = “ชอบมากที่สุด” พบว่าคะแนนความชอบมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บนานขึ้น ซึ่งหมายความว่าถึงแม้นมจะยังไม่เสียในเชิงจุลชีววิทยา แต่คุณภาพรสชาติความสดใหม่ก็ด้อยลงเมื่อเข้าใกล้วันหมดอายุ คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับ 6 = “ชอบเล็กน้อย” ถึง 7 = “ชอบปานกลาง” ตลอดช่วงการเก็บรักษา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอุณหภูมิการเก็บ (4 และ 8 องศาเซลเซียส) ต่อคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะ อย่างไรก็ตาม คะแนนมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยเฉพาะหลังวันที่ 14 และ 21 ของการเก็บรักษา ค่าคะแนน

เฉลี่ยโดยรวมในช่วงต้นการเก็บ (day 1) อยู่ประมาณ 7–8 คะแนน (ชอบมาก) และลดลงเหลือราว 6–7 คะแนน (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) ในช่วงท้ายการเก็บรักษา⁽²⁶⁾

จากการประมวลผลการศึกษาเหล่านี้ จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิค ESL สามารถยืดอายุการเก็บรักษานมได้จริงโดยการลดหรือกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนมได้มากกว่าเดิม และชะลอการเสื่อมเสียขณะเดียวกันก็มีการเฝ้าระวังผลกระทบด้านสี กลิ่น รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการเพื่อให้ใกล้เคียงกับนมสดมากที่สุด

ข้อมูลการเปรียบเทียบโดยสรุปในแต่ละด้านระหว่างนมพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิมและแบบนมพาสเจอร์ไรส์ที่ผลิตโดยใช้เทคนิค ESL (HTST) โดยอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลวิจัยที่เกี่ยวข้อง แสดงดัง

Table 2

การเปรียบเทียบระหว่างการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิมกับการพาสเจอร์ไรส์โดยใช้เทคโนโลยี ESL (HTST) ในการแปรรูปน้ำนมโค

Table 2 Comparison of conventional and ESL (HTST) pasteurized milk quality

Factor	Conventional pasteurized milk	ESL milk
1. Microbiological quality	• Eliminates pathogenic microorganisms but may retain a small number of heat-resistant non-pathogens (e.g., spores, thermophilic bacteria), usually 10^1–10^2 CFU/g, depending on raw milk	• Strong microbial reduction, often to < detection limit, using microfiltration (5–6 log cycle reduction) or HTST with aseptic filling⁽²³⁾ • Final bacterial count at end of shelf life varies widely: <1 to 10^7–

Factor	Conventional pasteurized milk	ESL milk
	quality and pasteurization intensity⁽²³⁾ • Under refrigeration, psychrotolerant Gram-negative bacteria or Gram-positive spores can slowly grow, limiting shelf life⁽²⁵⁾ • Post-pasteurization contamination during filling/transport is a major spoilage cause; coliforms or <i>Pseudomonas</i> spp. are often detected in improperly stored milk⁽²⁵⁾ • Maintains safety within recommended shelf life, but quality deteriorates rapidly beyond that if the cold chain is broken • Spoilage signs include sour odor, curdling due to acids/enzymes from spores or contaminants	10⁸ CFU/g; 8–15% of products may spoil before expiry⁽²³⁾ • Spoilage mainly from psychrotolerant, spore-forming Gram-positive bacteria such as <i>Bacillus cereus</i> and <i>Paenibacillus</i> spp.⁽²⁴⁾ • Strict hygiene and aseptic filling essential to maintain quality • Manufacturers often state 21–28 days to ensure safety • Flavor may be less fresh toward the end of shelf life; consistent storage at 4°C is critical to prevent rapid quality loss⁽²⁶⁾
2. Shelf life at 2–6°C	• Typically 7–10 days under refrigeration; Thai FDA sets maximum at 10 days^(3–7) • High-quality raw milk under strict pasteurization may last up to 14 days, but flavor declines after 7 days	• Generally 21–30 days under refrigeration; can extend to 45–90 days internationally with optimal processing and strict cold chain⁽¹³⁾
3. Color, odor and taste	• Mild heat preserves natural white color and fresh flavor close to raw milk	• Designed to match flavor of pasteurized milk by avoiding high-heat defects⁽²⁷⁾

Factor	Conventional pasteurized milk	ESL milk
	• Slight cooked flavor may be present but minimal; consumers generally prefer its taste over UHT milk • If stored several days, even before expiry, aroma/taste may change slightly (mild rancid or sour notes) due to enzymatic/microbial activity	• Sensory tests: experts rate pasteurized slightly higher, but average consumers rarely notice differences⁽²⁷⁾ • Some high-temp ESL processes can cause mild cooked/caramel notes; minimized by short heating times or vacuum-based heating systems⁽²⁸⁾
4. Nutritional value	• Minor loss (0–5%) of heat-sensitive vitamins B and C⁽²⁷⁾ • Proteins and amino acids largely preserved, with only slight whey protein denaturation • Lactose, minerals, and fat remain unchanged • Retains nearly full nutritional value of raw milk and is superior to UHT/sterilized milk, which may lose up to 20% of certain vitamins	• Slightly higher vitamin losses (5–10%) due to higher temperatures or additional treatments, but still negligible in nutritional impact⁽²⁷⁾ • Vitamins C and B2 may gradually degrade during storage due to oxidation • Protein, fat, lactose, and mineral content similar to pasteurized milk; slight beta-lactoglobulin denaturation may improve digestibility^(14,27)
5. Production cost	• Standardized process with moderate equipment and energy needs • Short shelf life increases need for frequent cold-chain delivery and raises spoilage risk if unsold stock remains • Total unit cost depends on efficient logistics and sales turnover	• Requires investment in advanced systems: microfiltration, rapid heating/cooling, aseptic packaging, and stricter QC⁽¹⁴⁾ • Initially higher costs; decline with wider adoption and higher volumes • Longer shelf life reduces delivery frequency and spoilage, offsetting higher processing costs over the distribution cycle

Factor	Conventional pasteurized milk	ESL milk
6. Consumer acceptance	• Highly accepted for its fresh taste and natural quality • Main drawback: short shelf life requiring frequent purchases • Still widely preferred by consumers despite storage inconvenience	• Nearly identical taste and nutrition to pasteurized milk⁽²⁷⁾ • Appreciated for longer shelf life and reduced purchase frequency⁽²⁹⁾ • Some consumer confusion between ESL and pasteurized milk due to similar packaging; clear labeling recommended^(2-7,30)

จากตารางข้างต้น การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัยในช่วงปี ค.ศ. 2010–2025 ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จะเห็นได้ว่าการใช้เทคนิค Extended Shelf Life (ESL) ในการแปรรูปนมพาสเจอร์ไรส์สามารถ ยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม กลุ่มจุลินทรีย์ที่ “ลดลง” อย่างมีนัยสำคัญในแต่ละระบบ โดยการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม HTST จุลินทรีย์ที่ถูกทำลายด้วยความร้อน คือ Gram-negative ที่ไม่สร้างสปอร์ (*Pseudomonas*, coliforms เป็นต้น) และเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคแบบ vegetative (เช่น *Listeria*, *Salmonella*) หากแต่สปอร์ของ *Bacillus* และ *Paenibacillus* จะไม่ถูกทำลายด้วยการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิมนี้^(13,31) ในขณะที่การใช้เทคโนโลยี ESL สามารถลดจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ไม่สร้างสปอร์เกือบทั้งหมด (มากกว่า HTST)⁽¹³⁾ สามารถลด

ปริมาณสปอร์ได้มากขึ้นเมื่อผ่าน Microfiltration (MF) หรือ Bactofugation (BF) โดยสามารถลดปริมาณ สปอร์ของเชื้อ *Bacillus* spp., *Paenibacillus* spp., รวมทั้ง psychrotrophs ลงได้หลาย log cycle⁽³²⁻³⁴⁾

ดังนั้น คุณภาพทางจุลชีววิทยา ยังคงอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย และมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นต่ำมากจนทำให้นมเก็บได้นานขึ้นก่อนจะเกิดการเสื่อมเสีย อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญที่ต้องควบคุมอย่างเข้มงวดในการผลิตแบบ ESL คือการป้องกันการปนเปื้อนหลังการพาสเจอร์ไรส์ เนื่องจากแม้จะกำจัดจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไปแล้ว แต่การปนเปื้อนเล็กน้อยของสปอร์แบคทีเรียที่ทนความร้อนสามารถเติบโตและทำให้นมเสียได้ในช่วงปลายของอายุสินค้า ซึ่งหลายงานวิจัยได้เน้นย้ำความสำคัญของสุขอนามัยและกรรมวิธีบรรจุที่ปลอดภัยในขั้นตอนนี้⁽¹⁹⁾

ในแง่ของ สี กลิ่น และรสชาติ พบว่าการแปรรูปแบบ ESL สมัยใหม่ที่พัฒนาขึ้นสามารถรักษาคคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ใกล้เคียงกับนมพาสเจอร์ไรส์ปกติ ผู้บริโภคทั่วไปแทบไม่สามารถรับรู้ความแตกต่างของรสชาติได้⁽²⁷⁾ ขณะเดียวกัน คุณค่าทางโภชนาการ ของนม ESL ก็ไม่ได้ด้อยลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับนมพาสเจอร์ไรส์ แบบดั้งเดิม มีเพียงการสูญเสียวิตามินบางส่วนเล็กน้อยเท่านั้น และสารอาหารหลักอย่างโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ ยังคงอยู่ครบถ้วน⁽²⁷⁾ นอกจากนี้ยังมีข้อค้นพบที่น่าสนใจว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนบางส่วนจากความร้อนสูงอาจทำให้โปรตีนในนม ESL ย่อยง่ายขึ้นเล็กน้อย ซึ่งถือเป็นผลพลอยได้เชิงบวกต่อผู้บริโภคบางกลุ่ม

ต้นทุนการผลิต ของกระบวนการ ESL ในช่วงเริ่มต้นอาจสูงกว่าการพาสเจอร์ไรส์ทั่วไป เนื่องจากต้องลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูงและระบบบรรจุแบบปลอดเชื้อ แต่เมื่อพิจารณาถึงประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ได้รับจากอายุสินค้าเก็บที่นานขึ้น เช่น ลดความถี่ในการกระจายสินค้า ลดสินค้าที่หมดอายุค้างสต็อก และเพิ่มพื้นที่ทางการตลาด (สามารถจัดส่งไปยังพื้นที่ห่างไกลได้มากขึ้น เนื่องจากเก็บได้นาน) ต้นทุนส่วนที่เพิ่มมานี้ อาจได้รับการชดเชยและให้ความคุ้มค่าในภาพรวม

การศึกษาทางตลาดบางชิ้นระบุว่านม ESL สามารถทำราคาในท้องตลาดได้ใกล้เคียงกับนมพาสเจอร์ไรส์ เมื่อเทคโนโลยีเป็นที่แพร่หลายและผลผลิตมีมากขึ้น⁽¹⁴⁾ โดยผู้ผลิตสามารถใช้จุดขายเรื่อง “สดได้นานขึ้น” ดึงดูดผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวก ซึ่งยินดีจ่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพื่อหลีกเลี่ยงความยุ่งยากในการต้องซื้อนมบ่อย ๆ

การเปรียบเทียบต้นทุนของการพาสเจอร์ไรส์แบบ HTST และ การพาสเจอร์ไรส์แบบ ESL แสดงดัง Figure 1

OPERATING EXPENDITURES COMPARISON: ESL VS HTST		
OPEX	ESL	HTST
 Raw Material/Product Loss Lower due to longer shelf life (25–45 days or more), reducing returns/waste	Lower due to longer shelf life (25–45 days or more), reducing returns /waste	Higher due to shorter shelf life (7–14 days), causing more returns/waste
 Energy (Electricity/Steam/Water) May be slightly higher but optimized (heat recovery, pressure)	May be slightly higher but optimized (heat recovery, homogenizer pressure)	Lower due to shorter heating process
 Maintenance/Repair Slightly higher with filtration, but reduced CIP frequency	Slightly higher with filtration, but reduced CIP frequency	Lower with simpler system, but more frequent cleaning
 Packaging Lower (UV, H ₂ O ₂ , decontamination, barrier)	Higher (UV, H ₂ O ₂ , decontamination, barrier)	Lower (standard packaging)
 Cleaning (CIP/SIP) Lower with longer runtime, reducing cycles	Lower with longer runtime, reducing cycles	Higher with more frequent cycles
 Labor/Logistics Possibly lower with more frequent production, delivery	Possibly lower with more runs, less rushed shipments	Possibly higher with more frequent production, delivery

Figure 1 Operating expenditures comparison: ESL vs HTST

ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์นม ESL โดยภาพรวมอยู่ในระดับที่ดี ผู้บริโภคได้รับคุณภาพนมที่แทบไม่ต่างจากนมพาสเจอร์ไรส์ดั้งเดิมและยังได้ความยืดหยุ่นในการบริโภคมากขึ้น อย่างไรก็ตามก็ควรมีการสื่อสารข้อมูลบนฉลากอย่างชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการผลิต (เช่น ระบุว่าป็นนมพาสเจอร์ไรส์ชนิด ESL) เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องและสร้างความมั่นใจแก่ผู้บริโภคในประเทศไทย หน่วยงานกำกับดูแลได้กำหนดเกณฑ์เพื่อป้องกันการแสดงฉลากที่ทำให้เข้าใจผิด เช่น กำหนดว่านมที่เก็บเกิน 10 วันไม่ให้เรียกว่า “นมโคสดพาสเจอร์ไรส์”⁽²⁾ ซึ่งเป็นไปเพื่อรักษามาตรฐานคุณภาพและความโปร่งใส

บทสรุป

นมพาสเจอร์ไรส์ที่ผ่านนวัตกรรมที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาโดยกระบวนการ Extended Shelf Life (ESL) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ทั้ง

ด้านความปลอดภัยทางอาหาร คุณค่าทางโภชนาการ และรสชาติ เมื่อเทียบกับการพาสเจอร์ไรส์แบบดั้งเดิม ศักยภาพนี้เอื้อประโยชน์ต่อทั้งผู้ผลิต (ลดการสูญเสียและขยายตลาด) ร้านค้าปลีก (บริหารสต็อกได้ง่ายขึ้น) และผู้บริโภค (ได้รับความสะดวกและผลิตภัณฑ์ที่คงความสดได้นานขึ้น) อย่างไรก็ตาม การนำเทคนิค ESL มาใช้ต้องอาศัยการลงทุนและการควบคุมคุณภาพอย่างเคร่งครัด ผู้ประกอบการควรประเมินความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์และพิจารณาความพร้อมของตลาด ผู้บริโภคควบคู่กัน

ในอนาคตอาจมีการพัฒนาเทคโนโลยี ESL ใหม่ ๆ เช่น การแปรรูปด้วยแรงดันสูง (High Pressure Processing, HPP) หรือเทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed Electric Field, PEF)⁽²⁴⁾ ที่สามารถยืดอายุสินค้าได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน ซึ่งจะเป็นอีกทิศทางหนึ่งที่น่าสนใจในการรักษาคุณภาพของนมสดให้ยาวนานยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. ส่วนแบ่งตลาดผลิตภัณฑ์นมพร้อมดื่ม ปี 2565 [Internet]. กรุงเทพฯ: อุตสาหกรรมพัฒนามูลนิธิเพื่อสถาบันอาหาร; 2565 [cited 2025 Jan 4]. Available from: <https://fic.nfi.or.th/market-intelligence-detail.php?smid=381>.
2. พิพัฒน์ ยิ่งเสรี. อย.ประกาศกัณนิยาม “นมโค” และการแสดงฉลาก [Internet]. กรุงเทพฯ: MGR Online; 2555 [cited 2025 Feb 3]. Available from: https://mgronline.com/qol/detail/9550000068667#google_vignette.
3. กระทรวงสาธารณสุข [Internet]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2556 [cited 2025 Feb 3]. Available from: <https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=509375447746879488&name=P350.PDF>.
4. กระทรวงสาธารณสุข [Internet]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2556 [cited 2025 Feb 3]. Available from: <https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=509375811715997696&name=P351.pdf>.

5. กระทรวงสาธารณสุข [Internet]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2556 [cited 2025 Feb 3]. Available from: <https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=509376140427796480&name=P352.pdf>.
6. กระทรวงสาธารณสุข [Internet]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2556 [cited 2025 Aug 1]. Available from: <https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=509424399909265408&name=P406.PDF>.
7. กระทรวงสาธารณสุข [Internet]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2556 [cited 2025 Aug 1]. Available from: <https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=509425148210847744&name=P408.PDF>.
8. Tamime AY. Milk Processing and Quality Management. Oxford: Wiley-Blackwell; 2009. p. 215-30.
9. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. Dairy Science and Technology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; 2006. p. 461-78.
10. Gaya P, Sánchez J, Medina M, Núñez M. Accelerated shelf-life testing of ESL milk. Food Control. 2021;121:107-140.
11. Schleicher A, Leitner M, Loibner A, Krewinkel M, Hinrichs J. Influence of processing and storage on the quality of ESL milk. Int Dairy J. 2018;85:200-8.
12. Datta N, Deeth HC. Ultra-high-temperature treatment of milk and dairy products. Dairy Sci Technol. 2003;83(6):657-72.
13. Deeth H. Optimum thermal processing for extended shelf-life (ESL) milk. Foods. 2017;6(11):102.
14. M&E Trading. What is ESL milk? A comprehensive guide [Internet]. Germany: Machinery and Equipment Trading; 2019 [cited 2025 Feb 10]. Available from: <https://me-trading.de/what-is-esl-milk-a-comprehensive-guide/#:~:text=This%20fact%20made%20the%20fresh,product%20that%20ESL%20milk%C2%A0was%20before.>
15. Saboya LV, Maubois JL. Current developments of microfiltration technology in the dairy industry. Lait. 2000;80(6):541-53.
16. Serra M, Trujillo AJ, Guamis B, Ferragut V. Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. Food Hydrocoll. 2009;23(1):82-91.
17. Laws B, Tamime AY. Heat treatment of milk. In: Tamime AY, editor. Milk Processing and Quality Management. Oxford: Wiley-Blackwell; 2009. p. 88-118.
18. Driehuis F, de Jong P. Bactofugation of milk: Process efficiency and effect on the microbiological quality of raw milk. Neth Milk Dairy J. 1988;42:211-21.
19. Griffiths MW, Phillips JD, Muir DD. The effect of bactofugation on the shelf life of pasteurized milk. J Soc Dairy Technol. 1981;34(2):57-60.
20. Datta N, Deeth HC. High temperature short time and ultra-high temperature milk. In: Sun DW, editor. Emerging Dairy Processing Technologies. Cambridge: Elsevier; 2006. p. 1-38.
21. Kelly AL, Foley J. Proteolysis and storage stability of UHT milk—a review. Int J Dairy Technol. 1997;50(2):59-64.
22. Lund MN, Ray CA. Control of Maillard reactions in foods: Strategies and chemical mechanisms. J Agric Food Chem. 2017;65(23):4537-52.
23. Schmidt VSJ, Kaufmann V, Kulozik U, Scherer S, Wenning M. Microbial biodiversity, quality and shelf life of microfiltered and pasteurized extended shelf life (ESL) milk from Germany, Austria and Switzerland. Int J Food Microbiol. 2012;154(1–2):1-9.
24. Doll EV, Scherer S, Wenning M. Spoilage of microfiltered and pasteurized extended shelf life milk is mainly induced by psychrotolerant spore-forming bacteria that often originate from recontamination. Front Microbiol. 2017;8:135.

-
25. Plaksanguansri C. Change in microbial count of pasteurized milk stored for various times. Agric Nat Resour [Internet]. 1991 Mar 31 [cited 2025 Feb 5]. Available from: <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/24190410>.
26. Wirjantoro TI, Phianmongkhoh A, Potivas T, Na Chiangmai Y. The impact of raw milk quality, particularly thermotolerant, and storage temperatures on the keeping quality of pasteurized milk. CMU J Nat Sci. 2022;21(4):e2022056.
27. Buckenhüskes HJ. ESL milk production [Internet]. Frankfurt: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) – German Agricultural Society; 2014 [cited 2025 Feb 10]. Available from: https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Expertenwissen/ernaehrung/e_2014_4_Expertenwissen_ESL.pdf#:~:text=fresh%20milk%20causes%20up%20to,which%20yielded%20the%20same%20results.
28. ไพบุลย์ ช่วงทอง. ข้อปนนม(สด) แบบเยอรมัน [Internet]. กรุงเทพฯ: ฉลาดซื้อ; 2568 [cited 2025 Feb 10]. Available from: <https://chaladsue.com/article/103>.
29. Schroeter C, Nicholson CF, Meloy MG. Consumer valuation of organic and conventional milk: Does shelf life matter? J Food Distrib Res. 2016;47(3):118-33.
30. ปฐมา ลออรธพงศ์. นมสดพาสเจอร์ไรซ์ ได้นิยามใหม่ (ตอนที่ 2) [Internet]. กรุงเทพฯ: หาหมอ.com; 2555 [cited 2025 Feb 14]. Available from: <https://haamor.com/%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%AA%E0%B8%94%E0%B8%9E%E0%B8%B2%E0%B8%AA%E0%B8%98%E0%B8%88%E0%B8%AD%E0%B9%84%E0%B8%A3%E0%B8%8B%E0%B9%8C-%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%B4%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B9%83%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B9%88-2>.
31. Ranieri ML, Boor KJ. Bacterial ecology of high-temperature, short-time pasteurized milk. J Dairy Sci. 2009;92(10):4833-40.
32. Tomasula PM, Munro G, Parris N, et al. Pilot-scale crossflow microfiltration and pasteurization to remove spores from milk. J Dairy Sci. 2011;94(5):2427-38.
33. Ribeiro-Júnior JCR, Penna ALB, et al. Effect of bactofugation of raw milk on counts and microbial diversity of psychrotrophs; and subsequent reports on total counts/spores reduction. J Dairy Sci. 2019;102(10):8826-38.
34. Ribeiro-Júnior JC, et al. Effect of milk bactofugation on the counts and diversity of aerobic spore-forming bacteria. J Dairy Sci. 2020;103(12):[Epub ahead of print].
-

โภชนาการแม่นยำกับบทบาทของพันธุกรรมในการจัดการโรคอ้วน และภาวะเมตาบอลิกซินโดรม

ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมล: ifrnwl@ku.ac.th

รับเมื่อ 2 พฤษภาคม 2568 แก้ไขเมื่อ 15 กรกฎาคม 2568 ตอรับเมื่อ 16 กรกฎาคม 2568

จุดเด่น

- นำเสนอแนวคิดโภชนาการแม่นยำที่บูรณาการข้อมูลพันธุกรรมและมัลติโอมิกส์
- ความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของพันธุกรรมในแต่ละบุคคลกับการตอบสนองต่ออาหาร และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับภาวะเมตาบอลิกซินโดรม
- ชี้ให้เห็นความท้าทายและแนวทางการพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้ในระดับคลินิก

บทคัดย่อ

โรคอ้วนและภาวะเมตาบอลิกซินโดรมเป็นปัญหาสุขภาพระดับโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีผลกระทบทั้งด้านสุขภาพและเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าแนวทางการจัดการแบบดั้งเดิม เช่น การควบคุมอาหาร การออกกำลังกาย การใช้ยา และการผ่าตัด จะถูกนำมาใช้เพื่อควบคุมน้ำหนักและลดความเสี่ยงของโรคร่วมต่าง ๆ แต่แนวทางเหล่านี้อาจยังไม่สามารถตอบสนองต่อความหลากหลายของปัจจัยเฉพาะบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ จึงเกิดแนวคิด “โภชนาการแม่นยำ” ซึ่งผสมผสานข้อมูลทางพันธุกรรมร่วมกับเทคโนโลยีโอมิกส์ เพื่อสร้างแนวทางการดูแลสุขภาพแบบเฉพาะบุคคลที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แม้แนวทางนี้จะมีศักยภาพสูง แต่ยังมีข้อท้าทายในการประยุกต์ใช้ทางคลินิก ทั้งในด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมินผล และความหลากหลายทางชาติพันธุ์ จึงจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีใหม่และการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนการนำไปใช้จริงในอนาคต

คำสำคัญ: โภชนาการแม่นยำ โภชนพันธุศาสตร์ โรคอ้วน ภาวะเมตาบอลิกซินโดรม

Precision nutrition and the role of genetics in managing obesity and metabolic syndrome

Nuttawut Lainumngen

Department of Nutrition and Health

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

E-mail: ifrnwl@ku.ac.th

Received 2 May 2025; **Revised** 15 July 2025; **Accepted** 16 July 2025

Highlights

- Presents the concept of precision nutrition integrating genetic and multi-omics data
- The relationship between individual genetic variations and dietary responses, as well as the associated risk of metabolic syndrome-related diseases
- Highlights challenges and developmental directions for clinical implementation

Abstract

Obesity and metabolic syndrome are rapidly growing global health issues with significant health and economic impacts. Although traditional management strategies, including dietary control, physical activity, medication, and surgery, are commonly employed to manage weight and reduce the risk of comorbidities, these approaches may not effectively address the diversity of individual-specific factors. Thus, the “precision nutrition” approach, integrating genetic data and multi-omics technologies, has emerged to provide more personalized and effective healthcare interventions. Despite its high potential, precision nutrition faces significant clinical implementation challenges, particularly concerning data collection, outcome evaluation, and ethnic diversity. Continued technological advancements and further research are essential to facilitate practical clinical applications in the future.

Keywords: precision nutrition, nutrigenetics, obesity, metabolic syndrome

บทนำ

โรคอ้วนเป็นปัญหาด้านสุขภาพระดับโลกที่มีความรุนแรงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในเด็กและวัยรุ่น ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออัตราการเกิดโรคอ้วนในผู้ใหญ่ และก่อให้เกิดความกังวลถึงแนวโน้มของภาวะเมตาบอลิกซินโดรมตั้งแต่วัยน้อย ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาด้านเมตาบอลิซึมที่ต่อเนื่องตลอดชีวิต อัตราความชุกของโรคอ้วนที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่น ๆ ตามมา เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น ปัจจุบันยังไม่มีประเทศใดที่สามารถจัดการกับปัญหาการเพิ่มขึ้นของโรคอ้วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะภูมิภาคเอเชียและแอฟริกา ซึ่งกำลังเผชิญกับการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้โรคอ้วนยังส่งผลกระทบร้ายแรงทางเศรษฐกิจ โดยมีการคาดการณ์ว่าภายในปี ค.ศ. 2035 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติทั่วโลก (gross domestic product; GDP) จะลดลงถึงร้อยละ 2.9 หรือมีมูลค่าความเสียหายประมาณ 4 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐ⁽¹⁾ หากไม่มีมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมสถานการณ์นี้ อาจเกิดผลกระทบเชิงลบต่อเศรษฐกิจ แรงงาน และภาคธุรกิจในวงกว้าง ซึ่งการ

แพร่ระบาดของโรคอ้วนนี้มีความสัมพันธ์กับกระแสโลกาภิวัตน์ที่นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมอย่างรวดเร็ว โดยมีปัจจัยสำคัญทางสังคม เช่น บริโภคนิยม (consumerism) วัตถุนิยม (materialism) และสุขนิยม (hedonism) ซึ่งมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการบริโภคและวิถีชีวิตของประชากรในหลายประเทศ⁽²⁾ โดยเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคอาหารแปรรูป อาหารสำเร็จรูป หรืออาหารจานด่วนที่ให้พลังงานสูง รวมถึงการใช้ชีวิตแบบเนือยนิ่ง (sedentary lifestyle) ที่ล้วนเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดโรคอ้วนมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามในหลายประเทศจึงมีการออกมาตรการทางกฎหมาย เช่น การจัดเก็บภาษีความหวานเพื่อควบคุมการบริโภคน้ำตาล การส่งเสริมการผลิตและบริโภคอาหารสุขภาพ การควบคุมโฆษณาอาหารที่มีไขมัน น้ำตาล และโซเดียมสูง รวมถึงสร้างความตระหนักรู้ด้านสุขภาพแก่ประชาชนเพื่อสนับสนุนการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงของโรคอ้วน ป้องกันความสูญเสียด้านสุขภาพ ยกระดับคุณภาพชีวิต และบรรเทาผลกระทบทางเศรษฐกิจของประเทศในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวคิดโภชนาการแม่นยำ

ช่วงที่ผ่านมาแนวทางในการจัดการโรคอ้วนได้เน้นไปที่การจำกัดพลังงานจากอาหาร การเพิ่ม

กิจกรรมทางกาย การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การใช้ยา และการผ่าตัดลดน้ำหนัก โดยเน้นการดูแลผู้ป่วยแบบเฉพาะรายและให้ผู้ป่วยเป็นศูนย์กลาง แนวทางดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดใหม่ที่เรียกว่า “โภชนาการแม่นยำ (precision nutrition)” ซึ่งมุ่งเน้นการปรับคำแนะนำด้านโภชนาการให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคล โดยไม่ได้พิจารณาเฉพาะพฤติกรรมการบริโภคอาหารเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงปัจจัยเฉพาะบุคคลอื่น ๆ ที่มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคอ้วน (Figure 1) เช่น ความแตกต่างในระดับยีนและกลไกการควบคุมเหนือยีน ความผิดปกติของระบบต่อมไร้ท่อ ประวัติสุขภาพ ผลข้างเคียงจากการใช้ยา และสภาพแวดล้อม⁽³⁾ โภชนาการแม่นยำ หรือโภชนาการเฉพาะบุคคลนี้พัฒนาขึ้นจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของเทคโนโลยีโอมิกส์ (omics) ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูลทางชีววิทยาในระดับโมเลกุลอย่างครอบคลุม ทั้งด้านโครงสร้าง หน้าที่ และการเปลี่ยนแปลงแบบพลวัตของเซลล์หรือสิ่งมีชีวิตในบริบทเฉพาะ โดยประกอบด้วยศาสตร์ต่าง ๆ เช่น จีโนมิกส์ (genomics) ซึ่งศึกษาโครงสร้างทางพันธุกรรมเอพิเจเนติกส์ (epigenetics) ที่ศึกษากลไกการควบคุมการแสดงออกของยีนโดยไม่เปลี่ยนแปลงลำดับเบสของดีเอ็นเอ ทรานสคริปโตมิกส์ (transcriptomics) ที่ศึกษาการแสดงออกของยีนในระดับอาร์เอ็นเอ โปรตีโอมิกส์ (proteomics) ที่ศึกษาการแสดงออก

ของโปรตีน เมทาโบลอมิกส์ (metabolomics) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารเมตาบอไลต์ และเมทาจีโนมิกส์ (metagenomics) ที่ศึกษาจีโนมของจุลินทรีย์⁽⁴⁾ อย่างไรก็ตามเทคโนโลยี single-omics ยังไม่สามารถสะท้อนภาพรวมความสัมพันธ์ระหว่างโภชนาการกับโรคอ้วนได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแนวทางการบูรณาการข้อมูลแบบ multi-omics ที่สามารถวิเคราะห์ผลกระทบของสารอาหารต่อร่างกายได้อย่างครอบคลุมและแม่นยำมากขึ้น โดยเฉพาะการศึกษาความแปรผันของพันธุกรรมในรูปแบบของสแน็ปส์ (single nucleotide polymorphisms; SNPs) ซึ่งเป็นความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงนิวคลีโอไทด์เพียงตำแหน่งเดียว ส่งผลต่อการตอบสนองต่อสารอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล โดยหลักฐานจากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (systematic review) ชี้ให้เห็นว่าการให้คำแนะนำด้านโภชนาการแบบแม่นยำ หรือแบบเฉพาะบุคคล ที่อาศัยการบูรณาการข้อมูลจากหลายมิติ ได้แก่ พฤติกรรมการบริโภคอาหาร ระดับกิจกรรมทางกาย ลักษณะที่ปรากฏซึ่งสะท้อนการแสดงออกของยีน (phenotype) และข้อมูลทางพันธุกรรม (genotype) มีศักยภาพในการส่งเสริมพฤติกรรมบริโภคอาหารและผลลัพธ์ด้านสุขภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการให้

คำแนะนำโภชนาการแบบทั่วไปที่ใช้แนวทางเดียวกันสำหรับทุกคน⁽⁵⁾

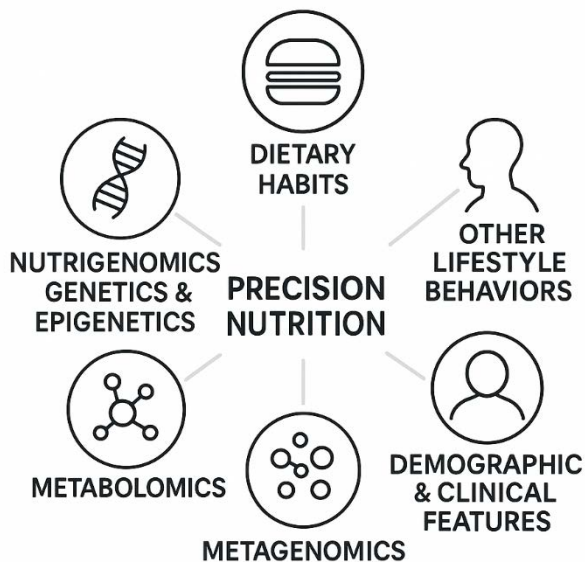


Figure 1 Overview of an integrative precision nutrition framework that incorporates genetic predispositions, metabolic profiles, dietary patterns, and lifestyle behaviors

ดังนั้นการพัฒนาระบบการให้คำปรึกษาด้านโภชนาการในปัจจุบัน จึงต้องอาศัยองค์ความรู้ทางด้านโภชนพันธุศาสตร์ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลพันธุกรรม เพื่อใช้ระบุความต้องการสารอาหาร ความไว หรือการตอบสนองต่ออาหารแต่ละประเภท ความสามารถในการดูดซึม และการนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนการประเมินสมรรถนะทางกีฬาและการ

ออกกำลังกาย⁽⁶⁾ เพื่อประกอบการให้คำแนะนำสำหรับปรับปรุงภาวะโภชนาการที่แม่นยำเฉพาะบุคคล โดยแบ่งเป็นสองแขนงหลัก ได้แก่ นิวทริจีโนมิกส์ (nutrigenomics) ซึ่งมุ่งศึกษาผลของสารอาหาร หรือองค์ประกอบของอาหารที่มีผลต่อการแสดงออกของยีน และนิวทริเจเนติกส์ (nutrigenetics) ซึ่งเน้นการศึกษาความแปรผันทางพันธุกรรมที่ส่งผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของสารอาหาร โดยเฉพาะการศึกษารูปแบบการกลายพันธุ์แบบสลิปส์ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมกับลักษณะที่แสดงออก รวมถึงใช้ประเมินความเสี่ยงหรือแนวโน้มในการเกิดโรคเฉพาะบุคคล โดยบทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยในปัจจุบัน เพื่อสร้างความเข้าใจถึงศักยภาพของโภชนาการแม่นยำที่อาจมีบทบาทสำคัญในการจัดการโรคอ้วนในอนาคต ซึ่งให้ความสำคัญกับแนวทางการดูแลเฉพาะบุคคลโดยอาศัยองค์ความรู้เกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างอาหารกับยีน (gene-diet interaction) หรือโภชนพันธุศาสตร์

โภชนาการแม่นยำและพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับโรคอ้วนและเมตาบอลิกซินโดรม

อ้วนลงพุง หรือภาวะเมตาบอลิกซินโดรม เป็นกลุ่มอาการที่ประกอบด้วยความผิดปกติ

หลาย ๆ อย่างรวมกัน โดยจะต้องมีอย่างน้อย 3 ใน 5 เกณฑ์⁽⁷⁾ ดังต่อไปนี้

1. เส้นรอบเอวมากกว่าหรือเท่ากับ 80 เซนติเมตรในผู้หญิง และมากกว่าหรือเท่ากับ 90 เซนติเมตรในผู้ชาย
2. ระดับน้ำตาลในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 100 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
3. ระดับไขมันไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) มากกว่าหรือเท่ากับ 150 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร
4. ระดับไขมันเอชดีแอล (HDL) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในผู้หญิง และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรในผู้ชาย
5. ระดับความดันโลหิตสูงกว่า 130/85 มิลลิเมตรปรอท

กลุ่มอาการผิดปกติเหล่านี้มักเกิดร่วมกับผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกินหรือโรคอ้วน โดยถือเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่นำไปสู่การเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอ้วนเป็นหนึ่งในโรคทางเมตาบอลิกที่ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางในงานวิจัยด้านโภชนาการ โดยพบว่า แม้ปัจจัยด้านพฤติกรรม อาทิ รูปแบบการรับประทานอาหารและการออกกำลังกาย จะมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดโรคอ้วน อย่างไรก็ตามยังพบการตอบสนองต่อแนวทางการลดน้ำหนักที่

แตกต่างกันในแต่ละบุคคล ซึ่งสะท้อนถึงบทบาทของปัจจัยทางพันธุกรรมที่มีอิทธิพลต่อการควบคุมน้ำหนักตัว และการกำหนดแนวทางโภชนาการเฉพาะบุคคล ตัวอย่างเช่น บางการศึกษารายงานว่า น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสมีส่วนในการเพิ่มจำนวนเซลล์ไขมันและน้ำหนักตัว^(8,9) ในขณะที่บางการศึกษากลับไม่พบความสัมพันธ์ดังกล่าวระหว่างการบริโภคคาร์โบไฮเดรตหรือไขมันกับน้ำหนักตัว⁽¹⁰⁾ ข้อค้นพบที่แตกต่างกันเหล่านี้สะท้อนให้เห็นความหลากหลายในการตอบสนองต่อสารอาหารในแต่ละบุคคล และชี้ให้เห็นว่าปัจจัยทางชีววิทยาและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ อาจมีบทบาทสำคัญในการกำหนดลักษณะและความรุนแรงของโรคอ้วน

งานวิจัยด้านโภชนาการพันธุศาสตร์ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสนิปส์ที่มีผลต่อองค์ประกอบของร่างกาย (body composition) วิธีส่งสัญญาณตัวรับอินซูลิน (insulin signaling pathway) และปัจจัยด้านอาหารต่อการควบคุมสมดุลของระดับน้ำตาลและไขมันในผู้ที่ เป็นโรคอ้วนหรือโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ซึ่งพบว่าสนิปส์มีบทบาทสำคัญในการก่อให้เกิดความแตกต่างของการตอบสนองต่ออาหารในแต่ละบุคคล และสามารถใช้เป็นเครื่องมือทำนายความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ^(11,12) กลุ่มที่มีความเสี่ยงทางพันธุกรรมสูงจึงมีแนวโน้มสะสมไขมันได้ง่ายกว่า ตัวอย่างการศึกษาความสัมพันธ์

ระหว่างสปีส์จำนวน 16 ตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคอ้วน หรือกระบวนการเผาผลาญไขมัน พบว่าอาสาสมัครในกลุ่มที่มีแอลลีล (allele) เสี่ยงมากกว่า 7 ตำแหน่ง จะมีค่าดัชนีมวลกาย มวลไขมันในร่างกาย เส้นรอบเอว และอัตราส่วนเส้นรอบเอวต่อสะโพกสูงกว่ากลุ่มที่มีจำนวนแอลลีลเสี่ยงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 ตำแหน่ง นอกจากนี้ยังพบว่า การปรับเปลี่ยนรูปแบบการบริโภคสารอาหารหลัก (macronutrients) สามารถส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความเสี่ยงทางพันธุกรรมและลักษณะการสะสมไขมันในร่างกายได้⁽¹³⁾ การศึกษาทางนิเวศวิทยาเชิงประชากรยังพบสปีส์หลายตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญสารอาหารหลักซึ่งสัมพันธ์กับโรคอ้วนและภาวะเมตาบอลิกซินโดรมในปัจจุบัน (Table 1) เช่น สปีส์ของยีน *FTO* ซึ่งมีบทบาทต่อการควบคุมการเผาผลาญพลังงาน การสะสมไขมันในร่างกาย การตอบสนองต่อสารอาหาร และการตอบสนองต่อการรักษาที่แตกต่างกันในแต่ละบุคคล⁽¹⁴⁾ รวมถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *APOA1* *APOA2* *APOA5* และ *APOC3* ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการ

เกิดภาวะเมตาบอลิกซินโดรม เนื่องจากเป็นกลุ่มยีนที่เข้ารหัสโปรตีนอะโปไลโปโปรตีน (apolipoproteins) ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมระดับไขมันในเลือด เช่น apolipoprotein A-I และ A-II เป็นโปรตีนสำคัญที่เป็นส่วนประกอบหลักของเอชดีแอล (high-density lipoprotein, HDL) ที่นำคอเลสเตอรอลส่วนเกินออกจากหลอดเลือด จึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ขณะที่ apolipoprotein A-V และ C-III เกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือด รวมถึงยีน *PPARG* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองต่ออินซูลินและการสร้างไขมัน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่สำคัญของงานวิจัยด้านนี้ คือ ข้อมูลส่วนใหญ่มาจากการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นชาวคอเคซอยด์ (Caucasoid) ในขณะที่ประชากรกลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ยังมีข้อมูลการศึกษาที่จำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในกลุ่มประชากรที่มีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินและประยุกต์ใช้ในทางคลินิกต่อไปในอนาคต

Table 1 Gene-diet interactions and obesity traits

Dietary components	Genes	Population characteristics	number of population	Reported relationship	Outcome and/or traits	Ref.
Energy	<i>MC4R</i>	US women	5,724	+	Body weight	(15)
	<i>FTO</i> , <i>LEP</i> and <i>LEPR</i>	Men with overweight	40	+	Appetite or feeling of fullness	(16)
Carbohydrates	<i>PPARG</i>	Spanish	313	+	BMI	(17)
	<i>ADBR2</i>	Spanish	313	+	Obesity risk	(18)
Total fat	<i>APOA5</i>	US adults	2,280	-	BMI	(19)
	<i>APOA5</i>	Mediterranean adults	1,465	+	BMI	(20)
SFA	<i>APOA2</i>	European and Asian individuals	4,602	+	BMI	(21)
	<i>FTO</i>	French adults	1,754	+	BMI and waist circumference	(22)
Protein	<i>FTO</i>	Adolescents of several ethnicities	1,491	Ethnic differences	BMI and waist circumference	(23)

Note: +, positive association between the SNP (or SNPs); -, negative association between the SNP (or SNPs); SNP, Single-nucleotide polymorphism; SFA, saturated fatty acid; BMI, body mass index

ตัวอย่างการศึกษานิวทริจีโนมิกส์ที่สำคัญซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอาหาร ยีนและการควบคุมสภาวะสมดุลของระบบเมตาบอลิซึมในร่างกาย ได้แก่ ผลของน้ำตาลต่อการแสดงออกของยีน *ChREBP* ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการไกลโคไลซิส

(glycolysis) หรือการสลายกลูโคสเพื่อให้พลังงาน ผลของไขมันต่อการแสดงออกของยีน *PPARs* ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเผาผลาญไขมัน และผลของโปรตีนต่อการแสดงออกของยีน *ATF4* และวิถีสัญญาณ mTOR ซึ่งเป็นโปรตีนกลุ่มไคเนส

(kinase) ที่มีหน้าที่ควบคุมกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น การสังเคราะห์ไขมัน (lipogenesis) นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงการตอบสนองของยีนในผู้ที่มีสุขภาพดี (ไม่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม) เมื่อรับประทานอาหารที่มีไขมันสูง โดยพบว่าการแสดงออกของยีน *MAPK1* *STAT3* และ *TGFB3* ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมวิถี mTOR มีระดับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ที่มีภาวะเมตาบอลิกซินโดรม ซึ่งบ่งชี้ถึงความแตกต่างของการตอบสนองทางชีวเคมีระหว่างบุคคล ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การเกิดโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับภาวะเมตาบอลิกซินโดรมที่ผิดปกติ เช่น โรคอ้วน ภาวะดื้อต่ออินซูลิน โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจ และหลอดเลือด^(24,25)

ตัวอย่างการศึกษาที่ออกแบบโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตโดยบูรณาการข้อมูลทางพันธุกรรม เพื่อช่วยปรับพฤติกรรมการบริโภคอาหารทั้งในระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว โดยเปรียบเทียบกับโปรแกรมมาตรฐานในการควบคุมน้ำหนัก (gold standard) ซึ่งจากการศึกษาของ Horne และคณะ⁽²⁶⁾ รายงานว่า อาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับคำแนะนำด้านโภชนาการตามข้อมูลพันธุกรรม (GLB+NGx group) สามารถลดสัดส่วนพลังงานจากไขมันรวมได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังได้รับคำแนะนำ ในระยะเวลา 12 เดือน โดยสัดส่วนพลังงานจาก

ไขมันรวมลดลงจาก $36.0 \pm 4.8\%$ เป็น $30.2 \pm 8.7\%$ ($p = 0.02$) ขณะที่กลุ่มที่ได้รับคำแนะนำตามแนวทางของโปรแกรมมาตรฐานเพียงอย่างเดียว (GLB group) ไม่พบการเปลี่ยนแปลง ในด้านการบริโภคโปรตีน แม้จะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่กลุ่ม GLB+NGx มีระดับการบริโภคโปรตีนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่ม GLB ตลอดระยะเวลาการศึกษาโดยมีค่าเฉลี่ยในช่วง 12 เดือนอยู่ที่ 72.3 ± 24.2 กรัม หรือประมาณ 18.6% ของพลังงานรวม นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่ม GLB+NGx มีความสม่ำเสมอในการปฏิบัติตามคำแนะนำทางโภชนาการได้ดีกว่ากลุ่ม GLB อีกด้วย อย่างไรก็ตามแรงจูงใจในการปฏิบัติตามคำแนะนำด้านโภชนาการเฉพาะบุคคล อาจแตกต่างกันตามเพศ ช่วงวัย ความสนใจ บริบททางสังคมและวัฒนธรรม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการสำรวจกลุ่มเป้าหมาย รวมถึงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีและเทคนิคที่เหมาะสม เพื่อออกแบบโปรแกรมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น กลุ่มผู้ใหญ่มีแนวโน้มใส่ใจสุขภาพมากกว่ากลุ่มวัยรุ่น ขณะที่วัยรุ่นมักให้ความสำคัญกับรูปร่างและความน่าดึงดูดทางสังคม (social attractiveness) และอาหารเพื่อสุขภาพมักเป็นที่นิยมในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย เป็นต้น⁽²⁷⁾

เอพิเจเนติกส์กับโรคอ้วน

เอพิเจเนติกส์ เป็นกระบวนการควบคุมการแสดงออกของยีนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสของดีเอ็นเอ ซึ่งประกอบด้วยกลไกหลัก 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) การเติมหมู่เมทิล (-CH₃) ที่ดีเอ็นเอ (DNA methylation) ซึ่งส่งผลให้ยีนบางตำแหน่งถูกปิดการทำงาน (2) การดัดแปลงโปรตีนฮิสโตน (histone modification) ที่ห่อหุ้มดีเอ็นเอ ทำให้การเข้าถึงดีเอ็นเอเปลี่ยนแปลงไป และ (3) การควบคุมผ่านอาร์เอ็นเอที่ไม่ถอดรหัสเป็นโปรตีน (non-coding RNA) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อการเข้าถึงสารพันธุกรรมและการแสดงออกของยีนในระดับเซลล์⁽²⁸⁾ ที่ผ่านมามีหลักฐานจากการศึกษาที่ชี้ว่า การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เช่น การรับประทานอาหารแบบเมดิเตอร์เรเนียนร่วมกับการออกกำลังกาย หรือการจำกัดพลังงานอาหารอย่างเข้มงวด (very-low calorie diet) ในผู้ที่เป็นโรคอ้วน ส่งผลกระทบต่อกระบวนการเมทิลเลชันของดีเอ็นเอ (DNA methylation) ทำให้การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญไขมันและการอักเสบมีรูปแบบที่ใกล้เคียงกับผู้ที่มีน้ำหนักตัวปกติ^(29,30) นอกจากนี้ยีน *MTHFR* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึมของคาร์บอนหนึ่งอะตอม (one-carbon (1C) metabolism) ทำหน้าที่สังเคราะห์โฮโมไซม์เมทิลลิโนเตตระไฮโดรโฟเลตที่ดักเทส

(5, 10-methylenetetrahydrofolate reductase, MTHFR) ทำให้เกิด 5-methylTHF ซึ่งเป็นซับสเตรทที่ให้หมู่เมทิล (methyl donor) ในกระบวนการเมทิลเลชัน พบว่า การแสดงออกของยีนดังกล่าวถูกควบคุมผ่านกระบวนการเมทิลเลชันบริเวณโปรโมเตอร์ (promoter region) ของยีน และมีความสัมพันธ์กับระดับดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) ที่สูงขึ้นในผู้ที่เป็นโรคอ้วน⁽³¹⁾ ยิ่งไปกว่านั้น กระบวนการ genomic imprinting เป็นกระบวนการที่ควบคุมให้มีการแสดงออกของยีนจากสายพันธุ์กรรมของพ่อหรือแม่เพียงฝ่ายเดียว โดยอีกฝ่ายถูกระงับการแสดงออกผ่านกลไกทางเอพิเจเนติกส์ เช่น การเติมหมู่เคมีบนดีเอ็นเอระหว่างกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และหมู่เคมีเหล่านี้จะคงอยู่ตลอดช่วงชีวิตของบุคคล ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมการแสดงออกของยีนในกระบวนการเมทาบอลิซึม โดยมีการศึกษาที่เก็บตัวอย่างดีเอ็นเอจากทารกซึ่งเกิดจากมารดาที่มีค่าดัชนีมวลกายในเกณฑ์ปกติและมารดาที่เป็นโรคอ้วน พบว่ามีตำแหน่งทางพันธุกรรมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมทิลเลชันแตกต่างกันในบริเวณที่มีความหนาแน่นของ CpG สูง (CpG-dense regions) หนึ่งในยีนที่มีการเปลี่ยนแปลงเมทิลเลชัน ได้แก่ *PTPRN2* ซึ่งเป็นยีนที่สร้างโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหลั่งอินซูลินเพื่อตอบสนองต่อน้ำตาลกลูโคสในร่างกาย⁽³²⁾

ความท้าทายในการประยุกต์ใช้โภชนาการแม่นยำ ในทางคลินิกและทิศทางในอนาคต

เนื่องจากในช่วงปี ค.ศ. 2012-2014 มีการศึกษาภายใต้โครงการ Food4Me ของกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป ซึ่งเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แนวคิดการรับประทานอาหารให้เหมาะสมกับยีนของแต่ละบุคคล และเป็นการทดลองสุ่มแบบมีกลุ่มควบคุม (randomized controlled trial, RCT) ครั้งแรกที่แสดงหลักฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับประสิทธิภาพของโภชนาการเฉพาะบุคคล ซึ่งพบว่าผู้ที่ได้รับคำแนะนำด้านโภชนาการเฉพาะบุคคลมีการปรับปรุงคุณภาพอาหารโดยรวมได้ดีกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบคำแนะนำเฉพาะบุคคลในแต่ละระดับ พบว่าการให้คำแนะนำตามพฤติกรรมกรรมการบริโภคอาหารร่วมกับข้อมูลฟีโนไทป์ (diet and phenotype-based advice) ให้ผลลัพธ์ที่ดีไม่แตกต่างกับการให้คำแนะนำที่เพิ่มข้อมูลพันธุกรรมเข้ามา (diet, phenotype and genotype-based advice)⁽³³⁾ แม้การศึกษานี้จะเป็นหนึ่งในการทดลองทางโภชนาการเฉพาะบุคคลที่ครอบคลุมและมีขนาดใหญ่ที่สุดในปัจจุบัน แต่การใช้ข้อมูลพันธุกรรมยังจำกัดอยู่เพียงยีนกลุ่มหนึ่งที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์รองรับมากที่สุด ในขณะที่นอกจากนี้วิธีการเก็บข้อมูลการบริโภคอาหารที่อาศัยการรายงานตนเองเป็นหลัก อาจทำให้การ

ประเมินปริมาณอาหารมีความคลาดเคลื่อนได้ โดยเฉพาะในการศึกษาระยะยาว ซึ่งผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักตัวมากหรือมีโรคอ้วนมักรายงานปริมาณการบริโภคอาหารที่ต่ำกว่าความเป็นจริง ขณะที่ผู้ที่มีน้ำหนักตัวต่ำกว่ามาตรฐานมักรายงานในปริมาณที่สูงกว่าความเป็นจริง⁽³⁴⁾ รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลและการนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนออกแบบโปรแกรมให้คำปรึกษาต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการทำงานร่วมกัน เช่น การส่งต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างนักวิจัย นักกำหนดอาหาร และผู้ให้บริการทางการแพทย์ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลพันธุกรรมมาใช้ในการให้คำแนะนำด้านอาหารได้อย่างเหมาะสม ดังนั้นในอนาคตการบูรณาการข้อมูลพันธุกรรม โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องความเสี่ยงเชิงพหุยีน (polygenic risk) ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงของการเกิดโรคที่ได้รับอิทธิพลจากการทำงานร่วมกันของยีนหลายตำแหน่ง และการใช้คะแนนความเสี่ยงเชิงพหุยีน (polygenic risk score, PRS) ซึ่งเป็นคะแนนที่คำนวณจากข้อมูลของสnpส์จำนวนมากทั่วทั้งจีโนม โดยแต่ละตำแหน่งมีส่วนสัมพันธ์กับโรคหรือภาวะเป้าหมาย และมีบทบาทสำคัญในการประเมินความเสี่ยงรายบุคคล ทั้งนี้ เมื่อผสานเข้ากับเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์แบบมัลติโอมิกส์ (multi-omics) และปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence, AI) จะช่วยส่งเสริมศักยภาพของแนวทางโภชนาการ

แม่นยำในการป้องกันและจัดการโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยบางการศึกษาในปัจจุบันได้ผนวกความสามารถของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับข้อมูลพันธุกรรม ข้อมูลจุลชีพในลำไส้ในการออกแบบคำแนะนำด้านอาหารที่แม่นยำเฉพาะบุคคล และพบว่าผู้เข้าร่วมการศึกษามีผลลัพธ์ทางคลินิกที่ดีขึ้น⁽³⁵⁾ รวมถึงใช้ปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับข้อมูลสปีส์และเอพิเจเนติกส์ของยีนที่เกี่ยวข้องกับการเผาผลาญไขมันและคาร์โบไฮเดรตในการทำนายความเสี่ยงของโรคอ้วนได้อย่างแม่นยำ⁽³⁶⁾ การออกแบบแนวทางการดำเนินงานหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการในอนาคต จึงควรมุ่งเน้นการบูรณาการข้อมูลแบบองค์รวมจากปัจจัยชีวภาพ พันธุกรรม พฤติกรรม และบริบททางสังคมวัฒนธรรมของแต่ละบุคคล ควบคู่ไปกับการประยุกต์ใช้เทคนิคการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่มีประสิทธิภาพและเป็นระบบ นอกจากนี้การวิจัยควรขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมประชากรที่มีความหลากหลายทั้งด้านเพศ วัย เชื้อชาติ และสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม เพื่อสร้างฐานข้อมูลของยีนที่หลากหลายและเชื่อถือได้ เนื่องจากความชุกของสปีส์ของยีนแต่ละตำแหน่งมีความแตกต่างกันอย่างมากในแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างสปีส์กับฟีโนไทป์อาจไม่สามารถยืนยันผลได้ในประชากรต่างเชื้อชาติ ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดหนึ่งในการประยุกต์ใช้

จึงควรมีการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาทางระบาดวิทยาในกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีใหม่ด้านชีวสารสนเทศ (bioinformatics) ที่สามารถระบุ วิเคราะห์และใช้ประโยชน์จากตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (biomarkers) ที่จำเพาะ มีความไว และแม่นยำได้ รวมถึงการประเมินผลในระยะยาวเพื่อสะท้อนถึงความสามารถในการคงไว้ซึ่งพฤติกรรมสุขภาพอย่างยั่งยืน

บทสรุป

แม้แนวคิดโภชนาการแม่นยำจะยังเป็นศาสตร์ใหม่ที่อยู่ระหว่างการพัฒนา แต่มีหลักฐานบ่งชี้ชัดเจนว่าแนวทางนี้มีศักยภาพในการจัดการและป้องกันโรคอ้วนและภาวะเมตาบอลิกซินโดรมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยปรับเปลี่ยนปัจจัยเสี่ยงสำคัญ เช่น พฤติกรรมการบริโภคอาหาร การออกกำลังกาย น้ำหนักและองค์ประกอบไขมันในร่างกาย รวมถึงระดับไขมัน น้ำตาลในเลือด และภาวะดื้อต่ออินซูลิน ซึ่งเกิดจากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีโอมิกส์ที่ทันสมัย ช่วยให้เข้าใจถึงกลไกเมตาบอลิซึมเฉพาะรายบุคคลและสามารถนำข้อมูลพันธุกรรมและตัวบ่งชี้ทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามการคงไว้ซึ่งพฤติกรรมใหม่ที่เหมาะสมถือเป็นปัจจัยสำคัญในการนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์สุขภาพที่ต้องการได้อย่างยั่งยืน ในการ

พัฒนาแนวทางโภชนาการแม่นยำจึงจำเป็นต้องผสมผสานปัจจัยด้านจีโนมไทป์และฟีโนไทป์ เข้ากับปัจจัยทางจิตสังคม เช่น เป้าหมายด้านสุขภาพเฉพาะบุคคล ความชอบในอาหาร รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่เอื้อหรือเป็นอุปสรรคต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เช่น การสนับสนุนจากครอบครัว สภาพแวดล้อมทางสังคม ตลอดจนความสามารถในการเข้าถึงอาหารหรือข้อมูลด้านสุขภาพ เพื่อช่วยให้อุบุคคลสามารถรักษาพฤติกรรมใหม่ได้ในระยะยาว และมีความยั่งยืน ในอนาคตการลดต้นทุนและเพิ่มความแม่นยำของเทคโนโลยีโอมิกส์ รวมถึงการ

พัฒนาแนวทางด้านปัญญาประดิษฐ์ จะช่วยทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้อมูลที่หลากหลายทั้งด้านพันธุกรรม ชีวเคมี พฤติกรรม วิถีชีวิต สังคมวัฒนธรรม และประชากรศาสตร์ เพื่อสร้างกรอบการทำงานที่เป็นองค์รวมสำหรับโภชนาการแม่นยำ นอกจากนี้การขยายขอบเขตการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลให้ครอบคลุมประชากรที่มีความหลากหลายทางชาติพันธุ์ พันธุกรรม วัฒนธรรม และเศรษฐกิจสังคม จะช่วยทำให้เกิดความเสมอภาคในการนำแนวคิดนี้ไปใช้ในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคอย่างยั่งยืนในระดับโลกได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Ng M, Gakidou E, Lo J, Abate YH, Abbafati C, Abbas N, et al. Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990-2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the global burden of disease study 2021. *Lancet* 2025;405(10481):813-38.
2. Vandevijvere S, Chow CC, Hall KD, Umali E, Swinburn BA. Increased food energy supply as major driver of the obesity epidemic: a global analysis. *Bull World Health Organ* 2015;93(7):446-56.
3. Cuevas-Sierra A, Ramos-Lopez O, Reizu-Boj JI, Milagro FI, Martinez JA. Diet, gut microbiota, and obesity: links with host genetics and epigenetics and potential applications. *Adv Nutr* 2019;1(10):17-30.
4. Karczewski KJ, Snyder MP. Integrative omics for health and diseases. *Nat Rev Genet* 2018;19(5):299-310.
5. Jinnette R, Narita A, Manning B, McNaughton SA, Mathers JC, Livingstone KM. Does personalized nutrition advice improve dietary intake in healthy adults? A systematic review of randomized controlled trials. *Adv Nutr* 2021;12(3):657-69.
6. Lainumngen N. Nutrigenomics: the personalized nutrition for sport and exercise performance. *JFRPD* 2022;52(3):5-14.
7. National Cholesterol Education Program (NCEP). Third report of the national cholesterol education program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III) final report. *Circulation* 2002;106:3143-421.
8. Magriplis E, Michas G, Petridi E, Chrousos G, Roma E, Benetou V, et al. Dietary sugar intake and its association with obesity in children and adolescents. *Children* 2021;8(8):1-14.
9. Skop-Lewandowska A, Zajac J, Kolarzyk E. Overweight and obesity vs. simple carbohydrates consumption by elderly people suffering from disease of the cardiovascular system. *Ann Agric Environ Med* 2017;24(4):575-80.

10. Kim HN, Song SW. Associations between macronutrient intakes and obesity/metabolic risk phenotype: findings of the Korean national health and nutrition examination survey. *Nutrients* 2019;11(3):1-11.
11. Zhang C, Qi L, Hunter DJ, Meigs JB, Manson JE, Van RM, et al. Variant of transcription factor 7-like 2 (TCF7L2) gene and the risk of type 2 diabetes in large cohort of U.S. women and men. *Diabetes* 2006;55(9):2645-8.
12. Frayling TM, Timpson NJ, Weedon MN, Zeggini E, Freathy RM, Lindgren CM, et al. A common variant in the FTO gene is associated with body mass index and predispose to childhood and adult obesity. *Science* 2007;316(5826):889-94.
13. Goni Leticia, Cuervo M, Milagro FI, Martinez A. A genetic risk tool for obesity predisposition assessment and personalized nutrition implementation based on macronutrient intake. *Genes Nutr* 2015;10(1):445-51.
14. Omar RL, Inaki ML, Alfredo MJ. Precision nutrition based on phenotypical traits and the (epi)genotype: nutrigenetic and nutrigenomic approaches for obesity care. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2021;24(4):315-25.
15. Qi L, Kraft P, Hunter DJ, Hu FB. The common obesity variant near MC4R gene is associated with higher intakes of total energy and dietary fat, weight change and diabetes risk in women. *Hum Mol Genet* 2008;17(22):3502-8.
16. Dougkas A, Yaqoob P, Givens DI, Reynolds CK, Minihafe AM. The impact of obesity-related SNP on appetite and energy intake. *Br J Nutr* 2019;110(6):1151-6.
17. Marti A, Corbalan MS, Martinez-Gonzalez MA, Forga L, Martinez JA. CHO intake alters obesity risk associated with Pro12Ala polymorphism of PPAR γ gene. *J Physiol Biochem* 2002;58:219-20.
18. Martinez Ja, Corbalan MS, Sanchez-Villegas A, Forga L, Marti A, Martinez-Gonzalez MA. Obesity risk is associated with carbohydrate intake women carrying the Gln27Glu beta2-adrenoceptor polymorphism. *J Nutr* 2003;133(8):2549-54.
19. Corella D, Lai CQ, Demissie S, Cupples LA, Manning AK, Tucker KL, Ordovas JM. APOA5 gene variation modulates the effect of dietary fat intake on body mass index and obesity risk in the Framingham heart study. *J Mol Med (Berl)* 2007;85(2):119-28.
20. Sanchez-Moreno C, Ordovas JM, Smith CE, Baraza J, Lee YC, Garaulet M. APOA5 gene variation interacts with dietary fat intake to modulate obesity and circulating triglycerides in a Mediterranean population. *J Nutr* 2011;141(3):380-5.
21. Corella D, Tai ES, Sorli JV, Chew SK, Coltell O, Sotos-Prieto M, et al. Association between the APOA2 promoter polymorphism and body-weight in Mediterranean and Asian populations. Replication of a gene-saturated fat interaction. *Int J Obes (Lond)* 2010;35(5):666-75.
22. Philips CM, Kesse-Guyot E, McManus R, Hercberg S, Lairon D, Planells R, et al. High dietary saturated fat intake accentuates obesity risk associated with the fat mass and obesity-associated gene in adults. *J Nutr* 2012;142(5):824-31.
23. Merritt DC, Jamnik J, El-Sohemy A. FTO genotype, dietary protein intake, and body weight in a multiethnic population of young adults: a cross-sectional study. *Genes Nutr* 2018;13(4):1-10.
24. Haro D, Marrero P, Relat J. Nutritional regulation of gene expression: carbohydrate-, fat-, and amino acid-dependent modulation of transcriptional activity. *Int J Mol Sci* 2019;20(6):1-21.
25. Dordevic AL, Coort SL, Evelo CT, Murgia C, Sinclair AJ, Bonham MP, et al. Blunted nutrient-response pathways in adipose tissue following high fat meals in men with metabolic syndrome: a randomized postprandial transcriptomic study. *Clin Nutr* 2021;40(3):1355-66.

26. Horne J, Gilliland J, Connor C, Seabrook J, Madill J. Enhanced long-term dietary change and adherence in a nutrigenomics-guided lifestyle intervention compared to a population-based (GLB/DPP) lifestyle intervention for weight management: results from the NOW randomized controlled trial. *BMJ Nutr Prev Health* 2020;3(1):49-59.
27. Munt AE, Partridge SR, Allman-Farinelli M. The barriers and enablers of healthy eating among young adults: a missing piece of the obesity puzzle: a scoping review. *Obes Rev* 2017;18(1):1-17.
28. Kaspar D, Hastreiter S, Irmeler M, Angelis MH, Beckers J. Nutrition and its role in epigenetic inheritance of obesity and diabetes across generations. *Mamm Genome* 2020;31:119-133.
29. Gallardo-Escribano C, Buonaiuto V, Ruiz-Moreno MI, Vargas-Candela A, Vilches-Perez A, Benitez-Porres J, et al. Epigenetic approach in obesity: DNA methylation in a prepubertal population which underwent a lifestyle modification. *Clin Epigenetics* 2020;12(144):1-14.
30. Crujeiras AB, Izquierdo AG, Primo D, Milagro FI, Sajoux I, Jacome A, et al. Epigenetic landscape in blood leukocytes following ketosis and weight loss induced by a very low calorie ketogenic diet (VLCKD) in patients with obesity. *Clin Nutr* 2021;40(6):3959-72.
31. Bordoni L, Petracci I, Młodzik-Czyzewska M, Malinowska AM, Szwengiel A, Sadowski M, et al. Mitochondrial DNA and epigenetics: investigating interactions with the one-carbon metabolism, in obesity. *Oxid Med Cell Longev* 2022;2022:1-12.
32. Sasaki A, Murphy KE, Briollais L, McGowan PO, Matthews SG. DNA methylation profiles in the blood of newborn term infants born to mothers with obesity. *PLoS One* 2022;17(5):e0267946.
33. Celis-Morales C, Livingstone KM, Marsaux CFM, Macready AL, Fallaize R, O'Dovan CB, et al. Effect of personalized nutrition on health-related behaviour change: evidence from the Food4Me European randomized controlled trial. *Int J Epidemiol* 2017;46(2):578-88.
34. Lutonski J, Broeck JV, Harrington J, Shiely F, Perry IJ. Sociodemographic, lifestyle, mental health and dietary factors associated with direction of misreporting of energy intake. *Public Health Nutr* 2010;14(3):1-10.
35. Connell J, Toma R, Ho C, Shen N, Moura P, Cai Y, et al. Data-driven precision nutrition improves clinical outcomes and risk scores for IBS, depression, anxiety, and T2D. *Am J Lifestyle Med* 2023;23.
36. Lee YC, Christensen JJ, Parnell LD, Smith CE, Shao J, McKeown NM, et al. Using machine learning to predict obesity based on genome-wide and epigenome-wide, gene-gene and gene-diet interactions. *Front Genet* 2022;12:1-11.

นวัตกรรมโยเกิร์ตฟังก์ชัน: การผสานโพรไบโอติกส์และสารหายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ

รุดจิรา ทรัพย์ทอง¹, เพชรพริ้ง แก้วประพาฬ², วีรดา กิตติวิเศษกุล²,
เขมิกา คำอ้ายอุด³ และวนิดา ปานอุทัย^{4*}

¹ แขนงวิชานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ชีวภาพ ภาควิชาจุลชีววิทยาอุตสาหกรรมอาหารและนวัตกรรมชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

³ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

⁴ ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: ifrwdp@ku.ac.th

รับเมื่อ 8 พฤษภาคม 2568 แก้ไขเมื่อ 14 กรกฎาคม 2568 ตอรับเมื่อ 16 กรกฎาคม 2568

จุดเด่น

- พัฒนาโยเกิร์ตฟังก์ชันโดยผสานโพรไบโอติกส์และสารหายสไปรูลินาเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ
- สารหายสไปรูลินาช่วยเสริมฤทธิ์โพรไบโอติกส์ เพิ่มสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและเสริมภูมิคุ้มกัน
- ผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามารถขยายตลาดอาหารสุขภาพและอาหารฟังก์ชันในอนาคต
- สนับสนุนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ

บทคัดย่อ

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่บริโภคกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะในแง่ของโปรตีน แคลเซียม และโพรไบโอติกส์ที่สนับสนุนสุขภาพของระบบย่อยอาหาร กระบวนการหมักซึ่งใช้แบคทีเรียกรดแล็กติก ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการเท่านั้น แต่ยังปรับปรุงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การใช้สารหายสไปรูลินาซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนที่สูงถึงร้อยละ 60–70 ของน้ำหนักแห้ง จะให้สารประกอบชีวภาพที่

ให้ประโยชน์ต่อด้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโยเกิร์ตที่เสริมด้วยสไปรูลิน่าบ่งชี้ว่าไม่เพียงแต่จะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมสุขภาพของระบบย่อยอาหาร และอาจช่วยป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้ ดังนั้น การผสมผสานระหว่างสไปรูลิน่าและโพรไบโอติกส์เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพทั้งทางโภชนาการและเศรษฐกิจในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในอุตสาหกรรมอาหารและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่เน้นสมบัติเชิงหน้าที่เฉพาะด้าน เพื่อรองรับแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์สุขภาพที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: โยเกิร์ตโพรไบโอติกส์ สาหร่ายสไปรูลิน่า อาหารฟังก์ชัน การหมัก สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

Innovative functional yogurt: integration of probiotics and algae for enhanced nutritional value and health benefits

Rudjira Sabthong¹, Petchpring Kaewprapal², Wirada Kittiwisetkul², Khemika Khamaiaut³ and Wanida Pan-utai^{4*}

¹ Bioinnovation Products Program, Department of Industrial Food Microbiology and Biotechnological Innovation, Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

² Department of Food Science and Technology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University

³ Department of Agro-Industrial Biotechnology, Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University

⁴ Department of Applied Microbiology, Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

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

Received 8 May 2025; **Revised** 14 July 2025; **Accepted** 16 July 2568

Highlights

- A functional yoghurt was developed by incorporating probiotics with *Spirulina platensis* to enhance nutritional and health-promoting properties.
- The incorporation of *Spirulina* enhances probiotic viability and supplies bioactive compounds with antioxidant and immune-supportive properties.
- The formulated product responds to the rising demand for functional dairy foods that align with health and wellness trends.
- Promotes the sustainable utilization of natural bioresources in the advancement of functional food innovation.

Abstract

Yogurt is a widely consumed dairy product globally, distinguished by its substantial nutritional profile, notably in proteins, calcium, and probiotics that facilitate gastrointestinal

health. The fermentation process, mediated by lactic acid bacteria (LAB), not only enhances the organoleptic qualities and nutritional content but also improves sensory attributes and prolongs shelf life. Moreover, the inclusion of *Spirulina*, a nutrient-rich alga boasting 60–70% protein on a dry-weight basis, further contributes bioactive compounds known for their antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory effects. Current research indicates that spirulina-enriched yogurt not only augments nutritional value but also fosters digestive health and may contribute to the prevention of chronic non-communicable diseases. Consequently, integrating *Spirulina* with probiotics in yogurt embodies a strategic approach for advancing health-oriented food products, offering both nutritional and economic benefits. This combination can be utilized in the development of prototype foods with specific functional properties to address the increasing consumer demand for health-promoting foods.

Keywords: Probiotic yoghurt, *Spirulina*, Functional foods, Fermentation, Bioactive compounds

บทนำ

ในปัจจุบัน อาหารเพื่อสุขภาพได้รับความนิยมนิยมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการดูแลสุขภาพและการบริโภคอาหารที่ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งอุดมไปด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ที่มีบทบาทในการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร

⁽¹⁾ โยเกิร์ตถูกจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นแหล่งของสารอาหารสำคัญหลายชนิด เช่น โปรตีน ไรโบฟลาวิน วิตามินบี 6 วิตามินบี 12 และแคลเซียม ⁽²⁾ โดยเฉพาะโปรตีนจากสัตว์ซึ่งยังคงเป็นแหล่งโปรตีนหลักที่มีความต้องการสูงทั่วโลก และมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทำงานของร่างกาย รวมถึงส่งผลต่อคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์อาหาร ⁽³⁾

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการควบคู่ไปกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคยอมรับได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง หนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมคือการเติมส่วนประกอบจากธรรมชาติ เช่น สาหร่ายสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ซึ่งมีรายงานว่าสามารถช่วยเสริมสมรรถภาพของโยเกิร์ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ^{(4),(5)} โดยสาหร่ายชนิดนี้อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น

ไฟโคไซยานิน เบตาแคโรทีน แซนโทฟิลล์ และสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีบทบาทในการต้านอนุมูลอิสระ ⁽⁵⁾ การเติมสาหร่ายในโยเกิร์ตจึงมีศักยภาพในการเพิ่มคุณสมบัติทางโภชนาการ และสามารถพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่ตอบโจทย์ตลาดสุขภาพได้ ⁽⁶⁾

ในยุคที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและส่งเสริมสุขภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีสมบัติเชิงหน้าที่จึงได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง การเสริมสาหร่ายลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยเฉพาะในสูตรที่ใช้โพรไบโอติกส์มีศักยภาพในการเพิ่มคุณสมบัติทางชีวภาพและคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยบำรุงสุขภาพ เป็นต้น นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการทำแห้ง เช่น การแช่เยือกแข็ง (freeze-drying) และการอบแห้งด้วยลมร้อน ยังมีบทบาทสำคัญในการคงคุณภาพของสารอาหารในสาหร่าย และเหมาะสมต่อการพัฒนาในระดับอุตสาหกรรม ^{(7),(8)} เนื้อหาบทความนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตฟังก์ชันที่มีความแตกต่างทั้งด้านสุขภาพและมูลค่าเพิ่มทางการตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทบาทของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์และแบคทีเรีย แล็กติกในการพัฒนาอาหารหมักเพื่อสุขภาพ

จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ (probiotics) เป็นจุลินทรีย์มีชีวิต เมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมแล้วจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยเฉพาะในการส่งเสริมสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร คำนิยามนี้ไม่ได้รวมถึงจุลินทรีย์ที่มีอยู่เดิมในร่างกายมนุษย์ จุลินทรีย์ที่มักถูกจัดอยู่ในกลุ่มโพรไบโอติกส์ ได้แก่ แบคทีเรียกรดแล็กติก (lactic acid bacteria: LAB) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ และเป็นจุลินทรีย์ที่มีความปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย⁽⁹⁾ ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาความสนใจในจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์และแบคทีเรียกรดแล็กติกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในแง่ของการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหมัก เช่น นมหมัก ผักดอง และผลิตภัณฑ์หมักจากวัตถุดิบที่หลากหลาย เป็นต้น จุลินทรีย์ดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการหมักน้ำตาล เช่น กลูโคสและแล็กโตส เป็นต้น ให้เปลี่ยนเป็นกรดแล็กติก ซึ่งมีผลในการปรับสมดุลค่าพีเอช และส่งเสริมรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของผลิตภัณฑ์⁽¹⁰⁾ สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ถูกใช้เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น (starter culture) จะมีความสามารถในการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดอินทรีย์ รวมถึงการสังเคราะห์สารชีวภาพที่มีผลต่อรสชาติและกลิ่นของอาหารหมักอย่างชัดเจน⁽¹¹⁾ ในการยกระดับคุณภาพ

อาหารหมัก ไม่เพียงแต่ในผลิตภัณฑ์นม แต่ยังรวมถึงเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ ธัญพืช และน้ำปลาหมัก ซึ่งทั้งหมดนี้มีความเกี่ยวข้องกับการส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ^{(11),(12)} การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ในระบบทางเดินอาหาร สามารถทำได้ 2 แนวทางหลัก คือ แนวทางที่หนึ่ง การบริโภคอาหารที่มีจุลินทรีย์มีชีวิตซึ่งสามารถเข้าไปยึดเกาะที่ผนังลำไส้ ช่วยป้องกันการเจริญของเชื้อก่อโรค เสริมการดูดซึมสารอาหาร และปรับสมดุลภูมิคุ้มกัน วิธีนี้เรียกว่า “การบริโภคโพรไบโอติก” ขณะที่แนวทางที่สอง คือ การบริโภคสารอาหารประเภทใยอาหารหรือไฟเบอร์ที่ไม่ถูกย่อยโดยร่างกายมนุษย์ แต่ทำหน้าที่เป็นอาหารสำหรับโพรไบโอติกส์ในลำไส้ เพื่อเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งเรียกว่า “พรีไบโอติกส์” นอกจากนี้ การคงสภาพชีวิตของโพรไบโอติกส์ในผลิตภัณฑ์ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น ระยะเวลาและอุณหภูมิการเก็บรักษา เป็นต้น หากอุณหภูมิสูงเกินไปอัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์อาจลดลงอย่างมีนัยสำคัญ⁽¹²⁾

ในกระแสโลกที่หันมาให้ความสำคัญกับอาหารจากธรรมชาติและดีต่อสุขภาพ อาหารหมักได้กลายเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ได้รับความนิยม โดยเฉพาะการรวม “สาหร่าย” เข้ากับกระบวนการหมัก ซึ่งเป็นแนวโน้มใหม่ที่ได้รับความสนใจเพิ่มจากการหมักสาหร่ายนอกจากช่วยเพิ่มคุณค่าทาง

โภชนาการและความสามารถในการย่อยแล้ว ยังช่วยเสริมคุณสมบัติเชิงสุขภาพ เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านการอักเสบ และด้านจุลชีพ เป็นต้น กระบวนการหมัก หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพที่จุลินทรีย์ เช่น ยีสต์หรือแบคทีเรีย เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดอินทรีย์หรือแอลกอฮอล์⁽¹³⁾ ในกรณีของสาหร่าย กระบวนการเตรียมก่อนการหมักอาจรวมถึงการอบแห้งหรืออบเพื่อเปิดผนังเซลล์และปล่อยสารอาหารภายใน โดยจุลินทรีย์ที่อยู่บนผิวของสาหร่ายจะเริ่มย่อยสลายน้ำตาลและสารอินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งสารประกอบที่ช่วยพัฒนารสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์⁽¹⁴⁾

จากคุณสมบัติที่หลากหลาย สาหร่ายจึงกลายเป็นวัตถุดิบสำคัญที่มีศักยภาพในการผลิตอาหารหมักสมัยใหม่ โดยเฉพาะในกลุ่มผลิตภัณฑ์

นม เช่น โยเกิร์ต ครีม ชีส ของหวาน รวมถึงผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ การใช้สาหร่ายเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักที่อุดมด้วยสารเมตาโบไลต์จากธรรมชาติช่วยยกระดับคุณค่าทางอาหาร และเปิดโอกาสในการสร้างกลุ่มผลิตภัณฑ์ใหม่ในตลาดอาหารหมักเพื่อสุขภาพ⁽¹⁵⁾

โพรไบโอติกส์และแบคทีเรียแล็กติกมีบทบาทสำคัญทั้งในการผลิตกรดแล็กติก พัฒนารสชาติ เนื้อสัมผัส และส่งเสริมสุขภาพผู้บริโภค ผ่านกลไกการปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และสร้างสารต้านจุลชีพตามธรรมชาติแบคทีริโอซิน (bacteriocins) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ โดยสรุปรายละเอียดชนิดจุลินทรีย์ หน้าที่เฉพาะ และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ แสดงรายละเอียดดัง Table 1

Table 1 Exploring the role of probiotics and lactic acid bacteria in functional fermented products

Microorganism	Function	Types of products
- <i>Lactobacillus bulgaricus</i> ⁽¹⁶⁾	- Lactic acid production - Flavor development	- Yogurt
- <i>Lactobacillus helveticus</i> - <i>Streptococcus lactis</i> ⁽¹⁷⁾	- Proteolysis - Bioactive peptide production - Milk acidification - Fermentation starter	- Swiss cheese - Yogurt - Cheese - Cultured dairy
- <i>Lactobacillus acidophilus</i> - <i>Bifidobacterium infantis</i> - <i>Pediococcus acidilactici</i> ⁽¹⁸⁾	- Probiotic - Improves gut health - Maintains gut health in infants - Bacteriocin	- Yogurt - Probiotic drinks - Infant formula - Fermented milk

Microorganism	Function	Types of products
- <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> ⁽¹⁹⁾	- Produces antimicrobial substances - Improves nutritional value	- Yogurt - Fermented milk
- <i>Lactobacillus casei</i> ⁽²⁰⁾	- Probiotic - Enhances digestion	- Yogurt - Cheese
- <i>Leuconostoc mesenteroides</i> ⁽²¹⁾	- Produces sour flavor and aroma - Organic acids - Carbon dioxide (CO ₂)	- Sour cream - Butter - Certain types of cheese
- <i>Bifidobacterium bifidum</i> ⁽²²⁾	- Probiotic - Supports the immune system	- Kefir - Yogurt - Infant formula
- <i>Bifidobacterium breve</i> ⁽²³⁾	- Antimicrobial activity - Modulates gut flora	- Dairy-based probiotic drinks
- <i>Bifidobacterium longum</i> ⁽²⁴⁾	- Digestion support reduces inflammation	- Yogurt - Functional foods
- <i>Streptococcus thermophilus</i> - <i>Streptococcus cremoris</i> ⁽²⁵⁾	- Acid production - Texture improvement - Flavor and texture enhancement	- Yogurt - Cheese - Sour cream - Butter milk - Soft cheese
- <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>Lactis</i>	- Acid production - Casein coagulation	- Cheese - Fermented milk
- <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>Cremoris</i> ⁽²⁶⁾	- Flavor development - lactic acid production	- Cheese - Sour cream
- <i>Enterococcus faecium</i> ⁽²⁷⁾	- Some strains are probiotic	- Dairy probiotics - Cheese

การประยุกต์ใช้สาหร่ายเพื่อเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมอาหารและสุขภาพ

สาหร่ายทะเลเป็นพืชทะเลขนาดใหญ่ที่พบได้ทั่วไปตามแนวชายฝั่งทั่วโลก โดยสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ สาหร่ายสีเขียว (*Chlorophyta*) สาหร่ายสีแดง (*Rhodophyta*) และสาหร่ายสีน้ำตาล

(*Phaeophyta*) ปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลกว่า 220 ชนิดทั่วโลก โดยเฉพาะในกลุ่มลามินาเรีย (คอมบุ) ไพรโอเปีย/พอร์ฟิรา (โนริ) และอุนดาเรีย (วากาเมะ) ซึ่งเป็นสายพันธุ์หลักที่มีการเพาะเลี้ยงอย่างแพร่หลายในภูมิภาคเอเชีย ทั้งเพื่อการบริโภคโดยตรงและใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร

จากรายงานขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO 2018) ระบุว่าประเทศในเอเชียเป็นผู้ผลิตและผู้บริโภคหลักของสาหร่ายทะเลกินได้ และสาหร่ายทะเลมีมูลค่าทางเศรษฐกิจระดับโลกสูงถึง 6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐต่อปี⁽²⁸⁾

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การเพาะเลี้ยงสาหร่ายทะเลเริ่มเป็นที่สนใจในภูมิภาคตะวันตก โดยการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอาหาร อาหารสัตว์ เชื้อเพลิงชีวภาพ และสารชีวภาพ โดยเฉพาะสายพันธุ์ *Saccharina latissima* หรือ “สาหร่ายทะเลหวาน” ซึ่งได้รับความนิยมเนื่องจากมีรสอูมามิอันเป็นเอกลักษณ์ อันเนื่องมาจากกรดกลูตามิกธรรมชาติที่มีอยู่สูง อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของการใช้สาหร่ายทะเลคืออายุการเก็บรักษาสั้น จึงมีความจำเป็นต้องแปรรูปก่อนการขนส่งหรือจำหน่าย เช่น การทำให้แห้ง ซึ่งต้องใช้พลังงานสูงและโครงสร้างพื้นฐานเฉพาะ ทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีแปรรูปทางเลือกได้รับความสนใจมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหมักด้วยจุลินทรีย์^{(29),(30)}

การหมักเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารดั้งเดิมที่ได้รับความนิยมมายาวนาน โดยเฉพาะการใช้จุลินทรีย์กรดแล็กติก (lactic acid bacteria: LAB) ซึ่งเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย (GRAS) จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration : US FDA)^{(29),(30)} การหมัก

ไม่เพียงแต่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมคุณค่าทางโภชนาการและปรับปรุงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นด้วย ในกรณีของสาหร่าย การหมักสามารถย่อยสลายพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างซับซ้อนในสาหร่ายสีน้ำตาล เช่น อัลจิเนตและลามินาริน ให้กลายเป็นน้ำตาลที่ดูดซึมได้ง่าย เช่น กลูโคส ซึ่งมีผลดีต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ และอาจส่งเสริมสุขภาพทางเดินอาหารของผู้บริโภค⁽³¹⁾ แม้ว่าโครงสร้างทางเคมีของสาหร่ายบางชนิดอาจไม่เอื้อต่อการหมักโดยตรง แต่มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย พบว่า การใช้เอนไซม์ช่วยในการย่อยสลายโครงสร้างก่อนการหมักสามารถเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์หมัก^{(31),(32)} เช่น เชื้อเพลิงชีวภาพหรือกรดอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁽³³⁾ โดยเฉพาะการใช้สาหร่ายสีน้ำตาลซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตสูงแต่ย่อยยาก⁽³⁴⁾ การปรับสภาพวัตถุดิบจึงเป็นขั้นตอนสำคัญในการเพิ่มศักยภาพของกระบวนการหมักในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้สาหร่ายที่ได้รับความสนใจมาอย่างยาวนาน คือสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina* หรือ *Arthrospira platensis*) จัดเป็นไซยาโนแบคทีเรีย โดยที่สไปรูลิน่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนที่มากถึง 60–70% ของน้ำหนักแห้ง รวมถึงมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามินแร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ไฟโคไซยานินและพอลิแซ็กคาไรด์เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ

และเสริมภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงบทบาทของสไปรูulina ในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ เป็นต้น^{(34),(35)}

คุณสมบัติที่โดดเด่นเหล่านี้ทำให้สไปรูulina เป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงทั้งในเชิงโภชนาการและเศรษฐกิจ อีกทั้งยังสามารถแปรรูปได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ สำหรับสไปรูulina ในรูปแบบผง แคปซูล เครื่องดื่ม หรืออาหารเพื่อสุขภาพ สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร หนึ่งในจุดเด่นที่น่าสนใจของสไปรูulina คือ รงควัตถุไฟโคไซยานิน ซึ่งเป็นสารให้สีฟ้าธรรมชาติที่มีความปลอดภัยสูง และสามารถใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ในกลุ่ม Brilliant Blue FCF (E133) และ Indigotine (E132) ได้จึงตอบโจทย์ผู้บริโภครุ่นใหม่ที่ใส่ใจสุขภาพและหลีกเลี่ยงสารเติมแต่งสังเคราะห์ในอาหารด้วยคุณสมบัติทั้งด้านโภชนาการและการแปรรูปที่หลากหลาย^{(36),(32)} การพัฒนาผลิตภัณฑ์หมักจากสาหร่ายทั้งในกลุ่มสาหร่ายทะเลและไซยาโนแบคทีเรียจึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงสำหรับการสร้างมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมอาหารและสุขภาพในอนาคต⁽³⁷⁾

การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์และแบคทีเรียแล็กติกในการเสริมคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมที่ได้รับความนิยมทั่วโลก เนื่องจากมีคุณสมบัติทางโภชนาการที่มากมาย โดยเฉพาะการที่โยเกิร์ตเป็นแหล่งโปรตีน แคลเซียม และโพรไบโอติกส์ที่มีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร^{(34),(38)} โดยมีการเพิ่มแบคทีเรียกรดแล็กติกในการผลิตโยเกิร์ตไม่เพียงแต่ช่วยทำให้ได้รสชาติที่ดีขึ้น แต่ยังส่งเสริมสุขภาพในหลายด้าน เช่น การเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน การย่อยอาหาร และการลดระดับคอเลสเตอรอลในร่างกาย ส่งผลให้ได้ว่า “อาหารมหัศจรรย์” ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีหลากหลายรูปแบบที่แตกต่างกันไป เช่น ความแตกต่างทางด้านสี กลิ่น รสชาติ ส่วนผสม และเนื้อสัมผัสที่ได้รับ รวมถึงรูปแบบของการบริโภคในโอกาสต่าง ๆ⁽³⁹⁾

โยเกิร์ตนับเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญที่มีบทบาทอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตลาดยุคปัจจุบันที่มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ด้วยความสะดวกในการบริโภคและความพร้อมในการจัดจำหน่ายสินค้า ทำให้โยเกิร์ตกลายเป็นสินค้าหลักที่พบได้ทั่วไปทั้งในซูเปอร์มาร์เก็ตหรือร้านสะดวกซื้อ และในมื้ออาหารของผู้บริโภคในชีวิตประจำวัน ความต้องการด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่าง

ต่อเนื่อง โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาทางเลือกใหม่ ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร กระบวนการแปรรูป และองค์ประกอบของวัตถุดิบ เพื่อให้ตอบโจทย์ทั้งด้านสุขภาพและความยั่งยืน หนึ่งในทางเลือกที่น่าสนใจและมีศักยภาพสูง คือ การนำสาหร่ายมาใช้เป็นส่วนประกอบทางเลือก โดยครอบคลุมทั้งสาหร่ายขนาดเล็กอย่างแพลงก์ตอนพืช และสาหร่ายขนาดใหญ่อย่างสาหร่ายทะเล⁽⁴⁰⁾ แม้ว่าอุตสาหกรรมโยเกิร์ตจะมีแนวโน้มที่ดีในการขยายตัว แต่ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างระดับการบริโภคต่อหัว ในแต่ละภูมิภาคของโลกเมื่อเปรียบเทียบกับคำแนะนำในระดับสากล ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงโอกาสสำคัญในการพัฒนาและขยายตลาดในอนาคต

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สามารถจำแนกได้ 6 ประเภทได้แก่

1. โยเกิร์ตธรรมชาติ ทำจากนมที่ผ่านกระบวนการหมักโดยใช้แบคทีเรียแล็กติก ซึ่งจะทำให้เกิดการหมักเปลี่ยนแปลงนมให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรสเปรี้ยว โดยไม่ผ่านการเติมน้ำตาลหรือสารปรุงแต่งใด ๆ ในการผลิตเพื่อรักษาความเป็นธรรมชาติของโยเกิร์ตและคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ⁽⁴¹⁾

2. โยเกิร์ตแบบกวน จะมีการกวนโยเกิร์ตหลังจากกระบวนการหมักเสร็จสิ้น เพื่อให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่ม เนื้อเนียนและมีความหนืดที่เหมาะสม โยเกิร์ตแบบกวนมักจะมี ความข้นน้อย

กว่าโยเกิร์ตประเภทอื่น ๆ แต่ก็ยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติที่ดีไว้⁽⁴²⁾

3. โยเกิร์ตแบบคงตัว จะไม่ผ่านการกวนหลังจากการหมัก ทำให้เนื้อโยเกิร์ตเซตตัวอยู่ในถ้วยเป็นก้อนเดียว การผลิตโยเกิร์ตชนิดนี้จะเน้นให้แล็กติกทำงานในสภาวะที่เหมาะสมกับการสร้างเนื้อที่จับตัวกันเป็นก้อน ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงและเนื้อสัมผัสแน่น⁽⁴³⁾

4. โยเกิร์ตพร้อมดื่ม จะมีลักษณะเหลวและสามารถดื่มได้โดยตรงจากบรรจุภัณฑ์ มักมีรสหวานหรือเปรี้ยวและเป็นทางเลือกที่สะดวกในการบริโภคโยเกิร์ต สำหรับผู้ที่ชื่นชอบผลิตภัณฑ์นมที่สามารถดื่มได้ง่าย⁽⁴⁴⁾

5. โยเกิร์ตแบบแช่แข็ง ผลิตจากนมซึ่งผ่านการหมักด้วยแล็กติกเริ่มต้นของโยเกิร์ต โดยมีลักษณะทางกายภาพคล้ายไอศกรีม แต่มีคุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ต่อสุขภาพจากการหมักของโยเกิร์ต⁽⁴⁵⁾

6. โยเกิร์ตกรีก เป็นโยเกิร์ตที่ผ่านการกรองเพื่อแยกเวย์ออกหลังการหมัก ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืด เนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม และมีรสชาติเปรี้ยวเฉพาะตัว⁽⁴⁶⁾

บทบาทของจุลินทรีย์กรดแล็กติกและสาหร่ายในการสร้างนวัตกรรมอาหารฟังก์ชัน

การผสมผสานจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์กับสาหร่ายเพื่อพัฒนาอาหารฟังก์ชัน ในยุคที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพและคุณค่าทางโภชนาการ

ของอาหารมากขึ้น การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ร่วมกับส่วนประกอบจากสาหร่าย ได้กลายเป็นแนวทางที่น่าสนใจและมีศักยภาพอย่างยิ่ง สาหร่ายไม่เพียง

เป็นแหล่งของสารอาหารที่หลากหลาย แต่ยังสามารถส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเด่นทั้งด้านสุขภาพและรสชาติ ดังแสดงรายละเอียดใน Table 2

Table 2 Integration of probiotics and algal components in functional food products

Lactic acid Bacteria (LAB)	Algae	Food products	Functional properties
Lactobacillus rhamnosus LGG Lactobacillus reuteri BioGaia Bifidobacterium animalis subsp. lactis BB-12 <i>B. longum</i> subsp. <i>longum</i> BB536	<i>Chondrus crispus</i> <i>Himanthalia elongata</i> <i>Laminaria ochroleuca</i> <i>Palmaria palmata</i> <i>Porphyra umbilicalis</i> <i>Ulva lactuca</i> (UL) <i>Undaria pinnatifida</i>	Fermented milk	Increase the amount of live probiotic bacteria ⁽⁸⁾
Lactobacillus brevis LOCK 0944	<i>Chlorella vulgaris</i>	Fermented soybean drink	High in probiotics, reduced D-lactic acid, no lactose ⁽⁹⁾
<i>L. plantarum</i> MMB-05 Lactocaseibacillus casei FJAT-7928	<i>Porphyra yezoensis</i>	seaweed sauce	Incorporate lactic acid, phenolic compounds, and antioxidants to enhance sensory attributes such as taste and aroma, while also serving to inhibit microbial growth ⁽¹⁰⁾
<i>L. casei</i> Lafti L-26 Lactobacillus farciminis Saccharomyces cerevisiae	<i>Arthrospira platensis</i>	Sourdough Crostini	Contains antioxidants, easily digestible protein, and increases nutrients ⁽⁴⁷⁾
Lactocaseibacillus rhamnosus CCDM 146 <i>L. rhamnosus</i> , CCDM 466	<i>Dunaliella salina</i>	Dietary supplement containing <i>Dunaliella</i>	Promotes adhesion of probiotics to the intestinal wall,

Lactic acid Bacteria (LAB)	Algae	Food products	Functional properties
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus CCDM 364 <i>L. acidophilus</i> CCDM 151 <i>B. breve</i> CCDM 562 <i>B. longum</i> subsp. <i>infantis</i> CCDM 232 <i>B. longum</i> subsp. <i>longum</i> CCDM <i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i> CCDM 93 <i>B. animalis</i> , subsp. <i>lactis</i> BB-12		<i>salina</i> and probiotics	antioxidant properties. ⁽⁴⁸⁾
<i>L. plantarum</i> Dad-13	<i>Arthrospira platensis</i>	Ready-to-drink cereal beverage with added protein from seaweed	Protein, dietary fiber, low fat, and soluble source ⁽³⁶⁾
<i>L. acidophilus</i> Bifidobacterium spp. Streptococcus thermophilus	C-phycoerythrin (C-PC) and <i>Spirulina</i> residual biomass (RB)	Ice cream	High in antioxidants and organoleptic ⁽⁴⁹⁾

การประยุกต์ใช้โยเกิร์ตโพรไบโอติกส์เป็นวัตถุดิบพื้นฐานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพและอาหารฟังก์ชัน โยเกิร์ตที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ไม่เพียงเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพในตัวเอง แต่ยังสามารถประยุกต์เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพอื่น ๆ เช่น เบเกอรี่

ซอส ผลิตภัณฑ์แคปซูล และเครื่องดื่ม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวช่วยส่งเสริมประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร เพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ และตอบโจทย์ด้านโภชนาการเฉพาะกลุ่ม รายละเอียดเป็นการประยุกต์ใช้โยเกิร์ตในรูปแบบต่าง ๆ แสดงใน Table 3

Table 3 Application of probiotic yogurt as a core ingredient in developing health and functional food products

Lactic acid Bacteria (LAB)	Yogurt drying	Application	Functional properties
<i>Lactobacillus</i> probiotic strains ⁽⁴⁶⁾	Probiotic yogurt	Low-fat Probiotic Sauce	- Increases nutritional value - reduces fat content in sauce - promotes gut health
Lactic acid bacteria ⁽⁴⁷⁾	Probiotic yogurt	Probiotic Fruit Jam	- Enhances health properties - reduces sweetness in jam - promotes digestion
Various LAB strains ⁽⁴⁸⁾	Probiotic yogurt	Probiotic Fermented for Bakery Products	- Enhances dough texture and fermentation process in bakery products
<i>L. acidophilus</i> ⁽⁴⁹⁾	Yogurt with wine industry by-products (grape pomace)	Sustainable fortified yogurt	- Rich in phenolics - antidiabetic - anti-inflammatory potential
<i>Lactobacillus</i> probiotic strains ⁽⁵⁰⁾	Probiotic yogurt	Probiotic Bread	- Improves texture - sensory qualities and shelf life of bread

บทสรุป

สาหร่ายและจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพ โดยเฉพาะการใช้ร่วมกันในผลิตภัณฑ์หมัก เช่น โยเกิร์ต ซึ่งสามารถเสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติเชิงหน้าที่เพิ่มขึ้น ทั้งยังตอบโจทย์การพัฒนาอาหารฟังก์ชันที่ปลอดภัย ยั่งยืน และเป็นมิตรต่อ

สิ่งแวดล้อม แนวโน้มในอนาคตชี้ให้เห็นว่าตลาดอาหารฟังก์ชัน จะขยายตัวต่อเนื่อง โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่เน้นสุขภาพเชิงลึก ด้วยเหตุนี้ ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกการออกฤทธิ์ของสารสำคัญจากสาหร่ายร่วมกับโพรไบโอติกส์ และส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารให้มีคุณภาพสูงขึ้น และสามารถแข่งขันได้ในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

1. Bai Y, Jiang S, Wang Y, Huang X, Wang Y, Feng D, Dong X, Qi H. Phycocyanin-phlorotannin complexes improve the structure and functional properties of yogurt. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024. 274:133327.
2. O'Sullivan AM, O'Grady MN, O'Callaghan YC, Smyth TJ, O'Brien NM, Kerry JP. Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016. 37:293-9.
3. Diaz-Bustamante ML, Keppler JK, Reyes LH, Alvarez Solano OA. Trends and prospects in dairy protein replacement in yogurt and cheese. *Heliyon*. 2023. 9(6):e16974.
4. Blikra MJ, Altintzoglou T, Løvdal T, Rognsø G, Skipnes D, Skåra T, Sivertsvik M, Noriega Fernández E. Seaweed products for the future: using current tools to develop a sustainable food industry. *Trends in Food Science & Technology*. 2021. 118:765-76.
5. Imrana Farhan I, Rifky M, Serkayev K, Samadiy M. Seaweed: A Potential Functional Ingredient in Yoghurt Production 2022. Conference: International Scientific and Technical Conference P.174-
6. Sengupta S, Koley H, Dutta S, Bhowal J. Hypocholesterolemic effect of *Spirulina platensis* (SP) fortified functional soy yogurts on diet-induced hypercholesterolemia. *Journal of Functional Foods*. 2018. 48:54-64.
7. Bhatnagar P, Gururani P, Parveen A, Gautam P, Chandra Joshi N, Tomar MS, Nanda M, Vlaskin MS, Kumar V. Algae: a promising and sustainable protein-rich food ingredient for bakery and dairy products. *Food Chemistry*. 2024. 441:138322.
8. del Olmo A, Picon A, Nuñez M. Probiotic dynamics during the fermentation of milk supplemented with seaweed extracts: the effect of milk constituents. *LWT*. 2019. 107:249-55.
9. Ścieszka S, Gorzkiewicz M, Klewicka E. Innovative fermented soya drink with the microalgae *Chlorella vulgaris* and the probiotic strain *Levilactobacillus brevis* LÖCK 0944. *LWT*. 2021. 151:112131.
10. Gao T, Chen J, Xu J, Gu H, Zhao P, Wang W, Pan S, Tao Y, Wang H, Yang J. Screening of a novel *Lactiplantibacillus plantarum* MMB-05 and *Lactocaseibacillus casei* fermented sandwich seaweed scraps: chemical composition, in vitro antioxidant, and volatile compounds analysis by GC-IMS. *Foods*. 2022. 11(18).
11. Markowiak P, Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*. 2017. 9(9).
12. Tabacof A, Calado V, Pereira N. Third generation lactic acid production by *Lactobacillus pentosus* from the macroalgae *Kappaphycus alvarezii* Hydrolysates. *Fermentation*. 2023. 9(4).
13. Bao J, Zhang X, Zheng J-H, Ren D-F, Lu J. Mixed fermentation of *Spirulina platensis* with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* by random-centroid optimization. *Food Chemistry*. 2018;264:64-72.
14. Bao J, Zhang X, Zheng J-H, et al. Mixed fermentation of *Spirulina platensis* with *Lactobacillus plantarum* and *Bacillus subtilis* by random-centroid optimization. *Food Chemistry*. 2018. 264:64-72.
15. Choi DG, Baek JH, Han DM, Khan SA, Jeon CO. Comparative pangenome analysis of *Enterococcus faecium* and *Enterococcus lactis* provides new insights into the adaptive evolution by horizontal gene acquisitions. *BMC Genomics*. 2024. 25(1):28.
16. Vine NG, Leukes WD, Kaiser H. Probiotics in marine larviculture. *FEMS Microbiol Rev*. 2006. 30(3):404-27.
17. Baranyi J, Roberts TA. Mathematics of predictive food microbiology. *International Journal of Food Microbiology*. 1995. 26(2):199-218.
18. Lanier JS, Corl BA. Challenges in enriching milk fat with polyunsaturated fatty acids. *J Anim Sci Biotechnol*. 2015. 6(1):26.
19. Zhang Y, Meng L, Ai M, Qiao Y, Liu G, Fan X, Lv X, Feng Z. Nutrient requirements of *Lactobacillus casei* Shirota and their application in fermented milk. *LWT*. 2020. 118:108735.
20. Leroy F, De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*. 2004. 15(2):67-78.



21. Serafini F, Turrone F, Ruas-Madiedo P, Lugli GA, Milani C, Duranti S, Zamboni N, Bottacini F, van Sinderen D, Margolles A, Ventura M. Kefir fermented milk and kefir promote growth of *Bifidobacterium bifidum* PRL2010 and modulate its gene expression. *Int J Food Microbiol.* 2014. 178:50-9.
22. Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *Journal of Dairy Science.* 2000. 83(9):2120-5.
23. Avermaete T, Viaene J, Morgan EJ, Pitts E, Crawford N, Mahon D. Determinants of product and process innovation in small food manufacturing firms. *Trends in Food Science & Technology.* 2004. 15(10):474-83.
24. McGuigan KG, Méndez-Hermida F, Castro-Hermida JA, Ares-Mazás E, Kehoe SC, Boyle M, Sichel C, Fernández-Ibáñez P, Meyer BP, Ramalingham S, Meyer EA. Batch solar disinfection inactivates oocysts of *Cryptosporidium parvum* and cysts of *Giardia muris* in drinking water. *J Appl Microbiol.* 2006. 101(2):453-63.
25. Hunt BG, Brisson JA, Yi SV, Goodisman MA. Functional conservation of DNA methylation in the pea aphid and the honeybee. *Genome Biol Evol.* 2010. 2:719-28.
26. Wang L-M, Lv J-P, Chu Z-Q, Cui Y-Y, Ren X-H. Production of conjugated linoleic acid by *Propionibacterium freudenreichii*. *Food Chemistry.* 2007. 103(2):313-8.
27. Geissmann F, Jung S, Littman DR. Blood monocytes consist of two principal subsets with distinct migratory properties. *Immunity.* 2003. 19(1):71-82.
28. Skonberg DI, Fader S, Perkins LB, Perry JJ. Lactic acid fermentation in the development of a seaweed sauerkraut-style product: Microbiological, physicochemical, and sensory evaluation. *J Food Sci.* 2021. 86(2):334-42.
29. Hyrslova I, Krausová G, Mrvikova I, Staňková B, Brányik T, Malinská H, Huttl M, Kaňa A, Doskočil I. Functional Properties of *Dunaliella salina* and its positive effect on probiotics. *Marine Drugs.* 2022. 20(12): 781.
30. Healy LE, Zhu X, Kakagianni M, Poojary MM, Sullivan C, Tiwari U, Curtin J, Sun D-W, Tiwari BK. Fermentation of brown seaweeds *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima* for new product development using *Lactiplantibacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae* and kombucha SCOBY. *Algal Research.* 2023. 76:103322.
31. Luo J, Ye C, Wen Y, Bao Y, Quek SY. Investigation of solid-state fermentation of red seaweed (*Pyropia* spp.) with lactic acid bacteria: effects on protein profile and in vitro digestibility. *Food Chemistry.* 2025. 469:142667.
32. Mendes AR, Spinola MP, Lordelo M, Prates JAM. Advances in bioprocess engineering for optimising *Chlorella vulgaris* fermentation: biotechnological innovations and applications. *Foods.* 2024. 13(24): 4154.
33. AlFadhly NKZ, Alhelfi N, Altemimi AB, Verma DK, Cacciola F, Narayanankutty A. Trends and technological advancements in the possible food applications of *Spirulina* and their health benefits: a review. *Molecules.* 2022. 27(17): 5584.
34. Trotta T, Porro C, Cianciulli A, Panaro MA. Beneficial effects of *Spirulina* consumption on brain health. *Nutrients.* 2022. 14(3): 676.
35. Tolpeznikaite E, Bartkevics V, Skrastina A, Pavlenko R, Ruzauskas M, Starkute V, Zokaityte E, Klupsaite D, Ruibys R, Rocha JM, Bartkiene E. Submerged and solid-state fermentation of *Spirulina* with lactic acid bacteria strains: antimicrobial properties and the formation of bioactive compounds of protein origin. *Biology.* 2023. 12(2): 248.
36. Aprilia BE, Fibri DLN, Rahayu ES. Development and characterization of high-protein flakes made from *Spirulina platensis* in instant cereal drinks enriched with probiotic milk powder. *Food Production, Processing and Nutrition.* 2025.7(1):24.
37. Bechaux J, Ferraro V, Sayd T, Chambon C, Le Page JF, Drillet Y, Gatellier P, Santé-Lhoutellier V. Workflow towards the generation of bioactive hydrolysates from porcine products by combining in silico and in vitro approaches. *Food Research International.* 2020. 132:109123.
38. Fang T, Cao H, Wang Y, Gong Y, Wang Z. Global Scientific Trends on Healthy Eating from 2002 to 2021: A Bibliometric and Visualized Analysis. *Nutrients.* 2023. 15(6): 1461.



39. Bürck M, Fratelli C, de Assis M, Braga A. Naturally colored ice creams enriched with C-phycocyanin and *Spirulina* residual biomass: development of a fermented, antioxidant, tasty and stable food product. *Fermentation*. 2024. 10(6):304.
40. Bankole AO, Ironi EA, Awoyale W, Ajani EO. Application of natural and modified additives in yogurt formulation: types, production, and rheological and nutraceutical benefits. *Front Nutr*. 2023. 10:1257439.
41. Gilbert A, Turgeon SL. Studying stirred yogurt microstructure and its correlation to physical properties: A review. *Food Hydrocolloids*. 2021. 121:106970.
42. Lee WJ, Lucey JA. Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2010. 23(9):1127-36.
43. Santos C, Raymundo A, Moreira JB, Prista C. Exploring the potential of lactic acid bacteria fermentation as a clean label alternative for use in yogurt production. *Applied Sciences*. 2025. 15(5): 2686.
44. Abdelazez A, Muhammad Z, Zhang QX, Zhu ZT, Abdelmotaal H, Sami R, Meng XC. Production of a functional frozen yogurt fortified with *Bifidobacterium* spp. *Biomed Res Int*. 2017. 6438528.
45. Gyawali R, Feng X, Chen YP, Lorenzo JM, Ibrahim SA. A review of factors influencing the quality and sensory evaluation techniques applied to Greek yogurt. *J Dairy Res*. 2022. 1-7.
46. 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.
47. Ziarno M, Cichońska P. Lactic acid bacteria-fermentable cereal- and pseudocereal-based beverages. *Microorganisms*. 2021. 9(12):2532.
48. Zielińska D, Kostrzewska A. Development of sourdough bread made with probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* bacteria addition. *Applied Sciences*. 2024. 14(14): 6155.
49. Antić B, Jančiková S, Dordević D, Tremlová B. Grape pomace valorization: a systematic review and meta-analysis. *Foods*. 2020. 9(11): 1627.
50. Coatsworth J, Russell M, Mennis J. Breaking the connection between depressive symptoms and alcohol use among adolescents with a text-message delivered intervention: a randomized controlled pilot trial in primary care. *Journal of Prevention and Health Promotion*. 2022. 3(4):495-507.

โพรไบโอติกส์: สารออกฤทธิ์ชีวภาพยุคใหม่ในนวัตกรรมอาหารฟังก์ชัน

กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมล: ifrkttd@ku.ac.th

รับเมื่อ 27 มิถุนายน 2568 แก้ไขเมื่อ 14 กรกฎาคม 2568 ตอบรับเมื่อ 16 กรกฎาคม 2568

จุดเด่น

- องค์ความรู้เกี่ยวกับโพรไบโอติกส์ ทั้งในแง่ขององค์ประกอบ กลไกการออกฤทธิ์ และผลกระทบต่อสุขภาพ
- ศักยภาพของโพรไบโอติกส์ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในอนาคต
- วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อดีของโพรไบโอติกส์กับพรีไบโอติกส์ โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัยและความคงตัว

บทคัดย่อ

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา “โพรไบโอติกส์” (probiotics) ได้รับความสนใจอย่างมากในวงการอาหารและโภชนาการ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบชีวภาพที่เกิดจากกระบวนการเพาะเลี้ยงของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ โดยไม่จำเป็นต้องมีจุลินทรีย์มีชีวิตร่วมด้วย โพรไบโอติกส์ประกอบด้วยสารหลากหลาย เช่น กรดไขมันสายสั้น เปปไทด์ต้านจุลชีพ เอนไซม์ พอลิแซ็กคาไรด์ และเซลล์จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถเจริญได้ ซึ่งสารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพลำไส้ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และอาจช่วยในการดูดซึมโปรตีน จากคุณสมบัติดังกล่าว อุตสาหกรรมอาหารเริ่มนำโพรไบโอติกส์มาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น อาหารหมัก ผลิตภัณฑ์นมพืช และอาหารเสริมเพื่อสุขภาพ โพรไบโอติกส์ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความปลอดภัยและความคงตัวทางชีวภาพสูงกว่าเมื่อเทียบกับพรีไบโอติกส์หรือพอสไบโอติกส์ในบางบริบท บทความนี้จึงมุ่งนำเสนอองค์ความรู้เกี่ยวกับประเภท กลไกการออกฤทธิ์ คุณประโยชน์ และแนวโน้มการประยุกต์ใช้โพรไบโอติกส์ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพในอนาคต

คำสำคัญ: โพรไบโอติกส์ จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถเจริญได้ อาหารหมัก อาหารฟังก์ชัน สุขภาพลำไส้

Postbiotics: Next-gen bioactives for functional food innovation

Kanthida Wadeesirisak

Department of applied microbiology, Institute of food research and product development, Kasetsart University

E-mail: ifrkttd@ku.ac.th

Received 27 June 2025; **Revised** 14 July 2025; **Accepted** 16 July 2025

Highlights

- A comprehensive overview of postbiotics is presented, focusing on their composition, mechanisms of action, and associated health benefits
- The potential applications of postbiotics in the development of future functional food products are discussed.
- The comparative advantages of postbiotics over probiotics, particularly regarding safety and stability, are analyzed.

Abstract

In recent years, postbiotics have attracted significant attention in the fields of food and nutrition as bioactive compounds produced by beneficial microbes, independent of live microorganisms. Postbiotics consist of various substances, including short-chain fatty acids, antimicrobial peptides, enzymes, polysaccharides, and inactivated microbial cells. These compounds play important roles in promoting gut health, boosting immunity, and potentially improving protein absorption. Due to these functional properties, the food industry has begun incorporating postbiotics into various product categories such as fermented foods, plant-based dairy alternatives, and dietary supplements. Compared to prebiotics and probiotics, postbiotics offer notable advantages in terms of safety and biological stability in certain applications. This article aims to present knowledge on the types, mechanisms of



action, benefits, and trends in the application of postbiotics in the food industry, providing insights for the development of future functional food products.

Keywords: postbiotics, non-viable microbes, fermented food, functional food, gut health

บทนำ

อาหารหมักเป็นผลผลิตจากภูมิปัญญาท้องถิ่นที่มีการสืบทอดกันมาหลายชั่วอายุคน โดยอาศัยจุลินทรีย์ธรรมชาติในการถนอมอาหาร เพิ่มรสชาติ และยืดอายุการเก็บรักษา ตัวอย่างเช่น กิมจิ จากเกาหลี นัตโตะจากญี่ปุ่น และน้ำปลาจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ด้วยความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการหมักได้รับการพัฒนาให้มีความปลอดภัยมากขึ้น โดยมีการคัดเลือกจุลินทรีย์สายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ทั้งด้านความสามารถในการควบคุมการหมัก การสร้างสารชีวภาพที่เป็นประโยชน์ และความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ อาหารหมักได้รับความสนใจในแง่ของการเป็นอาหารฟังก์ชันที่มีองค์ประกอบสำคัญทางชีวภาพ ได้แก่ โพรไบโอติกส์ (probiotics) พรีไบโอติกส์ (prebiotics) และโพสโตไบโอติกส์ (postbiotics) ซึ่งมีบทบาทในการส่งเสริมสุขภาพ เช่น การปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ การเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหาร และการลดความเสี่ยงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง noncommunicable diseases, NCDs เช่น โรคหัวใจ โรคเบาหวาน และโรคอ้วน^(1, 2) เป็นต้น

ในศตวรรษที่ 21 แนวโน้มการดูแลสุขภาพแบบองค์รวมและการบริโภคอาหารฟังก์ชันได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่

เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์สุขภาพ เช่น โพรไบโอติกส์ และโพสโตไบโอติกส์ แม้ว่าโพรไบโอติกส์จะได้รับความนิยมน้อยแพร่หลาย แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความคงตัว ความปลอดภัย และความสามารถในการคงตัวระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา⁽³⁾ จึงเกิดความสนใจในการพัฒนาทางเลือกใหม่อย่าง “โพสโตไบโอติกส์” ซึ่งหมายถึงสารชีวภาพที่ผลิตขึ้นจากจุลินทรีย์มีชีวิต หรือเกิดขึ้นหลังจากจุลินทรีย์ตายแล้ว โดยยังคงคุณสมบัติทางสุขภาพที่สำคัญไว้ได้ งานวิจัยในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ชี้ให้เห็นว่า ประโยชน์ต่อสุขภาพจากอาหารหมักอาจไม่ได้เกิดจากจุลินทรีย์ที่มีชีวิตเพียงอย่างเดียว แต่ยังรวมถึงสารชีวภาพที่ผลิตขึ้นระหว่างกระบวนการหมักด้วยสารเหล่านี้⁽²⁾ ได้แก่ กรดไขมันสายสั้น (short chain-fatty acids) เอนไซม์ วิตามิน พอลิแซ็กคาไรด์ เปปไทด์ต้านจุลชีพ เช่น แบคเทรีโอซิน (bacteriocins) และเซลล์จุลินทรีย์ที่ตายแล้ว ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของโพสโตไบโอติกส์สามารถพบได้ในผลิตภัณฑ์อาหารหมักที่ผ่านการแปรรูปหรือฆ่าเชื้อแล้ว โดยไม่จำเป็นต้องมีจุลินทรีย์มีชีวิตเหลืออยู่ โพสโตไบโอติกส์มีข้อได้เปรียบที่สำคัญในด้านความปลอดภัย ความคงตัว และความยืดหยุ่นในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ โดยยังคงให้ผลทางสุขภาพ เช่น การเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ และเสริมการทำงานของระบบเมแทบอลิซึม⁽¹⁾

สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร การพัฒนาอาหารหมักที่อุดมด้วยโพรไบโอติกส์จึงกลายเป็นแนวทางใหม่ที่มีศักยภาพสูง ทั้งในด้านความปลอดภัยทางอาหาร การออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่คาดการณ์ได้ และการลดข้อจำกัดของโพรไบโอติกส์ เช่น ความไม่คงตัวต่อความร้อนและความเป็นกรด รวมทั้งความเสี่ยงต่อกลุ่มผู้บริโภคที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ การศึกษาบทบาทของโพรไบโอติกส์ในอาหารหมักจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งต่อการส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภค และต่อการพัฒนานวัตกรรมอาหารฟังก์ชันในอนาคต

โพรไบโอติกส์

โพรไบโอติกส์ คือ จุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของร่างกายเมื่อบริโภคในปริมาณที่เหมาะสม การเสริมโพรไบโอติกส์ในอาหารช่วยส่งเสริมสุขภาพแก่ผู้บริโภคในหลายด้าน อย่างไรก็ตาม โพรไบโอติกส์จะออกฤทธิ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องสามารถมีชีวิตอยู่รอดผ่านสภาวะแวดล้อมในระบบทางเดินอาหารได้ และผลของโพรไบโอติกส์ต่อร่างกายขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และปริมาณที่ได้รับ⁽⁴⁾ นอกจากนี้จุลินทรีย์มีชีวิตหลายชนิดที่เป็นโพรไบโอติกส์มักไวต่อความร้อนและ/หรือออกซิเจน จึงจำเป็นต้องมีแนวทางในการคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยทั่วไป ผู้ผลิตมักเติมโพรไบโอติกส์ใน

ปริมาณที่มากกว่าที่ระบุไว้บนฉลาก เพื่อชดเชยการลดลงของจำนวนเซลล์โพรไบโอติกส์ที่ยังมีชีวิตเมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษา⁽⁵⁾ อาหารหมัก เช่น กิมจิ กะหล่ำปลีดอง โยเกิร์ต และคอมบูชา มีจุลินทรีย์ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพเช่นกัน อย่างไรก็ตามปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานไว้ ขณะที่จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ในอาหารหมักทั่วไปมักมีอายุการเก็บรักษาที่จำกัดด้วยเหตุนี้จึงมีการศึกษาแนวทางเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาแนวคิด “โพรสโตไบโอติกส์” (postbiotics)^(2,6)

โพรสโตไบโอติกส์

คำว่า "postbiotic" เป็นการรวมกันของคำว่า "biotic" ที่หมายถึง “สิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตหรือเกิดจากสิ่งมีชีวิต” และคำว่า "post" ซึ่งเป็นคำนำหน้าที่มีความหมายถึง “ภายหลัง” เมื่อนำมารวมกันจึงมีความหมายว่า “หลังจากมีชีวิต” หรือ “สิ่งที่ไม่ใช่สิ่งมีชีวิตอีกต่อไป” แนวคิดที่ว่าสิ่งมีชีวิตจุลชีพที่ตายแล้วอาจยังสามารถส่งเสริมหรือคงไว้ซึ่งประโยชน์ต่อสุขภาพได้นั้นไม่ใช่เรื่องใหม่ และในอดีตมีการใช้คำเพื่อบรรยายสารในลักษณะนี้ที่หลากหลายและแตกต่างกันไป ดัง Table 1 ได้แก่ paraprobiotics, ghost probiotics, para-psychobiotics, metabiotics, tyndallized probiotics และ bacterial lysates⁽⁷⁾ การพัฒนาของแนวคิดเรื่อง “โพรสโตไบโอติกส์”

แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของคำจำกัดความ และขอบเขตของโพรไบโอติกส์ในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยเริ่มต้นจากแนวคิดเบื้องต้นที่เน้นการกล่าวถึง ส่วนประกอบที่ไม่ใช่เซลล์ของโพรไบโอติกส์ ไปจนถึง แนวคิดปัจจุบันที่ได้รับการนิยามอย่างเป็นทางการจาก ISAPP ในปี 2021 ซึ่งระบุว่าโพรไบโอติกส์หมายถึง

“การเตรียมผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ถูกทำให้ตายแล้วและ/หรือองค์ประกอบของจุลินทรีย์ ซึ่งให้ ประโยชน์ต่อสุขภาพของเจ้าบ้าน” ทำให้เห็นภาพรวม ของการเปลี่ยนแปลงเชิงแนวคิด และตระหนักถึง ความสำคัญของการมีนิยามที่ชัดเจนสำหรับการพัฒนา ในด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมอาหารฟังก์ชัน

Table 1 Evolvement of the concept “postbiotics”⁽⁷⁾

Concept	Date	Bacterial Strains Tested	Main Findings
Paraprobiotics or ghost probiotics	2009	Multiple	The health benefits of probiotics can be achieved without the risks related to administration of a live organism.
	2011	Multiple	Propose the new term “paraprobiotics” to refer to the inactivated microbial cells or cell fractions.
	2016	<i>Lactobacillus</i>	Paraprobiotic <i>Lactobacillus</i> affects intestinal functionality due to the brain-gut interaction.
	2018	<i>Lactobacillus</i>	<i>L. paracasei</i> MCC1849 improves resistance to common cold infections in vulnerable individuals and maintain a favorable emotional state.
	2018	Multiple	Paraprobiotics could be safe alternatives to probiotics in preterm neonates.
	2018	Multiple	Review the effectiveness of paraprobiotics for the prevention or treatment of virally-induced infections.

Concept	Date	Bacterial Strains Tested	Main Findings
Para- psychobiotic	2017	<i>Lactobacillus</i>	Para-psychobiotic <i>L. gasseri</i> CP2305 regulates stress responses depending on specific cell component(s).
Metabiotics	2013	Multiple	The concept, function and advantages of metabiotics.
	2020	<i>L. rhamnosus</i>	The isolated probiotic <i>L. rhamnosus</i> MD 14 generated metabiotics exhibiting antigenotoxic and cytotoxic effects against colon cancer.
Tyndallized probiotics	2016	<i>L. rhamnosus</i>	<i>L. rhamnosus</i> IDCC 3201 tyndallizate has potential for treating atopic dermatitis.
	2017	Multiple	Gelatin tannate and tyndallized probiotics can be used to restore the gut barrier physiological functions and prevent dysbiosis.
	2019	Multiple	Tyndallized bacteria and purified components confer probiotic properties.
Bacterial lysates	2018	Multiple	Bacterial lysates minimize the incidence of recurrent respiratory infections in children and adults when orally administrated.

อย่างไรก็ตาม ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา คำว่า “โพรไบโอติกส์” ได้รับการใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด สมาคมวิทยาศาสตร์นานาชาติว่าด้วยโพรไบโอติกและพรีไบโอติกส์ หรือ The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP)

เป็นองค์กรวิชาการนานาชาติที่รวมผู้เชี่ยวชาญด้านจุลชีพ สุขภาพ และโภชนาการจากทั่วโลก โดยในปี 2021 ISAPP ได้ออกแถลงการณ์ฉันทามติ (consensus statement) เพื่อให้คำจำกัดความอย่างเป็นทางการของโพรไบโอติกส์ และระบุขอบเขตของคำว่า

โพรสโตไบโอติกส์ หมายถึง “การเตรียมสารที่มีจุลินทรีย์ที่ไม่สามารถแบ่งตัวได้อีก (inanimate microorganisms) และ/หรือองค์ประกอบของจุลินทรีย์เหล่านั้น ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของเจ้าบ้าน (host)” โดยมีประเด็นสำคัญในแถลงการณ์⁽²⁾ ได้แก่

1. โพรสโตไบโอติกส์ ไม่ได้หมายถึงแค่สารเมแทบอลิต์ที่จุลินทรีย์ผลิต เช่น กรดไขมันสายสั้นเท่านั้น แต่หมายรวมถึง ทั้งตัวเซลล์ที่ตายแล้วหรือ

ชิ้นส่วน เช่น ผนังเซลล์ โปรตีน ดีเอ็นเอ เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ (exopolysaccharide) เป็นต้น

2. โพรสโตไบโอติกส์ ไม่ใช่สิ่งที่ “เคยเป็นโพรไบโอติกส์แล้วถูกฆ่า” เท่านั้น แต่ต้องผ่านการศึกษาและพิสูจน์แล้วว่า “มีประโยชน์และผลดีต่อสุขภาพ

3. โพรสโตไบโอติกส์ มีความแตกต่างจากคำว่า “paraprobiotic” ที่เคยใช้เรียกสิ่งที่คล้ายกัน แต่ ISAPP เลือกใช้ “โพรสโตไบโอติกส์” เป็นคำกลางที่ครอบคลุมและเหมาะสมกว่า

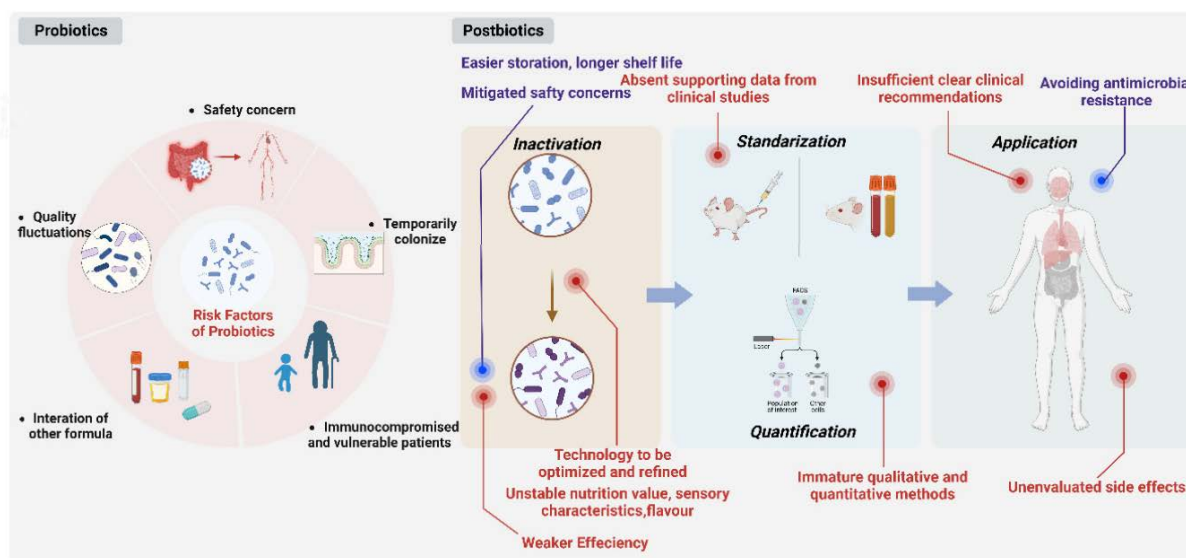


Figure 1 Comparison between probiotics and postbiotics in application⁽⁷⁾

Figure 1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างโพรไบโอติกส์และโพรสโตไบโอติกส์ในแง่ของการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน โดยเน้นให้เห็นถึงข้อได้เปรียบของโพรสโตไบโอติกส์ซึ่งมีความคงตัวสูงกว่าในกระบวนการผลิต การเก็บรักษา และการผ่านระบบทางเดินอาหาร เมื่อเทียบกับโพรไบโอติกส์ที่มีข้อจำกัดด้านความไวต่ออุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง

และปัจจัยด้านสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งนี้ การใช้โพรสโตไบโอติกส์ยังสามารถควบคุมปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพได้อย่างแม่นยำ ลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนหรือการรบกวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิต จึงมีแนวโน้มได้รับความนิยมมากขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภคที่มีข้อจำกัดด้านภูมิคุ้มกัน หรือไม่

สามารถบริโภคจุลินทรีย์มีชีวิตได้ นอกจากนี้ยังแสดงถึงข้อได้เปรียบของโพรไบโอติกส์ในแง่ของความคงตัวทางกายภาพและชีวภาพ รวมถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้บริโภคที่มีข้อจำกัดทางสุขภาพ เช่น ผู้ที่มีภูมิคุ้มกันต่ำ หรือไม่สามารถบริโภคจุลินทรีย์ที่มีชีวิตได้

การออกฤทธิ์ของโพรไบโอติกส์

โพรไบโอติกส์เป็นสารชีวภาพที่ได้จากการเพาะเลี้ยงของจุลินทรีย์หรือจากการสลายตัวของเซลล์จุลินทรีย์ที่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่ยังคงมีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยการออกฤทธิ์ผ่านกลไกที่มีความซับซ้อน ได้แก่

1. การเสริมสร้างความแข็งแรงของเยื่อบุลำไส้

กรดไขมันสายสั้น เช่น บิวทีเรตโพรพิโอ-เนต และอะซิเตต ซึ่งเป็นผลผลิตจากการหมักของจุลินทรีย์ในลำไส้ มีบทบาทในการเสริมความแข็งแรงของเยื่อบุลำไส้ การต้านการอักเสบ และเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน⁽²⁾

2. การปรับสมดุลของระบบภูมิคุ้มกัน

เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ เป็นสารเมแทบอลิต์ที่จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์สร้างขึ้น มีคุณสมบัติในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันโดยออกฤทธิ์ต่อแมคโครฟาจ

(macrophage) ซึ่งช่วยเสริมความสามารถของโพรไบโอติกส์ในการต่อสู้กับการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียของอาหารบางชนิด⁽⁸⁾

สารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งอาจเป็นผลิตภัณฑ์หรือผลพลอยได้จากการเผาผลาญของแบคทีเรียที่มีชีวิตหรือที่ปล่อยออกมาหลังจากการแตกสลายของเซลล์แบคทีเรีย เช่น เอนไซม์ เปปไทด์ กรดทีโคอิก (teichoic acid) มิวโรเปปไทด์ที่ได้จากเปปติโดไกลแคน พอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีนที่ผิวเซลล์ และกรดอินทรีย์ โพรไบโอติกส์เหล่านี้เป็นสารที่มีโครงสร้างทางเคมีที่ชัดเจน จึงสามารถศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและผลลัพธ์ทางชีวภาพได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถระบุขนาดที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสำหรับการใช้งานทางสุขภาพได้ มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน และมีกลไกการส่งสัญญาณที่อาจมีฤทธิ์ด้านการอักเสบ การปรับสมดุลของระบบภูมิคุ้มกัน ด้านการอ้วน ด้านความดันโลหิตสูง ลดคอเลสเตอรอล ดังนั้น โพรไบโอติกส์จึงมีศักยภาพในการปรับสมดุลของระบบภูมิคุ้มกัน ซึ่งสามารถนำไปสู่การพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารหรือยาในอนาคต⁽³⁾

ส่วนของการส่งเสริมการทำงานของเซลล์ภูมิคุ้มกัน เช่น แมคโครฟาจ เป็นเซลล์พิเศษที่มีหน้าที่ตรวจจับ กลืนกิน และทำลายแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตที่เป็นอันตรายอื่น ๆ และสามารถนำ

แอนติเจนไปยังเซลล์ที (T cell) และกระตุ้นการ
อักเสบโดยการปล่อยโมเลกุล ที่เรียกว่า ไซโตไคน์
(cytokine) ซึ่งจะกระตุ้นเซลล์อื่น ๆ และเซลล์
เดนไดรติก (dendritic cells) คือ เซลล์เสริมของ
ระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม⁽³⁾

3. ฤทธิ์ต้านจุลชีพ

สารประกอบที่ผลิตจากกระบวนการหมัก
เช่น กรดแล็กติกและกรดแอซิติก จัดเป็นกรด
อินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการ
เจริญเติบโตของจุลชีพก่อโรค ผ่านกลไกการลดค่า
ความเป็นกรดต่าง และการแทรกแซงสมดุลของเยื่อ
หุ้มเซลล์ ในขณะที่แบคทีเรียโอสิน ซึ่งเป็นเปปไทด์
ชีวภาพที่ผลิตโดยจุลินทรีย์บางสายพันธุ์ เช่น
L. plantarum RS5 มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลชีพ
แบบจำเพาะ โดยสามารถทำลายผนังเซลล์ของเชื้อ
แบคทีเรีย เปลี่ยนแปลงการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์
และยับยั้งกระบวนการทางชีวภาพภายในเซลล์
แบคทีเรีย ส่งผลให้เกิดการยับยั้งหรือทำลายเชื้อ
เช่น *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*
และ *Salmonella typhimurium* ได้อย่างมี
ประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังพบว่าผลิตภัณฑ์
โอสินจากสายพันธุ์ดังกล่าวสามารถยับยั้ง
การยึดเกาะของ *E. coli* กับเซลล์เจ้าบ้าน ซึ่งเป็น
หนึ่งในกลไกสำคัญของการป้องกันการติดเชื้อ⁽⁹⁾

แบคทีเรียโอสินในโอสินไบโอดีทส์มีศักยภาพ
ในการใช้เป็นสารต้านจุลชีพ โดยเฉพาะในการ
ควบคุมการติดเชื้อจากเชื้อดื้อยา การประเมินความ
ปลอดภัยและประสิทธิภาพของแบคทีเรียโอสินเป็น
สิ่งสำคัญก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม
อาหารและเภสัชกรรมในรูปแบบโอสินไบโอดีทส์⁽¹⁰⁾

สารสกัดของโอสินไบโอดีทส์ที่ได้จากการ
เพาะเลี้ยง *Bacillus amyloliquefaciens* และ *L.*
plantarum ด้วยการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง
(solid-state fermentation) นำมาสกัดด้วยน้ำ
(water extraction) ได้เป็นสารสกัดโอสินไบโอดีทส์
ที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อก่อโรคหลายชนิด เช่น *E. coli*,
S. aureus และ *S. typhimurium* ผ่านกลไกการ
ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์แบคทีเรีย และป้องกันการยึด
เกาะของเชื้อโรค *E. coli* กับเซลล์เจ้าบ้าน โดยมี
กรดแล็กติกและกรดแอซิติกเป็นองค์ประกอบสำคัญ
ในการต้านจุลชีพ แต่มีความปลอดภัยต่อเซลล์ของ
สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีความคงตัวสูงต่อการย่อยสลาย
ด้วยเอนไซม์และความร้อน กล่าวได้ว่าโอสินไบโอดีทส์ที่
ได้นี้มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร
ในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ⁽¹¹⁾

4. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

โอสินไบโอดีทส์ที่ผลิตจาก *Lactocaseibacillus*
casei มีความเข้มข้นของสารฟีนอลิกสูงถึง 99.46
มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัม (mg GAE/g) และแสดง
ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่แสดง

ความเป็นพิษต่อเซลล์ไฟโบรบลาสต์ของมนุษย์ ซึ่งเป็นเซลล์เนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีหน้าที่สำคัญในการสังเคราะห์คอลลาเจนและแมทริกซ์นอกเซลล์ (extracellular matrix) ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของโพรไบโอติกส์ในการพัฒนาเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในอุตสาหกรรมอาหารและเภสัชกรรม ทั้งในฐานะสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลชีพ และวัตถุดิบเสีย⁽¹²⁾

การเสริมโพรไบโอติกส์จาก *L. acidophilus* และ *L. plantarum* ในโยเกิร์ตช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาโยเกิร์ตไว้เป็นเวลา 14 วัน ภายใต้สภาวะการทดลอง พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 48.81 เมื่อเทียบกับโยเกิร์ตที่ไม่ได้เสริมโพรไบโอติกส์ ซึ่งทำให้เห็นว่าโพรไบโอติกส์สามารถคงฤทธิ์และออกฤทธิ์ได้ในระหว่างการเก็บรักษา และอาจช่วยลดความเสี่ยงจากโรคที่เกี่ยวข้องกับอนุมูลอิสระได้ พร้อมทั้งส่งเสริมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร⁽¹³⁾

โพรไบโอติกส์ที่ได้จากแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแล็กติก *L. plantarum* มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงถึง 449.97 mg GAE/g และแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยชนิดและปริมาณของสารออกฤทธิ์ที่ผลิตขึ้นมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของอาหารเพาะเลี้ยง โดยเฉพาะอาหารที่มีเวย์เป็นส่วนประกอบ และการ

เติมอินูลินในระดับที่เหมาะสม พบว่าการเสริมอินูลินที่ระดับร้อยละ 2 ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ เช่น *L. plantarum* 299v, *L. casei* Shirota และ *B. lactis* BPL1 ซึ่งส่งผลให้มีการผลิตกรดแล็กติก กรดแอซิติก และกรดไขมันสายสั้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการทดลองนี้แสดงถึงศักยภาพของการใช้เวย์และเส้นใยอาหารเป็นวัตถุดิบในการผลิตโพรไบโอติกส์อย่างยั่งยืน เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและส่งเสริมการทำงานของระบบทางเดินอาหาร⁽¹⁴⁾

5. การมีอิทธิพลต่อการสื่อสารระหว่างลำไส้และสมอง

กรดไขมันสายสั้น ซึ่งเป็นเมแทบอไลต์ที่ผลิตจากการหมักใยอาหารโดยไมโครไบโอตาในลำไส้ มีบทบาทสำคัญในการเป็นสื่อกลางของการสื่อสารระหว่างไมโครไบโอตา-ลำไส้-สมอง (microbiota-gut-brain axis) โดยส่งผลต่อการสื่อสารระหว่างลำไส้และสมองผ่านหลายกลไก ได้แก่ การกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนจากเซลล์เอนเทอโรเอนโดคริน (enteroendocrine cells) ในลำไส้ การปรับสมดุลของระบบภูมิคุ้มกัน การส่งสัญญาณผ่านเส้นประสาทเวกัส (vagus nerve) รวมถึงการเข้าสู่สมองโดยผ่านตัวขนส่งโมโนคาร์บอกซิเลต (monocarboxylate transporters) และแนวกั้นเลือดและสมอง (blood-brain barrier) การเปลี่ยนแปลงของระดับ

กรดไขมันสายสั้นในร่างกายอาจเกี่ยวข้องกับ ความผิดปกติทางระบบประสาท เช่น ภาวะซึมเศร้าหรือ ความผิดปกติด้านพฤติกรรมและอารมณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กรดไขมันสายสั้นอาจเป็นเป้าหมายเชิงชีวภาพ ที่สำคัญสำหรับการบำบัดในอนาคต เนื่องจากกรดไขมันสายสั้นสามารถมีผลโดยตรงหรือโดยอ้อมต่อ ระบบประสาทส่วนกลาง ทั้งผ่านการกระตุ้น เส้นประสาทเวกัส การส่งสัญญาณผ่านสารสื่อประสาท และการมีอิทธิพลต่อสมดุลของภูมิคุ้มกัน และการอักเสบในร่างกาย ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ กรดไขมันสายสั้นจึงมีแนวโน้มที่จะถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐาน ในการพัฒนาวิธีการบำบัดโรคทางระบบประสาทและ จิตเวช เช่น ภาวะซึมเศร้า วิตกกังวล หรือแม้แต่โรคเกี่ยวกับความเสื่อมของสมองในอนาคต⁽¹⁵⁾

การประยุกต์ใช้โพรไบโอติกส์ในอุตสาหกรรมอาหาร

กระบวนการหมักเป็นวิธีการที่แพร่หลายที่สุด ในการประยุกต์ใช้โพรไบโอติกส์ โดยแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาผลิตโพรไบโอติกส์ ได้แก่ *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium*⁽¹⁶⁾ อุตสาหกรรมนมมีการใช้ประโยชน์อย่างมาก จากเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผลิตโดยแบคทีเรียกรดแล็กติกในกระบวนการหมักนม เนื่องจากเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์มีบทบาทสำคัญในการควบคุม

คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์นมหมัก และช่วยลดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์⁽¹⁷⁾ นอกจากนี้ โพรไบโอติกส์จาก *L. plantarum* ยังสามารถทำหน้าที่เป็นสารกันเสียชีวภาพ (bio-preservative) ที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของถั่วเหลือง⁽¹⁸⁾ การประยุกต์ใช้ในสองลักษณะข้างต้นได้ถูกนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ที่ชื่อว่า “MicroGARD” โดยบริษัท Danisco ซึ่งได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) ให้ใช้เป็นสารกันเสียชีวภาพในผลิตภัณฑ์นมและอาหารหลากหลายประเภท โดย MicroGARD ผลิตจากการหมัก *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *shermanii* ในน้ำมันพอร์มงันเนย⁽¹⁹⁾ นอกจากนี้ ยังมีแนวทางใหม่ในการประยุกต์ใช้ ได้แก่ การเพิ่มปริมาณวิตามินบี และการลดองค์ประกอบที่เป็นพิษ ในระหว่างกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์⁽¹⁶⁾

การประยุกต์ใช้โพรไบโอติกส์ในอาหารหมักจากพืช

อาหารหมักจากพืชได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น ในฐานะผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่หลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์จากสัตว์และมีข้อจำกัดด้านการแพ้นมจากสัตว์ พืชที่นิยมนำมาพัฒนาเป็นอาหารหมักจากพืช เช่น ถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต มะพร้าว ข้าว และถั่วเขียว ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรต

เส้นใยอาหาร และสารอาหารรองในระดับสูง จึงเอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ซึ่งสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ที่เหมาะสม เช่น *L. plantarum*, *L. rhamnosus* และ *Bifidobacterium* สามารถสร้างสารชีวภาพที่เป็นโอสต์ไบโอติกส์ เช่น กรดไขมันสายสั้น เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ และเปปไทด์ต้านจุลชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ^(20, 21)

การหมักกล้วยเหลือง เช่น เหมแป้ มิโสะ และนัตโตะ เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน B และโอสต์ไบโอติกส์ที่ส่งเสริมสุขภาพลำไส้ และมีฤทธิ์ลดการอักเสบได้ดี^(22, 23) การใช้ *L. rhamnosus* ในการหมักกล้วยเหลือง ยังพบว่าช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ในแง่ของ bioavailability ของสารอาหารอีกด้วย⁽³⁾ ข้าวโอ๊ตที่มีเบต้า-กลูแคนสูง เมื่อหมักโดย *L. plantarum* หรือ *Bifidobacterium spp.* พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันสายสั้นและโอสต์ไบโอติกส์ที่มีฤทธิ์ด้านการอักเสบ ซึ่งแสดงศักยภาพต่อการส่งเสริมสุขภาพลำไส้ โดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคลำไส้แปรปรวนและกลุ่มอาการเมตาบอลิก^(24, 25) งานวิจัยบางชิ้นยังแสดงให้เห็นว่า แม้ไม่มีจุลินทรีย์มีชีวิตหลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย แต่โอสต์ไบโอติกส์ที่เกิดขึ้นสามารถให้ผลทางสุขภาพได้เทียบเท่าหรือดีกว่าโพรไบโอติกส์ในบางกรณี โดยเฉพาะด้านความปลอดภัยและความคงตัวในสภาวะอุตสาหกรรม^(26, 27) ขณะที่มะพร้าวและเนื้อมะพร้าวสามารถหมักเพื่อผลิตเครื่องดื่มที่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ โดยการหมักน้ำมะพร้าวช่วยเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูล

อิสระและสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ⁽²⁰⁾ ขณะที่การศึกษาการหมักน้ำข้าวพบว่าโอสต์ไบโอติกส์ที่ได้จากการหมักน้ำข้าวสามารถส่งผลดีต่อสุขภาพของเซลล์ลำไส้ใหญ่⁽²⁸⁾ ส่วนการใช้ถั่วเขียวในการหมักร่วมกับจุลินทรีย์ที่เหมาะสมสามารถผลิตโอสต์ไบโอติกส์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้ ซึ่งการหมักถั่วเขียวจะสามารถลดสารต้านโภชนาการและเพิ่มการย่อยได้ของโปรตีน⁽²⁹⁾

แนวโน้มและทิศทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากพืช

ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากพืชที่มีโอสต์ไบโอติกส์ได้รับความสนใจเนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น การเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน การลดการอักเสบ และการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากพืชที่มีโอสต์ไบโอติกส์มีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นในด้านอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารจากพืช โดยมีการคาดการณ์ว่าตลาดจะมีมูลค่าสูงถึง 32.73 ล้านดอลลาร์สหรัฐภายในปี 2032⁽³⁰⁾ ด้านการวิจัยมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มีโอสต์ไบโอติกส์จากการหมักพืช โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตโอสต์ไบโอติกส์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติทางสุขภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการศึกษาผลกระทบของโอสต์ไบโอติกส์ต่อสุขภาพในระดับโมเลกุล⁽³¹⁾

ความท้าทายสำคัญในการประยุกต์ใช้ โพรไบโอติกส์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ การรักษา ความคงตัวของสารออกฤทธิ์และการพัฒนาเทคนิค การวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้ ปัจจุบันยังขาดมาตรฐานที่ชัดเจนในการประเมิน คุณภาพและปริมาณของโพรไบโอติกส์ใน ผลิตภัณฑ์อาหาร จึงมีความจำเป็นในการกำหนด แนวทางมาตรฐานเพื่อรองรับการพัฒนาและ ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของ โพรไบโอติกส์อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

บทสรุป

อาหารหมักเป็นแหล่งสำคัญของจุลินทรีย์ และสารชีวภาพที่มีบทบาทในการส่งเสริมสุขภาพ โดยเฉพาะโพรไบโอติกส์และโพรไบโอติกส์ ซึ่งใน ปัจจุบันโพรไบโอติกส์ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นจาก

คุณสมบัติด้านความปลอดภัย ความคงตัว และ ความสามารถในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ชัดเจน แม้ปราศจากจุลินทรีย์มีชีวิต โพรไบโอติกส์ ประกอบด้วยสารประกอบที่ได้จากจุลินทรีย์ที่ไม่ สามารถแบ่งตัวได้อีก เช่น กรดไขมันสายสั้น เอนไซม์ เปปไทด์ต้านจุลชีพ และชิ้นส่วนของผนัง เซลล์ ซึ่งแสดงผลในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ด้าน การอักเสบ ปรับสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้ และยับยั้ง เชื้อก่อโรคต่าง ๆ กลไกการออกฤทธิ์ ของ โพรไบโอติกส์ที่หลากหลายและแม่นยำ ทำให้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอาหาร ฟังก์ชัน ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร หรือแม้แต่ยาใน อนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยและพัฒนา อาหารหมักที่อุดมด้วยโพรไบโอติกส์จึงเป็น แนวทางที่สำคัญต่อทั้งสุขภาพของผู้บริโภคและการ ยกระดับอุตสาหกรรมอาหารในยุคใหม่

เอกสารอ้างอิง

1. Kumar A, Green KM, Rawat M. A comprehensive overview of postbiotics with a special focus on discovery techniques and clinical applications. *Foods*. 2024;13(18):2937.
2. Salminen S, Collado MC, Endo A, Hill C, Lebeer S, Quigley EMM, et al. The international scientific association of probiotics and prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2021;18(9):649-67.
3. Aguilar-Toalá JE, Garcia-Varela R, Garcia HS, Mata-Haro V, González-Córdova AF, Vallejo-Cordoba B, et al. Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science & Technology*. 2018;75:105-14.
4. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. The international scientific association for probiotics and prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. 2014;11(8):506-14.
5. Fiore W, Arioli S, Guglielmetti S. The neglected microbial components of commercial probiotic formulations. *Microorganisms*. 2020;8(8).

6. Asif A, Afzaal M, Shahid H, Saeed F, Ahmed A, Shah YA, et al. Probing the functional and therapeutic properties of postbiotics in relation to their industrial application. *Food Sci Nutr*. 2023;11(8):4472-84.
7. Ma L, Tu H, Chen T. Postbiotics in Human Health: A Narrative Review. *Nutrients*. 2023;15(2).
8. Wu MH, Pan TM, Wu YJ, Chang SJ, Chang MS, Hu CY. Exopolysaccharide activities from probiotic *Bifidobacterium*: Immunomodulatory effects (on J774A.1 macrophages) and antimicrobial properties. *Int J Food Microbiol*. 2010;144(1):104-10.
9. Foong O, Foo HL, Loh T, Mohamad R, Rahim R, Ariff A. A refined medium to enhance the antimicrobial activity of postbiotic produced by *Lactiplantibacillus plantarum* RS5. *Scientific Reports*. 2021;11.
10. Benítez-Chao DF, León-Buitimea A, Lerma-Escalera JA, Morones-Ramírez JR. Bacteriocins: An overview of antimicrobial, toxicity, and biosafety assessment by *in vivo* models. *Front Microbiol*. 2021;12:630695.
11. Tong Y, Abbas Z, Zhang J, Wang J, Zhou Y, Si D, et al. Antimicrobial activity and mechanism of novel postbiotics against foodborne pathogens. *LWT*. 2025;217:117464.
12. Asadi Z, Abbasi A, Ghaemi A, Montazeri EA, Akrami S. Investigating the properties and antibacterial, antioxidant, and cytotoxicity activity of postbiotics derived from *Lactocaseibacillus casei* on various gastrointestinal pathogens *in vitro* and in food models. *GMS Hyg Infect Control*. 2024;19:Doc60.
13. Davarzani S, Sanjabi MR, Mojgani N, Mirdamadi S, Soltani M. Investigating the antibacterial, antioxidant, and cholesterol-lowering properties of yogurt fortified with postbiotic of *Lactobacillus acidophilus* and *Lactiplantibacillus plantarum* in the wistar rat model. *Journal of Food Protection*. 2024;87(12):100408.
14. Vera-Santander VE, Mani-López E, López-Malo A, Jiménez-Munguía MT. Use of whey for a sustainable production of postbiotics with potential bioactive metabolites. *Sustainable Food Technology*. 2024;2(4):1101-12.
15. Guo C, Huo YJ, Li Y, Han Y, Zhou D. Gut-brain axis: Focus on gut metabolites short-chain fatty acids. *World J Clin Cases*. 2022;10(6):1754-63.
16. Thorakkattu P, Khanashyam AC, Shah K, Babu KS, Mundanat AS, Deliephan A, et al. Postbiotics: current trends in food and pharmaceutical industry. *Foods*. 2022;11(19).
17. Behare P, Singh R, Singh RP. Exopolysaccharide-producing mesophilic lactic cultures for preparation of fat-free Dahi - an Indian fermented milk. *J Dairy Res*. 2009;76(1):90-7.
18. Ahmad Rather I, Seo BJ, Rejish Kumar VJ, Choi UH, Choi KH, Lim JH, et al. Isolation and characterization of a proteinaceous antifungal compound from *Lactobacillus plantarum* YML007 and its application as a food preservative. *Lett Appl Microbiol*. 2013;57(1):69-76.
19. Makhal S, Kanawjia SK, Giri A. Effect of microGARD on keeping quality of direct acidified Cottage cheese. *J Food Sci Technol*. 2015;52(2):936-43.
20. Masiá C, Geppel A, Jensen PE, Buldo P. Effect of *Lactobacillus rhamnosus* on physicochemical properties of fermented plant-based raw materials. *Foods*. 2021;10(3).
21. Wegh CAM, Geerlings SY, Knol J, Roeselers G, Belzer C. Postbiotics and their potential applications in early life nutrition and beyond. *International journal of molecular sciences*. 2019; 20(19):4673.



22. Ma L, Tu H, Chen T. Postbiotics in human health: A narrative review. *Nutrients*. 2023;15(2):291.
23. Islam F, Azmat F, Imran A, Zippi M, Hong W, Tariq F, et al. Role of postbiotics in food and health: a comprehensive review. *CyTA - Journal of Food*. 2024;22(1):2386412.
24. Barros CP, Guimarães JT, Esmerino EA, Duarte MCKH, Silva MC, Silva R, et al. Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. *Current Opinion in Food Science*. 2020;32:1-8.
25. Bueno EBT, Silva KdO, Mendes MEF, de Oliveira LB, Menezes FPD, Imperador AC, et al. Postbiotics derived from lactic acid bacteria fermentation: Therapeutic potential in the treatment of muscular complications in inflammatory bowel disease. *Fermentation*. 2025;11(7):362.
26. Taverniti V, Guglielmetti S. The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability (ghost probiotics: proposal of paraprobiotic concept). *Genes Nutr*. 2011;6(3):261-74.
27. Żółkiewicz J, Marzec A, Ruszczyński M, Feleszko W. Postbiotics-a step beyond pre- and probiotics. *Nutrients*. 2020;12(8).
28. Anbalagan C, Nandabalan SK, Sankar P, Rajaram PS, Govindaraj K, Rupert S, et al. Postbiotics of naturally fermented synbiotic mixture of rice water aids in promoting colonocyte health. *Biomolecules*. 2024;14(3):344.
29. Muchimapura S, Thukhammee W, Phuthong S, Potue P, Khamseekaew J, Tong-un T, et al. Mung bean functional protein enhances endothelial function via antioxidant activity and inflammation modulation in middle-aged adults: a randomized double-blind trial. *Foods*. 2024;13(21):3427.
30. Postbiotics Market to Reach \$ 32.73 Million by 2032, Growing at a CAGR of 10.4% from 2025 - Exclusive Report by Meticulous Research®. PR Newswire [Internet]. 2025 April [cited 2025 May 12]. Available from: <https://finance.yahoo.com/news/postbiotics-market-reach-32-73-140100298.html?utm>.
31. Prajapati N, Patel J, Singh S, Yadav VK, Joshi C, Patani A, et al. Postbiotic production: harnessing the power of microbial metabolites for health applications. *Front Microbiol*. 2023;14:1306192.

ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ: ศักยภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

ทัศนีย์ ปลั่งกลาง

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมล: ifrtnp@ku.ac.th

รับเมื่อ 19 พฤษภาคม 2568 แก้ไขเมื่อ 3 กรกฎาคม 2568 ตอรับเมื่อ 16 กรกฎาคม 2568

จุดเด่น

- ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติเป็นตัวทำละลายสีเขียวที่มีความเป็นพิษต่ำและย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
- สามารถปรับแต่งองค์ประกอบทางเคมีให้เหมาะสมกับการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป้าหมาย
- เพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารสำคัญจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

บทคัดย่อ

ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ (natural deep eutectic solvents, NADES) ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในฐานะตัวทำละลายสีเขียวที่มีข้อได้เปรียบเหนือกว่าตัวทำละลายอินทรีย์แบบดั้งเดิม เนื่องจากมีความเป็นพิษต่ำ ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และสามารถปรับแต่งองค์ประกอบทางเคมีให้เหมาะสมกับการสกัดสารเป้าหมายได้หลากหลายชนิด งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า NADES สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีนอลิก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจากพืชชนิดต่าง ๆ ได้อย่างมีนัยสำคัญ บทความนี้นำเสนอภาพรวมเกี่ยวกับคุณสมบัติ ข้อดี ข้อจำกัด รวมถึงการประยุกต์ใช้ NADES ในกระบวนการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

คำสำคัญ: ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ การสกัดสีเขียว สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ผลิตภัณฑ์พลอยได้จากอุตสาหกรรมอาหาร

Natural deep eutectic solvents: Potential for bioactive compound extraction from agro-food industry by-products

Thussanee Plangklang

Department of Food Chemistry and Physics, Institute of Food Research and Product Development,
Kasetsart University

E-mail: thussanee.p@ku.th

Received 19 May 2025; **Revised** 3 July 2025; **Accepted** 16 July 2025

Highlights:

- NADES are green solvents with low toxicity and biodegradability
- Chemical composition can be tailored for targeted bioactive compound extraction
- Enhances extraction efficiency of valuable compounds from agricultural and food industry biological waste

Abstract

Natural deep eutectic solvents (NADES) have garnered increasing attention as green solvents that offer significant advantages over conventional organic solvents, including low toxicity, biodegradability, and an adaptable chemical composition that can be customized for extracting various target compounds. Previous studies have demonstrated that NADES effectively enhance the extraction efficiency of antioxidants, polyphenols, proteins, and carbohydrates. This article provides a comprehensive overview of the properties, benefits, limitations, and applications of NADES in the extraction of bioactive compounds from agro-food industry by-products.

Keywords: Natural deep eutectic solvents, Green extraction, Bioactive compounds, Food industry by-products

บทนำ

อุตสาหกรรมเกษตรและอาหารก่อให้เกิดของเหลือหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้จำนวนมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์พลอยได้เหล่านี้ยังคงมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ เช่น สารฟีนอลิก โปรตีน และโพลีแซคคาไรด์ อย่างไรก็ตาม การสกัดสารเหล่านี้โดยใช้สารเคมีและตัวทำละลายอินทรีย์แบบดั้งเดิมมักก่อให้เกิดข้อกังวลด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยต่อสุขภาพ เนื่องจากสารเหล่านี้อาจเป็นพิษและย่อยสลายได้ยาก ด้วยเหตุนี้แนวทางการสกัดที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น เช่น การสกัดด้วยน้ำกึ่งวิกฤตและคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ (natural deep eutectic solvents, NADES) เป็นตัวทำละลายซึ่งกำลังได้รับความสนใจในฐานะตัวทำละลายสีเขียว ที่สามารถลดการใช้สารเคมีอันตราย พร้อมทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากของเหลือในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

คุณสมบัติของตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ

คำว่า ยูเทคติก (eutectic) ถูกบัญญัติขึ้นโดย Frederick Guthrie⁽¹⁾ ซึ่งผสมภาษากรีก คำว่า “eu” ที่แปลว่า ดี หรือ ง่าย และ “τηκτος” ที่หมายถึง การหลอมละลาย โดยรวมหมายถึง

สารประกอบที่เกิดจากองค์ประกอบตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป ซึ่งผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้เกิดจุดหลอมเหลวต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่น ๆ จุดนี้เรียกว่า จุดยูเทคติก (eutectic point) ซึ่งเป็นจุดหลอมเหลวต่ำที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้จากการผสมสารสองชนิดหรือมากกว่าในอัตราส่วนที่แน่นอน

ตัวทำละลายดีพยูเทคติก (deep eutectic solvent, DES) เป็นสารผสมแบบยูเทคติกชนิดหนึ่ง โดยมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของสารแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบอย่างชัดเจน ปัจจัยสำคัญที่ใช้แยกความแตกต่างระหว่างตัวทำละลายยูเทคติกและตัวทำละลายดีพยูเทคติก คือการเปรียบเทียบระหว่างจุดหลอมเหลวจริงและจุดหลอมเหลวเชิงทฤษฎีที่คำนวณได้จากสมการ Schröder – van Laar⁽²⁾

สมการ Schröder–van Laar ถูกพัฒนาภายใต้สมมติฐานที่ว่าองค์ประกอบในระบบไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ideal solution) โดยใช้ข้อมูลพลังงานที่ใช้ในการหลอมเหลวและค่าจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์ในการคำนวณจุดหลอมเหลวของสารผสม หากระบบนั้นมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย จุดหลอมเหลวของสารผสมจะ

สอดคล้องกับค่าทางทฤษฎี หรือเบี่ยงเบนเพียงเล็กน้อย ซึ่งจัดว่าเป็นตัวทำละลายยูเทคติกทั่วไป

ในทางตรงกันข้าม หากจุดหลอมเหลวที่เกิดขึ้นจริงต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีอย่างชัดเจน ระบบนั้นจะแสดงลักษณะของระบบดีพยูเทคติก โดยทั่วไปลักษณะดังกล่าวเกิดจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสองในระดับโมเลกุล โดยเฉพาะการสร้างพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงและซับซ้อนระหว่าง hydrogen bond donor (HBD) และ hydrogen bond acceptor (HBA) ปฏิสัมพันธ์ดังกล่าวจะรบกวนการจัดเรียงตัวของผลึก ส่งผลให้โครงสร้างผลึกไม่สามารถก่อตัวได้อย่างเสถียร และต้องการพลังงานในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวน้อยลง ส่งผลให้จุดหลอมเหลวของระบบสารผสมลดลงต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีอย่างมีนัยสำคัญ

ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติ หรือ NADES หมายถึง DES ที่มีองค์ประกอบทั้ง HBD และ HBA เป็นสารที่มาจากสารธรรมชาติ เช่น กรดอินทรีย์ น้ำตาล กรดอะมิโน และพอลิแอลกอฮอล์ จึงเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยา⁽³⁾ NADES ไม่ติดไฟ มีความดันไอต่ำ เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ และสามารถย่อยสลายได้ง่าย จึงเป็นตัวเลือกที่ยั่งยืนมากกว่าในเชิงสิ่งแวดล้อม เมื่อเปรียบเทียบกับตัวทำละลาย

อินทรีย์แบบดั้งเดิม เช่น เมทานอล อะซิโตนและเฮกเซน ดังแสดงใน Table 1

ในฐานะตัวทำละลาย NADES มีทั้งกลไกการสกัดทางตรง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิสัมพันธ์กับสารเป้าหมายโดยตรง โดยส่วนใหญ่จะเป็นการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารเป้าหมาย และกลไกการสกัดทางอ้อม โดยการทำลายผนังเซลล์เพื่อปลดปล่อยสารเป้าหมายออกจากเมทริกซ์ของพืช^(4,5) คุณสมบัติหลักของ NADES เช่น ความหนืด ความหนาแน่น การนำไฟฟ้า แรงตึงผิว ความดันไอ และความเป็นขั้ว สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการเลือกชนิดของส่วนประกอบและการปรับอัตราส่วนโมลระหว่าง HBD และ HBA ซึ่งความยืดหยุ่นในการออกแบบองค์ประกอบนี้ทำให้ NADES มีความสามารถในการละลายและสกัดสารได้หลากหลายชนิด นอกจากนี้การเติมน้ำเข้าไปในระบบยังเป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของ NADES โดยช่วยลดความหนืด เพิ่มการนำไฟฟ้า เปลี่ยนแปลงความเป็นขั้ว รวมถึงเพิ่มการถ่ายเทมวลและความสามารถในการละลาย ส่งผลให้การสกัดสารเป้าหมายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น^(6,7) ข้อดีอีกประการของการสกัดด้วย NADES คือ สามารถดำเนินการที่อุณหภูมิต่ำ และยังสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานและลดการพึ่งพาสารเคมีที่เป็นอันตราย ทำให้สารสกัดที่ได้มีความปลอดภัย เหมาะสำหรับ

การใช้งานในอุตสาหกรรมอาหาร เกษษกรรม และ
เครื่องสำอาง

อย่างไรก็ตาม NADES ยังมีข้อจำกัดบาง
ประการ โดยเฉพาะความหนืดสูง ซึ่งส่งผลต่อการ
ไหลและการถ่ายเทมวล แม้การเติมน้ำจะช่วยลด
ความหนืดได้ แต่ก็อาจลดประสิทธิภาพในการสกัด
ลง การเลือกองค์ประกอบของ NADES ยังต้อง
อาศัยการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ NADES ที่เหมาะสม
กับสารเป้าหมาย นอกจากนี้การใช้งานในระดับ
อุตสาหกรรมยังคงต้องการการพัฒนาเทคโนโลยีที่
รองรับ เช่น การออกแบบอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับ
ของเหลวที่มีความหนืดสูง และระบบการนำตัวทำ
ละลายกลับมาใช้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับ
ด้านต้นทุนการผลิตนั้น แม้โดยทั่วไป NADES จะใช้
วัตถุดิบจากธรรมชาติเป็นหลัก แต่ในบางกรณีอาจ
ต้องใช้สารที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งอาจมีราคาแพง
และส่งผลต่อต้นทุนโดยรวมของกระบวนการ ใน
ส่วนของการแยก NADES ออกจากสารสกัด เมื่อ
เทียบกับตัวทำละลายทั่วไป NADES มีคุณสมบัติ
ทางกายภาพและเคมีที่ทำให้การแยกออกทำได้ยาก

กว่าตัวทำละลายแบบดั้งเดิม วิธีที่มีการใช้อยู่ใน
ปัจจุบัน เช่น การระเหย การตกตะกอน ไดอะไลซิส
หรือโครมาโทกราฟี อาจยังไม่มีประสิทธิภาพ
เพียงพอหรือมีต้นทุนสูงเกินไปสำหรับการใช้งานใน
ระดับอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตาม NADES เป็นระบบตัวทำ
ละลายที่ประกอบด้วยสารธรรมชาติ ซึ่งหลาย
องค์ประกอบได้รับการยอมรับว่าเป็นวัตถุเจือปน
อาหารหรือสามารถบริโภคได้โดยไม่ก่อให้เกิด
อันตราย ทำให้สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร
หรือใช้เป็นส่วนประกอบอาหารฟังก์ชันได้โดยไม่
จำเป็นต้องผ่านกระบวนการแยกตัวทำละลายออก
ก่อนใช้งานขั้นสุดท้าย เช่น การใช้เป็นส่วนผสมของ
ผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องสำอาง นอกจากนี้
NADES ยังมีคุณสมบัติในการรักษาเสถียรภาพของ
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สกัดได้ ด้วยคุณสมบัติ
เหล่านี้ การใช้ NADES ในการสกัดจึงสามารถลด
ความจำเป็นในกระบวนการแยกสาร (downstream
processing) และอาจส่งผลโดยตรงต่อการลดต้นทุน
การผลิตในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์เสริม
อาหาร^(8, 9)

Table 1 Properties of NADES and common organic solvents

Properties	NADES	Common Organic Solvents
1. Solubility and Selectivity for Target Compounds	Formulations can be tailored to specific target compounds; Suitable for both polar and non-polar substances.	High solubility efficiency, especially for low to moderately polar compounds; selectivity is relatively constant depending on the type of solvent.
2. User Safety	High safety profile; non-volatile, non-flammable, and non-toxic to the human body.	Many are toxic, volatile, flammable, and may affect the nervous system or internal organs.
3. Environmental Friendliness	Biodegradable and derived from natural raw materials.	Poor biodegradability; likely to cause contamination and environmental pollution.
4. Cost of Production and Usage	Made from inexpensive raw materials like sugars and organic acids; however, costs may increase if high purity is required.	Generally inexpensive and widely available, though some types can be costly, especially at high purity levels.
5. Ease of Use	High viscosity; may require dilution with water or additional temperature and stirring; not yet widely commercialized.	Supported by established systems and technologies for large-scale industrial use.
6. Separation from Extracts and Reusability	Difficult to separate from extracts; requires specialized techniques; has potential for reuse but needs further research.	Easily evaporated and separated by distillation; reusable.

การใช้ NADES ในการสกัดสารออกฤทธิ์จากผลิตภัณฑ์พลอยได้ในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร

การใช้ NADES ในการสกัดสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากของเหลือทางการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยมักนิยมใช้ควบคู่กับเทคโนโลยีการสกัดสมัยใหม่ เช่น การสกัดด้วยคลื่นอัลตราซาวด์ (ultrasound-assisted extraction, UAE) การสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave-assisted extraction, MAE) การสกัดของเหลวภายใต้ความดัน (pressurized liquid extraction, PLE) หรือการใช้รังสีอินฟราเรด ซึ่งแต่ละวิธีล้วนมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการแทรกซึมของตัวทำละลายและการถ่ายโอนมวลของสารออกฤทธิ์จากเมทริกซ์ของวัสดุชีวภาพ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทั้งด้านระยะเวลาและปริมาณสารสกัดที่ได้

การเลือกใช้ NADES พิจารณาได้จากคุณสมบัติทางเคมีของสารเป้าหมาย ตามหลักการ "like dissolves like" โดยเลือก NADES ที่มีคุณสมบัติด้านความมีขั้วใกล้เคียงกับสารที่ต้องการสกัด สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจำนวนมากมักมีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ เช่น หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อะมิโน (-NH₂) หรือคาร์บอกซิล (-COOH) ดังนั้น การเลือก HBD และ HBA ที่เหมาะสมจะช่วยสร้างเครือข่ายพันธะไฮโดรเจนกับ

สารเป้าหมายและเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดได้นอกจากนี้ความเสถียรของสารออกฤทธิ์ยังขึ้นกับ pH ของ NADES ที่ใช้ สารบางชนิดอาจไวต่อสภาวะเป็นกรดหรือด่าง จึงต้องพิจารณาเลือก NADES ที่มีค่า pH เหมาะสมเพื่อรักษาโครงสร้างและคุณสมบัติของสารไม่ให้เปลี่ยนแปลง อีกทั้ง NADES บางชนิดยังสามารถเกิดปฏิสัมพันธ์จำเพาะกับสารเป้าหมาย เช่น NADES ที่มีสมบัติเป็นกรดอาจช่วยตัดพันธะไกลโคซิดิกได้ หรือ NADES บางชนิดสามารถคงสภาพโครงสร้างโปรตีนได้ดีกว่า ในขณะเดียวกันปัจจัยภายนอกอื่น เช่น อุณหภูมิ เวลา และเทคนิคการสกัด ล้วนมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพการสกัด

สารประกอบฟีนอลิก เป็นกลุ่มสารเป้าหมายที่มีความสำคัญทางชีวภาพสูง โดยเฉพาะในด้านฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ สารเหล่านี้มักมีลักษณะขั้วปานกลางถึงสูง มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อยู่ในโครงสร้างจำนวนมาก และสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ง่าย ดังนั้น NADES ที่เหมาะสมสำหรับสารฟีนอลิกควรมีขั้วปานกลางถึงสูง และสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ดี โดยเฉพาะ NADES ที่มีกรดอินทรีย์ หรือเลือกใช้ HBD ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก เช่น กลีเซอรอล ที่สามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับสารประกอบฟีนอลิกได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มความสามารถในการสกัดหรือละลายสารเป้าหมายได้ดีขึ้น งานวิจัยหลายชิ้น

รายงานผลลัพธ์ที่น่าสนใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ NADES ในการสกัดสารฟีนอลิกและต้านอนุมูลอิสระจากแหล่งต่าง ๆ Panic และคณะ⁽¹⁰⁾ รายงานว่า การใช้โคลีนคลอไรด์ผสมกับกรดซิตริกสกัดโพลีฟีนอลจากกากองุ่นมีประสิทธิภาพดีกว่าเมื่อเทียบกับสารสกัดที่ได้จากการสกัดโดยใช้เอทานอลทั้งในแง่ปริมาณสารฟีนอลิกรวมถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง HeLa และ MCF-7 Chanioti และ Tzia⁽¹¹⁾ พบว่า การใช้ NADES ร่วมกับเทคนิคการสกัดสมัยใหม่ เช่น การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenate assistance extraction, HAE) MAE UAE หรือแม้แต่การใช้แรงดันสูง ให้ผลการสกัดดีกว่าการใช้ตัวทำละลายทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญ โดยการสกัดสารฟีนอลิกจากกากมะกอกได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น เมื่อใช้ HAE ร่วมกับโคลีนคลอไรด์ผสมกับกรดซิตริก และโคลีนคลอไรด์ผสมกับกรดแลกติก ในทำนองเดียวกัน Popovic และคณะ⁽¹²⁾ รายงานผลการสกัดแอนโทไซยานินจากกากเชอร์รี่เปรี้ยวด้วยโคลีนคลอไรด์ผสมกับยูเรียโคลีนคลอไรด์ผสมกับกรดมาลิก และโคลีนคลอไรด์ผสมกับฟรุกโตส โดยพบว่า โคลีนคลอไรด์ผสมกับกรดมาลิกให้ผลผลิตสูงถึง 62% ซึ่งสูงกว่าตัวทำละลายดั้งเดิม (เอทานอล 50% หรือเมทานอลที่มีกรดไฮโดรคลอริก 0.1%) ในขณะที่ Ozturk และคณะ⁽¹³⁾ แสดงให้เห็นว่าโคลีนคลอไรด์ผสมกับกลีเซอรอล และโคลีนคลอไรด์ผสมกับเอทิลีนไกลคอลมีประสิทธิภาพในการสกัด

สารฟีนอลิกจากเปลือกส้ม ผลการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า NADES ช่วยให้ผนังเซลล์ของเปลือกส้มแตกตัวได้ดี ส่งผลให้สามารถสกัดกรดเฟอรูลิก กรดคูมาริก และกรดแกลลิกได้ในปริมาณสูง

NADES ได้กลายเป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มที่ดีในการสกัดโปรตีนจากพืช เนื่องจากมีความสามารถในการสกัดแบบเฉพาะเจาะจงและคงสภาพโครงสร้างของโปรตีนได้ดีเมื่อเทียบกับวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม การสกัดโปรตีนด้วย NADES ต้องคำนึงถึงโครงสร้างโปรตีนที่ซับซ้อน และความเปราะบางของโปรตีนที่อาจเสียสภาพได้ง่ายเมื่อเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อม

โดยทั่วไปนิยมใช้โคลีนคลอไรด์เป็น HBA สำหรับโปรตีนที่ทนกรดสามารถเลือกใช้ HBD ที่เป็นกรดอินทรีย์ เช่น กรดแลกติก ส่วนโปรตีนที่ไวต่อกรดหรือต่างควรเลือก HBD ที่มี pH ไม่ต่ำหรือสูงมากนัก เช่น กลีเซอรอล ยูเรีย หรือน้ำตาลชนิดต่าง ๆ ทั้งนี้ NADES ที่สร้างพันธะกับหมู่อะมิโนและคาร์บอกซิลของโปรตีนได้ดีจะช่วยให้การสกัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษาการสกัดโปรตีนจากกากเปียร์โดยใช้โคลีนคลอไรด์ผสมกับทรีฮาโลสพบว่าให้ผลผลิตโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการสกัดด้วยแบบดั้งเดิม โดยลักษณะทางฟิสิกส์และเคมีของโปรตีนที่ได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธี เช่น น้ำหนักโมเลกุล โครงสร้างทุติยภูมิ องค์ประกอบกรดอะมิโน

และความสามารถในการอุ้มน้ำหรือน้ำมันของโปรตีนที่ได้จากการสกัดทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ⁽¹⁴⁾ ในขณะที่ Lin และคณะ⁽¹⁵⁾ พบว่า การสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดชิบคธอร์น (seabuckthorn seed meal) โดยใช้โคลีนคลอไรด์ ผสมกับกลีเซอรอล โคลีนคลอไรด์ ผสมกับกรดออกซาลิก และโคลีนคลอไรด์ ผสมกับยูเรีย ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 31.0–41.4% และมีความเข้มข้นของโปรตีนระหว่าง 64.3–67.5% แม้ว่าปริมาณโปรตีนที่ได้จะต่ำกว่าการสกัดด้วยต่าง แต่โปรตีนที่สกัดได้ด้วย NADES มีโครงสร้าง β -sheet ลดลง และมีโครงสร้าง β -turn เพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางชีวภาพที่ดีขึ้น รวมถึงมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นและกรดอะมิโนรวมสูงกว่าวิธีดั้งเดิม นอกจากนี้โปรตีนที่สกัดด้วยโคลีนคลอไรด์ ผสมกับยูเรียยังคงมีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลที่ใกล้เคียงกับโปรตีนตั้งต้นของกากเมล็ดชิบคธอร์น บ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ของโครงสร้างโปรตีนที่สกัดได้อีกทั้งค่าการย่อยในหลอดทดลอง (*in vitro* digestibility) โดยเอนไซม์เพปซินยังสูงถึง 54.2% Guzmán-Lorite และคณะ⁽¹⁶⁾ พบว่าการสกัดโปรตีนจากเมล็ดทับทิมด้วย NADES ที่เป็นการรุดตามด้วยการสกัดโดยใช้เทคนิค PLE ภายใต้สภาวะต่าง ให้ผลการสกัดโปรตีนที่ดียิ่งขึ้น โดยสามารถเพิ่มปริมาณโปรตีนที่สกัดได้เป็น 2 เท่า เมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างหลังจากจำลองกระบวนการย่อย

อาหารในระบบทางเดินอาหารและการระบุเปปไทด์พบว่าในไฮโดรไลเซตที่ได้จากการสกัดด้วย NADES มีเปปไทด์ 19 ชนิด โดย NADES มีแนวโน้มที่จะสกัดโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังพบว่าในกระบวนการสกัดยังพบสารออกฤทธิ์อื่น ๆ ที่ถูกสกัดร่วมกับโปรตีนด้วย เช่น สารประกอบฟีนอลิก กรดอะมิโน และกรดไขมัน Grudniewska และคณะ⁽¹⁷⁾ ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดเรพชืดและกากเมล็ดอ์ฟนิ่งพริมโรสโดยใช้โคลีนคลอไรด์ ผสมกับกลีเซอรอล พบว่าการตกตะกอนของโปรตีนเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด โดยสารสกัดที่ได้มีปริมาณโปรตีนประมาณ 40–50% เมื่อทำการสกัดที่ 140 °C และจากผลการวิเคราะห์ด้วย SDS-PAGE พบว่า NADES สามารถเลือกสกัดโปรตีนกลุ่ม cruciferin ที่มีขนาดโมเลกุลประมาณ 16–33 kDa จากกากเมล็ดเรพชืดได้อย่างจำเพาะเจาะจง ส่วนโปรตีนที่ได้จากกากเมล็ดอ์ฟนิ่งพริมโรสจะมีขนาดที่หลากหลายมากกว่า (10–40 kDa)

ความสามารถในการให้และรับโปรตอนของ NADES โดยเฉพาะโปรตอนที่ได้จากการดอินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการตัดพันธะไกลโคซิดิกแบบ β -1,4 ซึ่งเป็นพันธะหลักในการเชื่อมต่อหน่วยน้ำตาลในโครงสร้างของเฮมิเซลลูโลส⁽¹⁸⁾ คุณสมบัติดังกล่าวช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแปรรูปชีวมวล โดยเฉพาะการทำลายโครงสร้างที่เชื่อมโยงระหว่าง

ลิกนินและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจนและพันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง⁽¹⁹⁾ งานวิจัยที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ NADES ในการเตรียมวัสดุชีวมวล เช่น ชานอ้อย ก่อนเข้าสู่กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดน้ำตาล ไขมัน และลิกนินได้สูงกว่าการใช้ ความร้อนชื้น (hydrothermal treatment)^(20, 21) ในขณะที่ Bamigbade และคณะ⁽²²⁾ ใช้เทคนิค MAE ร่วมกับโคลีนคลอไรด์ผสมกับกรดซิตริก ในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากกากอินทผลัม โดยใช้กำลังไมโครเวฟ 400 วัตต์ ที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 5 นาที ที่สภาวะดังกล่าวให้ผลผลิตสูงถึง 48.8 mg/mL และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์และต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทสรุป

ตัวทำละลายดีพยูเทคติกจากธรรมชาติเป็นนวัตกรรมที่โดดเด่นในฐานะตัวทำละลายสีเขียวที่มี

ศักยภาพในการสกัดสารออกฤทธิ์จากวัสดุเหลือใช้ ในอุตสาหกรรมอาหารและเกษตร ด้วยองค์ประกอบจากสารธรรมชาติและความสามารถในการสร้างพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรง ทำให้ NADES มีจุดหลอมเหลวต่ำและคุณสมบัติการละลายที่ดี นอกจากนี้ยังสามารถปรับแต่งคุณสมบัติได้อย่างหลากหลายผ่านการเลือกองค์ประกอบ หรือการเติมน้ำเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดสารเป้าหมาย NADES แสดงศักยภาพที่เหนือกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ทั่วไปในการสกัดสารฟีนอลิก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตจากวัสดุเหลือใช้หลายชนิด โดยยังคงคุณสมบัติทางชีวภาพของสารสกัดได้อย่างดี อย่างไรก็ตาม NADES ยังมีข้อจำกัดด้านความหนืดและความท้าทายในการแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัด แต่ด้วยความปลอดภัย ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงความเป็นไปได้ที่อาจไม่จำเป็นต้องมีกระบวนการแยกสาร การใช้ NADES จึงเป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มในการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องสำอางในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Guthrie F. LII. On Eutexia. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science. 1884;17(108):462-82.
2. Oyoum F, Toncheva A, Henríquez LC, Grougnet R, Laoutid F, Mignet N, Alhareth K, Corvis Y. Deep Eutectic Solvents: An Eco-friendly Design for Drug Engineering. ChemSusChem. 2023;16(20):e202300669.
3. Hikmawanti NP, Ramadon D, Jantan I, Mun'im A. Natural Deep Eutectic Solvents (NADES): Phytochemical Extraction Performance Enhancer for Pharmaceutical and Nutraceutical Product Development. Plants. 2021;10(10).



4. Usmani Z, Sharma M, Tripathi M, Lukk T, Karpichev Y, Gathergood N, Singh BN, Thakur VK, Tabatabaei M, Gupta VK. Biobased natural deep eutectic system as versatile solvents: Structure, interaction and advanced applications. *Science of The Total Environment*. 2023;881:163002.
5. Kalhor P, Ghandi K. Deep eutectic solvents for pretreatment, extraction, and catalysis of biomass and food waste. *Molecules*. 2019;24(22).
6. Mohd Fuad F, Mohd Nadzir M, Harun@Kamaruddin A. Hydrophilic natural deep eutectic solvent : A review on physicochemical properties and extractability of bioactive compounds. *Journal of Molecular Liquids*. 2021;339:116923.
7. Lajoie L, Fabiano-Tixier A-S, Chemat F. Water as green solvent: methods of solubilisation and extraction of natural products—past, present and future solutions. *Pharmaceuticals*. 2022;15(12).
8. de los Ángeles Fernández M, Boiteux J, Espino M, Gomez FJ, Silva MF. Natural deep eutectic solvents-mediated extractions: The way forward for sustainable analytical developments. *Analytica Chimica Acta*. 2018;1038:1-10.
9. da Silva DT, Smaniotto FA, Costa IF, Baranzelli J, Muller A, Somacal S, Monteiro CSA, Vizzotto M, Rodrigues E, Barcia MT. Natural deep eutectic solvent (NADES): A strategy to improve the bioavailability of blueberry phenolic compounds in a ready-to-use extract. *Food Chemistry*. 2021;364:130370.
10. Panić M, Stojković MR, Kraljić K, Škevin D, Redovniković IR, Srček VG, Radošević K. Ready-to-use green polyphenolic extracts from food by-products. *Food Chemistry*. 2019;283:628-36.
11. Chanioti S, Tzia C. Extraction of phenolic compounds from olive pomace by using natural deep eutectic solvents and innovative extraction techniques. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018;48:228-39.
12. Popovic BM, Micic N, Potkonjak A, Blagojevic B, Pavlovic K, Milanov D, Juric T. Novel extraction of polyphenols from sour cherry pomace using natural deep eutectic solvents–Ultrafast microwave-assisted NADES preparation and extraction. *Food Chemistry*. 2022;366:130562.
13. Ozturk B, Parkinson C, Gonzalez-Miquel M. Extraction of polyphenolic antioxidants from orange peel waste using deep eutectic solvents. *Separation and Purification Technology*. 2018;206:1-13.
14. Hadinoto K, Ling JK-U, Park J-W, Tran T-T, Pu S. Extraction of brewer's spent grain protein using natural deep eutectic solvent compared to alkaline extraction: Evaluating their yields, physicochemical characteristics, and functionalities. *Food and Bioproducts Processing*. 2025;150:12-24.
15. Lin J, Xiang H, Sun-Waterhouse D, Cui C, Wang W. Deep eutectic solvents and alkaline extraction of protein from seabuckthorn seed meal: a comparison study. *Food Science and Human Wellness*. 2022;11(4):1028-35.
16. Guzmán-Lorite M, Marina ML, García MC. Successive extraction using natural deep eutectic solvents and pressurized liquids for a greener and holistic recovery of proteins from pomegranate seeds. *Food Research International*. 2022;161:111862.
17. Grudniewska A, de Melo EM, Chan A, Gniłka R, Boratyński F, Matharu AS. Enhanced protein extraction from oilseed cakes using glycerol–choline chloride deep eutectic solvents: A biorefinery approach. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2018;6(11):15791-800.
18. Ji Q, Tan CP, Yagoub AEA, Chen L, Yan D, Zhou C. Effects of acidic deep eutectic solvent pretreatment on sugarcane bagasse for efficient 5-hydroxymethylfurfural production. *Energy Technology*. 2021;9(9):2100396.



19. Liu Y, Chen W, Xia Q, Guo B, Wang Q, Liu S, Liu Y, Li J, Yu H. Efficient cleavage of lignin-carbohydrate complexes and ultrafast extraction of lignin oligomers from wood biomass by microwave-assisted treatment with deep eutectic solvent. *ChemSusChem*. 2017;10(8):1692-700.
20. Raj T, Chandrasekhar K, Morya R, Kumar Pandey A, Jung J-H, Kumar D, Singhania RR, Kim S-H. Critical challenges and technological breakthroughs in food waste hydrolysis and detoxification for fuels and chemicals production. *Bioresource Technology*. 2022;360:127512.
21. Raj T, Singh V. Natural deep eutectic solvents (NADES) assisted deconstruction of oilcane bagasse for high lipid and sugar recovery. *Industrial Crops and Products*. 2024;210:118127.
22. Bamigbade GB, Subhash AJ, Al-Ramadi B, Kamal-Eldin A, Gan R-Y, Liu SQ, Ayyash M. Gut microbiota modulation, prebiotic and bioactive characteristics of date pomace polysaccharides extracted by microwave-assisted deep eutectic solvent. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2024;262:130167.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาบักวีตเพื่อเพิ่มมูลค่า

สุทธกานต์ ใจกาวิล^{1*}, พิชญ์นันท์ กังแฮ¹, ชมดาว ลิกขะมณฑล²

และจันทร์เพ็ญ แสงประกาย²

¹กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว

²สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: suttakarn.j@rice.mail.go.th

รับเมื่อ 31 พฤษภาคม 2568 แก้ไขเมื่อ 9 กันยายน 2568 ตอรับเมื่อ 14 ตุลาคม 2568

จุดเด่น

- ผลิตภัณฑ์ชาจากบักวีตที่ปลูกในจังหวัดน่าน ประเทศไทย
- ชาบักวีตอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ
- การคั่วส่งผลให้ชาบักวีตมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว
- กระบวนการผลิตชาบักวีตเป็นกระบวนการที่ง่าย และสามารถทำได้ในชุมชน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตชาบักวีตที่ปลูกในพื้นที่อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน โดยศึกษาหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมสำหรับผลิตชา ระยะเวลาในการคั่ว น้ำหนักชาคั่วต่อถุง และเวลาในการแช่ชาในน้ำร้อน ผลการทดลองพบว่า การคั่วเมล็ดบักวีตที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ในเวลา 20 และ 30 นาที ให้สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบรวมของผู้บริโภค สูงกว่าบักวีตที่คั่วที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส โดยชาบักวีตที่ได้รับความพึงพอใจสูงที่สุดคือ ตัวอย่างที่ใช้เวลาการคั่วนาน 20 นาที น้ำหนัก 5 กรัม และแช่น้ำร้อน 10 นาที เนื่องจากสามารถสกัดชาบักวีตที่มีคุณลักษณะสี กลิ่นรส รสชาติ และความเข้มข้นของชาดีที่สุด ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของบักวีตคั่วพบว่า มีสีเหลืองน้ำตาลอ่อน เมื่อทำเป็นเครื่องดื่มชาชงโดยใช้เมล็ดบักวีตคั่ว 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ได้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ามีสารต้านอนุมูลอิสระ 0.343 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 0.922 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไม่พบคาเฟอีน ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยวิธี Hedonic 9-point scale พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาความชอบของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความเข้มข้นของชา และความชอบรวมอยู่ในระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ย 6.97, 7.18, 6.92, 7.00, 6.95 และ 7.08 ตามลำดับ ถ้ามี



การจำหน่ายเครื่องต้มผู้บริโภคสนใจจะซื้อถึงร้อยละ 94.74 แสดงว่าผลิตภัณฑ์เครื่องต้มชาบกวีตมีแนวโน้มสามารถวางขายในท้องตลาดได้ในอนาคต

คำสำคัญ: บักวีต ชาบกวีต การคั่ว สารต้านอนุมูลอิสระ จังหวัดน่าน

Development of Buckwheat Tea Product for Value Addition

Suttakarn Jaikawin^{1*}, Pitchanan Kanghae¹, Janpen Saengprakai² and Chomdao Sikkhamonthon²

¹Division of Rice Research and Development, Rice Department, Phrae, Thailand

²Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

*Corresponding author, E-mail: suttakarn.j@rice.mail.go.th

Received 31 May 2025; Revised 9 September 2025; Accepted 14 October 2025

Highlights

- Buckwheat tea made from buckwheat grown in Nan Province, Thailand
- Rich in antioxidants beneficial to health
- Roasting enhances the distinctive aroma of buckwheat tea
- The production process of buckwheat tea is simple and feasible for community level

Abstract

This research aimed to develop a tea product from buckwheat grown in Bo Kluea District, Nan Province. The study focused on identifying the optimal temperature and time for roasting buckwheat seeds and examined the roasting time, tea bag weight, and steeping time in hot water. The results indicated that roasting buckwheat seeds at 180 °C for 20 and 30 minutes produced better color, aroma, flavor, texture, and overall consumer preference compared to roasting at 160°C. Consumers favored the sample roasted for 20 minutes with a weight of 5 grams per tea bag and a steeping time of 10 minutes, as it yielded the best color, aroma, flavor, and tea concentration. The physical analysis of roasted buckwheat showed a light brown-yellow color. The chemical analysis of the tea made from 5 grams of roasted buckwheat seeds per 100 milliliters of water revealed an antioxidant content of 0.343 mg/100 mg

and a total flavonoid content of 0.922 mg/ 100 mg, with no caffeine detected. The consumer acceptance test indicated a moderate level of acceptance by Hedonic 9-point scale method, with average scores for appearance, color, aroma, flavor, tea concentration, and overall preference being 6.97, 7.18, 6.92, 7.00, 6.95 and 7.08, respectively. Moreover, 94.74% of consumers expressed interest in purchasing the tea, suggesting that buckwheat tea has the potential to be marketed in the future.

Keywords: Buckwheat, Buckwheat tea, Roasting, Antioxidants, Nan province

บทนำ

บัควีต (*Fagopyrum esculentum* Moench) เป็นพืชในตระกูล *Polygonaceae* ที่แม้จะไม่ใช่ธัญพืชแท้ (pseudo-cereal) แต่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะคล้ายธัญพืช โดยเฉพาะในรูปแบบของอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น จีน ญี่ปุ่น และเกาหลี เนื่องจากบัควีตมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็น โปรตีนคุณภาพดี ฟลาโวนอยด์ และปราศจากกลูเตน จึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีภาวะแพ้กลูเตนหรือผู้ที่มุ่งเน้นการบริโภคผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ⁽¹⁾ ในบัควีตพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ รูติน (rutin) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยเสริมความแข็งแรงของหลอดเลือดลดความดันโลหิต และป้องกันภาวะหลอดเลือดแข็งตัว⁽²⁻³⁾ และเคอร์เซทิน (quercetin) ซึ่งเป็นฟลาโวนอยด์อีกชนิดที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบและอาจลดความเสี่ยงของโรคหัวใจ⁽⁴⁾ นอกจากนี้ยังมีสาร D-chiro-inositol ซึ่งช่วยเพิ่มการตอบสนองต่ออินซูลินและลดระดับกลูโคสในเลือด จึงมีศักยภาพในการควบคุมระดับน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2⁽⁵⁾ หนึ่งในผลิตภัณฑ์จากบัควีตที่ได้รับความนิยมในต่างประเทศคือ ซาบัควีตคั่ว ซึ่งได้รับการยอมรับในฐานะเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โดยมีงานวิจัยยืนยันถึงคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น การช่วยลดความดันโลหิต⁽⁶⁻⁷⁾ ปรับสมดุลระดับ

น้ำตาลในเลือด และส่งเสริมสุขภาพลำไส้ผ่านสารพรีไบโอติกส์ เช่น D-fagomine⁽¹⁰⁾ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการอักเสบ⁽¹¹⁾ และเป็นแหล่งของแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก และแมงกานีส ซึ่งสามารถละลายออกมาในน้ำชาเมื่อผ่านการชง⁽¹²⁾ รูปแบบการบริโภคซาบัควีตมีความหลากหลายตามวัฒนธรรมในแต่ละภูมิภาค เช่น Soba-cha ของญี่ปุ่นที่นิยมดื่มแบบร้อนหรือเย็นจากบัควีตคั่วพันธุ์ธรรมดาหรือ “Dattan” ที่มีรูตึนสูง Kuqiao-cha ของจีนใช้บัควีตพันธุ์ Tartary ที่มีรสขมแต่สารออกฤทธิ์สูง ส่วน Memil-cha ของเกาหลีนิยมใช้พันธุ์จากจังหวัดกังวอน (Gangwon) และในยุโรปกับอเมริกาเหนือ ซาบัควีตกำลังได้รับความนิยมในกลุ่มสุขภาพ โดยมีกวางจำหน่ายในรูปแบบของชาหรือผงสำเร็จเพื่อทดแทนกาแฟและควบคุมน้ำหนัก ในบริบทของประเทศไทย บักวีตเริ่มได้รับความสนใจในฐานะพืชทางเลือก โดยเฉพาะในพื้นที่สูงของจังหวัดน่าน ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศและระดับความสูงที่เหมาะสมต่อการปลูกบัควีต โดยเฉพาะในอำเภอเบ่อเกือที่สามารถพัฒนาให้เป็นแหล่งผลิตผลผลิตและใช้เป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดินได้⁽¹³⁾ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซาบัควีตอย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านการกระบวนการผลิต การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตขบักวิตในพื้นที่จังหวัดน่าน โดยศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการคั่วที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์พร้อมทั้งประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ความพึงพอใจของผู้บริโภค และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี เพื่อกำหนดแนวทางการผลิตขบักวิตเพื่อสร้างมูลค่าให้กับชุมชนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. เมล็ดขบักวิตดิบ ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน
2. น้ำสะอาด

เครื่องมืออุปกรณ์

1. ตะแกรงขนาด 80 เมช สำหรับร่อนผงเปลือกและเมล็ด
2. ถังเยื่อกระดาษก้นตั้ง ขนาดประมาณ 5.0 × 6.0 เซนติเมตร
3. ถังไนลอนสามเหลี่ยม ขนาดประมาณ 5.5 × 7.0 เซนติเมตร
4. เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรด ยี่ห้อ INGCOR รุ่น HIT0155028 ประเทศจีน
5. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด ยี่ห้อ OHAUS รุ่น Scout™ SKX621 ประเทศสหรัฐอเมริกา

วิธีการ

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการคั่วต่อคุณภาพของชา

เตรียมเมล็ดขบักวิตที่เก็บเกี่ยวแล้วถูกนำมาทำความสะอาดโดยการล้างน้ำและคัดสิ่งแปลกปลอมออก ผึ่งให้แห้งในที่ร่มจนไม่มีน้ำเกาะ แล้วเก็บในภาชนะสะอาดเพื่อเตรียมเข้าสู่กระบวนการคั่ว วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วยปัจจัยการทดลองอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 160°C และ 180°C และเวลาในการคั่ว 3 ระดับ คือ 20, 25 และ 30 นาที รวมทั้งหมด 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ดังแสดงใน Table 1 โดยนำเมล็ดขบักวิตล้างสะอาดแล้วไปคั่วในกระทะเหล็กขนาด 20 นิ้ว ที่อุณหภูมิตามกำหนด ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิอินฟราเรดวัดอุณหภูมิที่ผิวกระทะ (surface thermometer) เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ เมล็ดขบักวิตในแต่ละตัวอย่างจะถูกคั่วครั้งละ 1 กิโลกรัมต่อ 1 กระทะ ในปริมาณเท่ากันเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากคั่วแล้วนำเมล็ดมาผึ่งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปวิเคราะห์หรือใช้ในขั้นตอนถัดไป จากนั้นทำการประเมินสี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้แบบทดสอบประสาทสัมผัสแบบ Hedonic 9-point scale ซึ่งเป็นระบบการให้คะแนนในช่วง 1 = ไม่ชอบอย่างยิ่ง ถึง 9 = ชอบอย่างยิ่ง ครอบคลุมลักษณะที่ประเมิน

ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเข้มข้น และความชอบรวม ด้วยการทดสอบประสาทสัมผัส โดยผู้เชี่ยวชาญ 15 คน ซึ่งได้รับการคัดเลือกจากผู้มีประสบการณ์ในการประเมินผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพอย่างน้อย 2 ปี และผ่านการฝึกอบรมด้านการวิเคราะห์ประสาทสัมผัสเบื้องต้น

เพื่อให้สามารถให้คะแนนได้อย่างแม่นยำและสม่ำเสมอ โดยตัวอย่างทั้งหมดถูกจัดเสิร์ฟ แบบสุ่มลำดับ (randomized order) พร้อมรหัสตัวอย่างแบบไม่ระบุตัวตน เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของการทดสอบแบบ blind test และหลีกเลี่ยงอคติจากลำดับการชิม

Table 1 Sample preparation conditions in the buckwheat tea quality experiment

Sample code	Temperature (°C)	Time (min)
T160/t20	160	20
T160/t25	160	25
T160/t30	160	30
T180/t20	180	20
T180/t25	180	25
T180/t30	180	30

2. ศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการชงชาแบบ steeping

นำเมล็ดบักวีตคั่วจากแต่ละสภาวะภูณำมาบดให้พอแตกด้วยครกหิน ทำการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 80 เมช เพื่อลดเศษผงละเอียด และชั่งน้ำหนักเมล็ดบักวีตคั่ว 5 กรัม นำมาบรรจุในถุงชา ถุงเยื่อกระดาษกันตั่งขนาด 5.0 × 6.0 เซนติเมตร เปรียบเทียบกับการบรรจุในถุงไนลอนสามเหลี่ยมขนาด 5.5 × 7.0 เซนติเมตร

หลังจากนั้นเลือกตัวอย่างที่ได้คะแนนสูงสุด มาทดสอบผลของเวลาในการคั่ว 20 และ 30 นาที น้ำหนักเมล็ดต่อถุง 5 และ 6 กรัม และเวลาในการแช่น้ำร้อน 5 และ 10 นาที รวมเป็น 4 ตัวอย่างทดสอบ โดยวิธีการชง แช่ถุงชาในน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิประมาณ 80–90°C ตามระยะเวลาที่กำหนด กำหนดรหัสตัวอย่างที่ทดสอบรวมทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Sample preparation conditions for studying optimal factors in buckwheat tea steeping

Sample code	Roasting time (min)	Sample weight (g)	Hot water extraction time (min)
R20W5S10	20	5	10
R30W5S5	30	5	5
R20W6S10	20	6	10
R30W6S5	30	6	5

3. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ ตรวจสอบค่าความสว่าง (L^*) และ สี (a^* , b^*) ใช้วิธี CIELAB color space ด้วยเครื่องวัดสีแบบสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ตรวจสอบค่า a_w (water activity) ด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ และการวิเคราะห์ทางเคมี โดยตรวจวัดปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้าคาร์โบไฮเดรต พลังงาน ฟอสฟอรัส แคลเซียม สารต้านอนุมูลอิสระ และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เตรียมตัวอย่างชาบักวีตที่ใช้ในการวิเคราะห์เตรียมโดยใช้เมล็ดบักวีตคั่ว 5 กรัม แช่น้ำร้อน 100 มิลลิลิตร นาน 10 นาที โดยการวิเคราะห์หาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH radical scavenging assay โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานโทรล๊อกซ์ (Trolox) และรายงานผลเป็นไมโครโมลเทียบเท่าโทรล๊อกซ์ต่อ 100 กรัม ($\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$) ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดวิเคราะห์

ด้วยวิธี Aluminium chloride colorimetric method เทียบกับสารมาตรฐานควอร์เซทิน (Quercetin) และรายงานผลเป็น ไมโครกรัมเทียบเท่าควอร์เซทินต่อ 100 กรัม ($\mu\text{g quercetin equivalent}/100 \text{ g}$)

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ดำเนินการโดยใช้วิธีการประเมินความชอบแบบ Hedonic 9-point scale ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส โดยใช้ระดับคะแนน 9 จุด สำหรับการประเมินความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความเข้มข้น และความชอบรวม ขณะที่การประเมินระดับการยอมรับโดยรวมใช้ระดับคะแนน 5 จุด กลุ่มผู้บริโภคที่เข้าร่วมการทดสอบจำนวน 38 คน โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) เพื่อนำมาประเมินผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินทั้งหมดถูกนำมา

วิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบคุณลักษณะด้าน
ประสาทสัมผัสของตัวอย่างชาบักวีตที่พัฒนา

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประเมิน
ทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์คุณภาพ
ผลิตภัณฑ์ ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย
โปรแกรม R version 4.3.2 โดยใช้การวิเคราะห์
ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ
ตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการคั่วต่อ คุณภาพของชา

จากการทดลองพบว่า ตัวอย่าง T160/t20
และ T160/t25 บักวีตคั่วที่อุณหภูมิ 160 องศา
เซลเซียส เวลาการคั่ว 20 และ 25 นาที เมื่ออบและ
ไปแช่น้ำร้อนแล้ว ไม่มีกลิ่นรส รสจืด สีส่อนมาก
จึงไม่นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งตัวอย่าง
เมล็ดที่ผ่านการคั่วและบดดังแสดงใน Figure 1
ดังนั้นตัวอย่างที่ทดสอบเหลือรวมทั้งหมด 4
ตัวอย่าง นำตัวอย่างไปทดสอบความชอบให้กับผู้
ทดสอบระดับผู้เชี่ยวชาญ 15 คน พบว่า ความใสมี
ลักษณะปรากฏมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.73–6.00
คะแนน อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง โดย
ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (NS)

แสดงว่า ผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่าง
ด้านลักษณะปรากฏได้ชัดเจน ทุกตัวอย่างมีระดับ
ความใสที่ผู้ทดสอบชอบในระดับใกล้เคียงกัน สีของ
น้ำชาของตัวอย่าง T180/t30 และ T180/t20 ได้
คะแนนสูงสุด 6.13 และ 5.73 ตามลำดับ อยู่ใน
ระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ซึ่งแตกต่าง
อย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่าง T160/t30 และ
T180/t25 ได้คะแนน 5.13 และ 5.26 ตามลำดับ
โดยตัวอย่าง T180/t30 ได้รับความชอบด้านสีมาก
ที่สุด กลิ่นของบักวีตพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง
5.00–5.73 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย โดยไม่มีความ
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างตัวอย่าง (NS)
แสดงว่ากลิ่นของชาทั้ง 4 สูตรมีระดับความชอบที่
ใกล้เคียงกัน ขณะที่รสชาติตัวอย่าง T180/t30 มี
ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 5.40 คะแนน อยู่ในระดับชอบ
เล็กน้อยซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่าง
T160/t30 และ T180/t25 ส่วนตัวอย่าง T180/t20
ไม่แตกต่างจากทุกตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ และ
ความเข้มข้นของชาตัวอย่าง T180/t30 ได้คะแนน
สูงสุด 5.26 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
จากตัวอย่าง T180/t25 แต่ไม่แตกต่างจาก
T160/t30 และ T180/t20 แสดงว่า T180/t30 ให้
ความรู้สึกเข้มข้นที่เหมาะสมกว่าตัวอย่างอื่น
อย่างไรก็ตาม ความชอบรวมพบว่าตัวอย่าง
T180/t30 ได้คะแนนรวมสูงสุด 5.43 อยู่ในระดับ
ชอบเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก

ตัวอย่าง T180/t25 และไม่แตกต่างกับ T180/t20
ดังนั้นจึงเลือกตัวอย่าง T180/t20 กับ T180/t30

มาวางแผนการทดลองและทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกตัวอย่างที่ผู้ทดสอบชอบและยอมรับมากที่สุด ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Sensory evaluation of four buckwheat tea samples using the 9-point hedonic scale

Samples	Appearance (clarity) ^{NS}	Color	Buckwheat aroma ^{NS}	Flavor	Texture (tea strength)	Overall preference
T160/t30	5.93 ± 1.03	5.13 ± 1.35 ^b	5.20 ± 1.69	4.60 ± 1.45 ^b	4.66 ± 1.67 ^{ab}	4.73 ± 1.66 ^{ab}
T180/t20	5.86 ± 1.06	5.73 ± 1.27 ^a	5.26 ± 1.33	5.00 ± 1.64 ^{ab}	4.80 ± 1.37 ^{ab}	5.00 ± 1.36 ^{ab}
T180/t25	5.73 ± 1.10	5.26 ± 1.38 ^b	5.00 ± 1.55	4.46 ± 1.64 ^b	4.46 ± 1.72 ^b	4.53 ± 1.55 ^b
T180/t30	6.00 ± 0.92	6.13 ± 1.12 ^a	5.73 ± 1.43	5.40 ± 1.40 ^a	5.26 ± 1.43 ^a	5.43 ± 1.42 ^a

Note: ^{NS} = Not significant difference, ^{a, b} = Means followed by different superscripts within a column are significantly different (p<0.05)



Figure 1 Appearance of raw buckwheat (a) and roasted buckwheat (b)

2. การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการชงชาแบบ steeping

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ถุงเยื่อกระดาษที่ใช้บรรจุเมล็ดบักวีตคั่วเพื่อชงชาเกิดปัญหา ฉีกขาดและยุ่ง่าย เมื่อนำไปแช่น้ำร้อนเป็นเวลานาน จึงไม่เหมาะสำหรับการใช้งานใน

ระดับผลิตภัณฑ์จริง ทั้งนี้เนื่องจากถุงเยื่อกระดาษมีความทนทานต่ำเมื่อสัมผัสน้ำร้อนต่อเนื่องในการทดลองจึงเปลี่ยนมาใช้ ถุงไนลอนสามเหลี่ยมขนาด 5.5 × 7.0 เซนติเมตร ที่มีเชือกสำหรับชงในถ้วยน้ำร้อน คุณสมบัติของถุงไนลอนดังกล่าวคือสามารถทนความร้อนได้ดี ไม่ขาดง่าย และสามารถ

แช่น้ำร้อนได้นานถึงระดับข้าวโม่งโดยไม่เสื่อมสภาพ จึงเหมาะสมสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาชงที่ใช้งานได้จริง และเพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการชงชาจากบักวีต จึงได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชาชง ได้แก่ เวลาในการคั่ว น้ำหนักเมล็ดบักวีตต่อชงชา และระยะเวลาในการแช่น้ำร้อน โดยที่อุณหภูมิการคั่วถูกกำหนดเป็นค่าคงที่ 180°C ซึ่งเป็นระดับที่ให้ผลลัพธ์ทางประสาทสัมผัสที่สุดจากการทดลองในหัวข้อก่อนหน้านี้ ผลการทดสอบความชอบแสดงใน Table 4 พบว่า ตัวอย่าง R20W5S10 ได้รับคะแนนสูงสุดในหลายด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏได้คะแนน 6.13 อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากตัวอย่าง R30W6S5 ได้คะแนน 5.53 แสดงว่าความใสและการตกตะกอนของน้ำชาที่น้อยกว่า สำหรับกลิ่นบักวีตผลการประเมินได้ 5.80 สูงกว่าตัวอย่าง R30W6S5 อย่างมีนัยสำคัญ และมีรสชาติที่ 6.00 คะแนน ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่าง R30W5S5 และ R30W6S5

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงให้เห็นว่ารสชาติของชาตัวอย่าง R20W5S10 ได้รับความชอบมากกว่าอย่างชัดเจน ขณะที่สีของน้ำชาคะแนน อยู่ในช่วง 5.40–5.93 และความเข้มข้นของชาอยู่ในช่วง 4.80–5.53 ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่ม แต่คะแนนเฉลี่ยในทั้งสองด้านอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลางโดยรวมแล้วตัวอย่าง R20W5S10 ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดที่ 5.73 และไม่แตกต่างทางสถิติกับตัวอย่างอื่น แต่อยู่ในระดับชอบปานกลางตามเกณฑ์การทดสอบแสดงถึงศักยภาพของสูตรดังกล่าวในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชาชงเพื่อสุขภาพ ทั้งนี้ผู้ทดสอบบางรายให้ความเห็นว่าตัวอย่าง R30W6S5 และ R30W5S5 มีรสขมและกลิ่นไหม้มากกว่า ซึ่งอาจเกิดจากเวลาคั่วที่ยาวเกินไปที่ 30 นาที จึงยืนยันได้ว่าระยะเวลาการคั่วที่เหมาะสมที่ 20 นาที ในตัวอย่าง R20W5S10 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีที่สุด และเหมาะสมที่จะนำไปสู่การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในขั้นตอนถัดไป

Table 4 Sensory evaluation of optimized buckwheat tea samples using the 9-point hedonic scale

Samples	Appearance (clarity and sedimentation)	Color ^{NS}	Buckwheat aroma	Flavor	Texture (tea strength) ^{NS}	Overall preference ^{NS}
R20W5S10	6.13 ± 1.12 ^a	5.40 ± 1.18	5.80 ± 1.26 ^a	6.00 ± 0.92 ^a	5.40 ± 1.24	5.73 ± 0.96
R30W5S5	5.66 ± 1.04 ^{ab}	5.80 ± 1.01	5.26 ± 1.48 ^{ab}	5.20 ± 1.37 ^b	5.13 ± 1.30	4.93 ± 1.57
R20W6S10	6.00 ± 0.92 ^{ab}	5.86 ± 1.12	5.53 ± 1.25 ^{ab}	5.46 ± 1.06 ^{ab}	5.53 ± 1.45	5.53 ± 1.06
R30W6S5	5.53 ± 1.30 ^b	5.93 ± 1.03	5.06 ± 1.48 ^b	5.13 ± 1.64 ^b	4.80 ± 1.47	4.93 ± 1.75

Note: ^{NS} = Not significant difference, ^{a, b} = Means followed by different superscripts within a column are significantly different (p<0.05)

3. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางกายภาพของบักวีตและบักวีตคั่วพบว่า เมล็ดบักวีตหลังการคั่วมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้นจาก 41.64 เป็น 54.93 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของสีออกเหลืองน้ำตาลอ่อน ๆ ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียน้ำและการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ระหว่างการคั่ว นอกจากนี้ ค่าสี a^* และ b^* ของเมล็ดคั่วก็เพิ่มขึ้นจาก 2.98 เป็น 4.57 และจาก 4.50 เป็น 9.96 ตามลำดับ สะท้อนถึง ความเหลืองที่เด่นชัดมากขึ้นหลังการคั่วซึ่งส่งผลให้ชาที่ได้มีสีเข้มและน่าดื่มยิ่งขึ้น ในส่วนของ ค่า a_w ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาทางจุลชีววิทยาและเคมี พบว่าลดลงจาก 0.66 ในเมล็ดดิบเหลือ 0.54 ในเมล็ดคั่ว แสดงว่าเมล็ดบักวีตหลังการคั่วมีความชื้นลดลง จึง

มีแนวโน้มในการเก็บรักษาได้นานขึ้น และลดโอกาสการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ สามารถเก็บได้นานกว่าที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงใน Table 5

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดบักวีตดิบและเมล็ดบักวีตหลังการคั่วแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญหลายด้าน โดยเฉพาะในด้านปริมาณความชื้น ซึ่งลดลงอย่างชัดเจนจากร้อยละ 13.72 ในเมล็ดดิบเหลือเพียงร้อยละ 1.97 หลังการคั่ว แสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการคั่วในการลดความชื้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวและสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น สำหรับไขมันทั้งหมด (total fat) และเถ้า (ash) พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเมล็ดคั่วร้อยละ 3.05 และ 2.12 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับ

เมล็ดดิบมีเพียงร้อยละ 2.67 และ 1.74 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของน้ำในตัวอย่าง ส่วนคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 83.30 ส่งผลให้พลังงานรวมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นจาก 351.51 เป็น 398.89 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสและแคลเซียมซึ่งเป็นแร่ธาตุสำคัญก็เพิ่มขึ้นเช่นกันในเมล็ดคั่ว โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่เพิ่มจาก 247.93 เป็น 321.17 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนคาเฟอีนไม่พบในทั้งสองตัวอย่าง แสดงว่าชาบัควีตเป็นเครื่องดื่มที่ปราศจากคาเฟอีน ผลวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฟลาโวนอยด์ทั้งหมด พบว่าบัควีตคั่วมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 902.02 เป็น 991.64 ไมโครโมลเทียบเท่าโธร็อกซ์ต่อ 100 กรัม และฟลาโวนอยด์ทั้งหมด ที่เพิ่มขึ้นอย่างมากจาก 797.08 เป็น 2,436 ไมโครกรัมเทียบเท่าควอซิทินต่อ 100 กรัม เมื่อ

เปรียบเทียบกับบัควีตไม่คั่ว แสดงให้เห็นว่ากระบวนการคั่วช่วยกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีบางอย่างที่ทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความเข้มข้นสูงขึ้นดังแสดงใน Table 6 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์เมื่อทำเป็นเครื่องดื่มชา โดยใช้ถุงในลอนสามเหลี่ยมที่มีบัควีตคั่ว 5 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร นำไปแช่น้ำร้อน 10 นาทีพบว่า น้ำชามีสารฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 0.343 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ส่วนฟลาโวนอยด์รวมเท่ากับ 0.922 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไม่มีคาเฟอีนทำให้ดื่มง่ายไม่ระคายเคืองกระเพาะ นอกจากนี้งานวิจัยของ Goyoaga และคณะ⁽¹⁰⁾ กล่าวว่า ดี-ฟาโกมิน (D-fagomine) ในบัควีตมีบทบาทในการส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ ส่งผลดีต่อสมดุลของระบบทางเดินอาหารและสุขภาพโดยรวม

Table 5 Physical properties of raw and roasted buckwheat

Parameters	Raw buckwheat	Roasted buckwheat
L^* (Light)	41.64	54.93
a^* (-a = red, +a = yellow)	2.98	4.57
b^* (-b = green, +b = blue)	4.50	9.96
a_w (water activity)	0.664	0.539

Table 6 Results of chemical quality of raw and roasted buckwheat

Parameters	Raw buckwheat	Roasted buckwheat
Moisture (%)	13.72	1.97
Total fat (%)	2.67	3.05
Ash (%)	1.74	2.12
Total carbohydrate (%)	71.98	83.30
Total energy (Kcal /100 g)	351.51	398.89
Energy from fat (Kcal /100 g)	24.03	27.45
Phosphorus (Kcal /100 g)	247.93	321.17
Calcium (Kcal /100 g)	62.51	68.37
Caffeine (mg / kg)	Not found	Not found
Antioxidant ($\mu\text{mol TE/ 100 g}$)	902.02	991.64
Flavonoids ($\mu\text{g quercetin equi/100 g}$)	797.08	2,436

4. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

จากการประเมินระดับความยอมรับโดยรวมใช้ระดับคะแนน 5 จุด และการประเมินความชอบแบบ Hedonic 9-point scale เพื่อพิจารณาความชอบของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น บั้ววิต รสชาติ ความเข้มข้นของชา และความชอบรวม โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 38 คนที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปทำการประเมินผลิตภัณฑ์ชาบั้ววิตที่ผ่านการคัดเลือกแล้วพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับระดับปานกลางที่ 3.61 เมื่อพิจารณาความชอบของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น บั้ววิต รสชาติ ความเข้มข้นของชา และความชอบ รวมอยู่ในระดับปานกลางมีค่าเฉลี่ย 6.97, 7.18, 6.92, 7.00, 6.95 และ 7.08 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 50 ชายร้อยละ 50 ที่มีอายุ 36-45 ปีและมากกว่าอายุ 46 ปี ขึ้นไปร้อยละ 28.95 การศึกษาส่วนใหญ่ปริญญาตรีร้อยละ 50 มากกว่าปริญญาตรีร้อยละ 31.58 อาชีพข้าราชการรัฐวิสาหกิจ และพนักงานราชการร้อยละ 71.05 สำหรับพฤติกรรม การบริโภคพบว่าส่วนใหญ่ไม่เคยเห็นชาบั้ววิตร้อยละ 94.74 เคยเห็นทางอินเทอร์เน็ตร้อยละ 5.26 หากมีการผลิตเครื่องดื่มชาบั้ววิตเพื่อขายพบว่า ผู้บริโภคให้ความสำคัญมากไปหน่อย ได้แก่ คุณค่าทางโภชนาการ อยากรับประทาน ราคา รูปลักษณ์ ชาบั้ววิตมีสี สัน ความสะดวกในการซื้อและภาชนะ

บรรจุร้อยละ 24.73, 19.35, 19.35, 16.13, 12.90 และ 7.53 ตามลำดับ ผลการทดสอบสอดคล้องกับการใช้กระบวนการคั่วในระดับที่เหมาะสม และการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะกับผู้บริโภคยุคใหม่ ดังแสดงใน Figure 2 รวมถึงการสร้างเรื่องราว (storytelling) และการใช้ฉลากสุขภาพ (health claim) เพื่อเพิ่มความน่าสนใจในตลาดเฉพาะกลุ่ม เช่น กลุ่มผู้สูงอายุ กลุ่มผู้แพ้กลูเตน และกลุ่มรัก

สุขภาพ⁽⁴⁾ ดังนั้นจากความคิดเห็นของผู้บริโภค ถ้ามีการจำหน่ายเครื่องดื่มผู้บริโภคนิยมจะซื้อถึงร้อยละ 94.74 ไม่แน่ใจร้อยละ 2.63 แสดงว่าผลิตภัณฑ์ชาชงบักวีตมีแนวโน้มสามารถวางขายในท้องตลาดได้ในอนาคตเนื่องจากตลาดยังไม่มีสินค้าประเภทนี้ที่จะเป็นคู่แข่งเครื่องดื่มชาบักวีต และผู้บริโภคให้ความสำคัญสุขภาพเครื่องดื่มชาเน้นคุณค่า โภชนาการสูงดังแสดงใน Table 7 และ Table 8

Table 7 Consumer preference and acceptance scores for buckwheat tea

Attribute	Appearance	Color	Buckwheat aroma	Flavor	Tea strength	Overall preference	Overall acceptance
Buckwheat tea	6.97	7.18	6.92	7.00	6.95	7.08	3.61

Note: Liking Scale: 1 = Dislike extremely, 2 = Strongly dislike, 3 = Moderately dislike, 4 = Slightly dislike

5 = Neither like nor dislike, 6 = Slightly like, 7 = Moderately like, 8 = Strongly like, 9 = Like extremely

Acceptance Scale: 1 = Very low, 2 = Low, 3 = Medium, 4 = High, 5 = Very high

Table 8 Demographic Information of survey respondents

Category	Percentage (%)	Category	Percentage (%)
Gender		Education level	
Male	50.00	Primary	5.26
Female	50.00	Secondary	7.89
Age group		Vocational diploma	5.26
19–25 years	5.26	Bachelor's degree	50.00
26–35 years	31.58	Higher than bachelor's	31.59
36–45 years	28.95	Occupation	
Over 46 years	28.95	Students	2.63
Not specified	5.26	Government officials	71.06
		Private business	5.26

Category	Percentage (%)
Private sector employees	2.63
Others	18.42
Consumer behavior	
Have seen buckwheat tea	5.26
Have never seen	94.74
Purchase factors	
Nutritional value	24.73

Category	Percentage (%)
Desire to consume	19.35
Price	19.35
Appearance	16.13
Purchase convenience	12.91
Packaging	7.53
Interest in buying	
Yes	94.74
No	2.63
Not sure	2.63



Figure 2 Prototype of commercial buckwheat tea product for value addition

บทสรุป

การพัฒนากระบวนการผลิตชาบัควีตที่ปลูกในพื้นที่สูงของจังหวัดน่าน ใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมคือ คั่วที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที และใช้เมล็ดบัควีตคั่ว 5 กรัมต่อถุง แช่น้ำร้อน 10 นาที เป็นสูตรที่ให้คุณภาพดีที่สุดทั้งด้านสี กลิ่น รสชาติ และความเข้มข้นของชา ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าเครื่องต้มชามีสารต้าน

อนุมูลอิสระและฟลาโวนอยด์สูง และไม่พบคาเฟอีน การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคพบว่ามีความชอบอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงมาก และมีความสนใจซื้อสูงถึงร้อยละ 94.74 จึงสรุปได้ว่าชาบัควีตมีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์เพื่อสุขภาพที่สามารถผลิตได้ในระดับชุมชน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงาน
คณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและ
นวัตกรรม (สกว.) และหน่วยบริหารและ
จัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่

ให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงานครั้งนี้ และ
ขอขอบคุณสถาบันค้นคว้าและพัฒนา
ผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่เอื้อเฟื้อบุคลากรและเครื่องมือวิทยาศาสตร์
รวมถึงสถานที่จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Babu PD, Sangeetha A, Jayashree L. Nutritional evaluation of buckwheat: A potential functional food. *J Appl Nat Sci*. 2018;10(2):658–62.
2. Li SQ, Zhang QH. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2001;41(6):451–464.
3. Kim SL, Kim SK, Park CH. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res Int*. 2004;37(4):319–327.
4. Zhang ZL, Zhou XR, Zhao LY. Comparative analysis of buckwheat whole grain and whole plant tea. *J Food Biochem*. 2012;36(4):392–400.
5. Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Yokoyama F, Nakajoh M, Kato N. Comparison of rutin and D-chiro-inositol content in Tartary buckwheat tea. *Nutr Res*. 2006;26(4):169–173.
6. Jiang P, Burczynski F, Campbell C, Pierce G. Antioxidant activity of rutin and quercetin in solution and in liposomes. *J Agric Food Chem*. 2007;55(20):7717–7722.
7. Lee SH, Cho SY, Park JA, Jung UJ, Ryu R, Choi MS. Effects of dietary buckwheat on plasma lipid profile and antioxidative status in high-cholesterol fed rats. *J Clin Biochem Nutr*. 2010;47(3):223–228.
8. Lin LY, Peng CC, Yang YL, Peng RY, Chiang YC. The hypoglycemic and hypolipidemic effects of rutin and quercetin from tartary buckwheat. *J Agric Food Chem*. 2009;56(17):8418–8424.
9. Park CH, Kim SL, Kim YS, Park KY. Antioxidant activity of buckwheat sprouts. *Korean J Food Sci Technol*. 2010;42(1):77–82.
10. Goyoaga C, Berrueta LA, Guezala S, Alonso-Salces RM, Ibáñez C, Guillén DA. Bioactive components in buckwheat and its potential for diabetes management. *J Agric Food Chem*. 2011;59(14):8005–10.
11. Qin PY, Wang HX, Zhang JY. Effects of buckwheat flavonoids on antioxidant and anti-inflammatory activities. *J Funct Foods*. 2010;2(1):42–8.
12. Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem*. 2003;80(1):9–15.
13. สุทธกานต์ ใจกาวิล, พิษณุพันธ์ กังแฮ, วิษณุภาส สังพาลี, จักรพงษ์ กางโสภา, เนตรนา อินสฤต. ศักยภาพของบักวีตในการเป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน. *วารสารเกษตรพระวรุณ*. 2568;22(1):103-110.

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> สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ หน้าเว็บไซต์วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร 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 รวมถึงการวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูล และนำเสนออภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

การเตรียมบทความต้นฉบับเพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

1. บทความวิจัย (Research article)

1.1 บทความต้นฉบับ ควรพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียวความยาวประมาณ 25 บรรทัด ต่อหน้า 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 อาจรวมการตรวจสอบเอกสาร (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) เป็นการสรุปสาระสำคัญและแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์ 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) โดยใช้การอ้างอิงระบบลำดับหมายเลขหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง** ประกอบ

1.8 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือ แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย

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

1.10 บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิล์ม 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 ควรเขียนให้สั้น กระชับ มีความ

ยาวไม่เกิน 10 ถึง 15 บรรทัด โดยบทคัดย่อมักจะประกอบด้วยเนื้อหาสามส่วน คือ เกริ่นนำ สิ่งที่ทำ สรุปผลสำคัญที่ได้ ซึ่งอ่านแล้วต้องเห็นภาพรวมทั้งหมดของงาน

2.6 คำสำคัญ (Keywords) ให้กำหนดคำศัพท์ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ 2-5 คำศัพท์ โดยใช้ภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่มีความหมายตรงกัน 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 บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิล์ม 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 รูปแบบแนวคูเวอร์จะใช้การอ้างอิงระบบลำดับหมายเลข โดย

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

ตัวอย่างการอ้างอิงในส่วนของเนื้อหา

การอ้างอิงที่ผู้เขียนเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหา ให้ใส่ตัวเลขลำดับการอ้างอิงตามหลังชื่อผู้เขียน

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

การอ้างอิงที่ผู้เขียนไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหา ให้ใส่ตัวเลขลำดับการอ้างอิงตามหลังข้อความที่อ้างอิง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนพืชที่นิยมบริโภคกันมากในประเทศญี่ปุ่นและภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระจากสารสำคัญที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น สารไอโซฟลาโวน⁽¹⁻²⁾ สารซาโปนิน⁽³⁾ และสารโทโคฟีรอล⁽⁴⁾ เป็นต้น

การประเมินคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี รวมถึง hydrophilic-oxygen radical absorbance capacity (H-ORAC) assay ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการยับยั้งสารอนุมูลอิสระอย่าง peroxy 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 β g 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 บรรทัด

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพิทุทกุล. รชฎ ขำบุญ.

1.2 กรณีเป็นผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นก่อน เว้น 1 บรรทัด ตามด้วยอักษรย่อของชื่อตัวและชื่อกลางโดยไม่ต้องเว้นวรรคหรือมีเครื่องหมายใดใดคั่น

ตัวอย่าง Chin YL. Guth LM.

1.3 กรณีที่ผู้แต่งมีจำนวนมากกว่า 1 คน

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

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพิทุทกุล, รชฎ ขำบุญ, วิลาศิณี เกิดสมบุญ.

Rüfer CE, Kulling SE, Guth LM.

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

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพิทุทกุล, รชฎ ขำบุญ, วิลาศิณี เกิดสมบุญ, อรรวรยา พันธูลาภ, วราภรณ์ ประเสริฐ, ระวิน สืบคำ, 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 บรรทัดด้วยชื่อหน่วยงานย่อย และเครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง คณะกรรมการอาหารและยา

The United States Food and Drug Administration (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 หลังจากนั้นให้อักษรตัวเล็กทั้งหมด 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 ให้ใส่จำนวนเล่มทั้งหมดไว้ท้าย
รายการอ้างอิง 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:
สมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง; 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 ตามด้วยเครื่องหมาย ทวิภาค (:)

5.2 กรณีที่ชื่อเมืองไม่เป็นที่รู้จัก ให้ใส่ชื่อรัฐหรือประเทศไว้ในวงเล็บกลตามหลังชื่อเมือง

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

ตัวอย่าง

กรุงเทพฯ:

[ม.ป.ท.]:

New York:

[place unknown]:

6. สำนักพิมพ์ ใส่ชื่อสำนักพิมพ์ตามที่ปรากฏในหนังสือ ตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) ทั้งนี้คำประกอบอื่น ไม่ต้องใส่ เช่น สำนักพิมพ์, บริษัท, Publisher, Publishing, Limited, Company, Co. เป็นต้น ยกเว้น สำนักพิมพ์ที่มีชื่อเดียวกับหน่วยงาน ต้องระบุคำว่า “สำนักพิมพ์” ด้วย

กรณีสำนักพิมพ์เป็นหน่วยงานที่มีทั้งหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานย่อย ให้ใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) หลังชื่อหน่วยงานใหญ่ เว้น 1 บรรทัด แล้วตามด้วยชื่อหน่วยงานย่อย

6.1 กรณีไม่ปรากฏสำนักพิมพ์: ใช้ชื่อสถาบันที่ผู้แต่งสังกัดแทน

6.2 กรณีไม่ปรากฏหน่วยงานใด ๆ: ให้ลงชื่อโรงพิมพ์ที่พิมพ์หนังสือนั้น โดยระบุคำว่า “โรงพิมพ์” ไว้ด้วย

6.3 กรณีเป็นสิ่งพิมพ์รัฐบาล: ให้ลงชื่อหน่วยราชการที่รับผิดชอบเป็นสิ่งพิมพ์ 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

สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง;

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 และใส่ไว้ในวงเล็บเหลี่ยมตามด้วยเครื่องหมายปริศนา (?) 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 detection of Babesia bigemina, Babesia bovis and Anaplasma marginale DNA in bovine blood. Vet Parasitol. 1993;50:69-81.

- 8.2 กรณีเป็นวารสารที่ไม่ได้ใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี: หากเป็นวารสารภาษาอังกฤษ ให้ใส่ปี เดือน* วันที่ พิมพ์ (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 สุรเกียรติ์ อาชานานุภาพ. เจ็บคอขอย่อยากินยาฆ่าเชื้อ/ยาแก้ไอเสบ. 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 คั่นด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (-) ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) หลังเลขหน้าสุดท้าย โดยเลขหน้าสุดท้ายให้ใส่เฉพาะเลขที่ไม่ซ้ำกับเลขหน้าแรก 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 บรรทัด 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. ผลิตภัณฑ์โคโคเจนิก. 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

ในที่นี้ขอแนะนำเฉพาะเอกสารที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้อ้างอิง 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 วัฒนสุขชาติ. เมนูอร่อย...อาหารลดโซเดียม เพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง; 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

นิพัทธ์ ลิ้มสงวน, เขมิสรา ชิวพฤกษ์. ผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืช...แนวโน้มในการบริโภคยุคปัจจุบัน. พิมพ์ครั้งที่ 2 ปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม. วนิดา ชิตีธรรมกุล, บรรณาธิการ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2565.

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

หนังสือที่มีเฉพาะบรรณาธิการ

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

ตัวอย่าง

สมใจ วิชัยดิษฐ์, บรรณาธิการ. ใครกิน...ใครได้. กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์พรินต์ติ้ง; 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. โยอาหารคืออะไร. ใน: เพลินใจ ตังคณะกุล, บรรณาธิการ. โภชนาการเชิง สุขภาพแจ่ว. 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

Figuerola JV, Chieves LP, Johnson GS, Buening GM. Multiplex polymerase chain reaction based assay for erection of Babesia bigemina, Babesia 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) ทำรายการอ้างอิง 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.

ปริญญาานิพนธ์

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

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

ตัวอย่าง

กุลกัญญา ศตะภูมิ. 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 ฤชตระกูล. Coagulopathy in liver diseases. ใน: ปิยะวัฒน์ โกมลมิศร์, ทวีศักดิ์ แทนวันดี, อนุชิต จุฑะพุทธิ, บรรณาธิการ. Vascular diseases of the liver. การประชุมวิชาการประจำปี 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

มันทนา เอื้อวิทยา, ผู้ประดิษฐ์; บริษัทมันทนาพาณิชย์เชียงใหม่จำกัด, ผู้ขอรับสิทธิบัตร. องค์ประกอบสมุนไพรรักษาหวัด. 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. Saunders; 2000. Filamin; p. 89.

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์

การเขียนรายการอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้เขียนตามประเภทของเอกสารนั้น ๆ และเพิ่มเติมข้อมูลที่แสดงความ เป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ 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 บรรทัด 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. แนวทางการพัฒนาเนื่องจากพืชของไทย. 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

ปริยฐานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง [อินเทอร์เน็ต/Internet] [ประเภท/ระดับปริยฐานิพนธ์]. เมืองที่พิมพ์: มหาวิทยาลัย; ปีที่รับปริยฐานิพนธ์ [เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]. เข้าถึงได้จาก/Available from: <http://...>

ตัวอย่าง

นิภาวรรณ ปันธิ. การพัฒนาน้ำสลัดจากคัสเฟอร์น้ำมันถั่วเหลือง [อินเทอร์เน็ต] [วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย]. 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 หากมีทั้งปีพิมพ์และลิขสิทธิ์ 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. ชื่อเรื่องที่น่าสนใจ; ปีพิมพ์ของเรื่อง ที่นำมาอ้างอิง [ปรับปรุงเมื่อ/updated ปี เดือน วัน; เข้าถึงเมื่อ/cited ปี เดือน วัน]; [ประมาณ...น./about ...screens/p.]. เข้าถึงได้จาก/Available from: <http://...>

การระบุเลขหน้า

1. กรณีเป็นเอกสารในรูปแบบ 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 วัน 1 วรรค ตามด้วยเครื่องหมายยัติภังค์ (-) และวัน 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 โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามใช้เพื่อการค้าและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตชนิดเดียวกัน



Attribution CC- BY – NC -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามดัดแปลงและห้ามใช้เพื่อการค้า

จริยธรรมในการตีพิมพ์ของวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการมีหน้าที่ดำเนินการตรวจสอบเนื้อหาและคุณภาพของบทความทุกเรื่องที่จะส่งมาเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์กับวารสาร 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 รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องได้รับรู้

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์

1. บทความของผู้นิพนธ์ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ไหนมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างขั้นตอนการพิจารณาตีพิมพ์ใดๆ รวมถึงการไม่นำบทความไปตีพิมพ์เผยแพร่กับแหล่งอื่นหลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์กับวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว หากพบการตีพิมพ์ซ้ำซ้อนผู้นิพนธ์จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในทุกกรณี
2. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกหรือทำซ้ำผลงานของตนเองและผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมานำเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาของบทความของตนเอง 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 วรรณคดี 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)