ISSN : 2821-9813 (Online)
ปีที่ 53 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566
Vol. 53 No. 2 July - December 2023

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

บทความวิจัย

- ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก

บทความวิชาการ

- การลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDS) จากฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารพฤกษเคมีในเคพกูสเบอร์รี
- โปรตีนพืชอาหารแห่งอนาคตเพื่อลดคาร์บอนฟุตพรินต์ในอาหารจานด่วน
- คีเฟอร์ : ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักเพื่อสุขภาพ
- อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชัน
- แนวทางการบริโภคอาหารสำหรับผู้ที่มีภาวะลองโควิด
- น้ำแข็งเหลวโอโซนกับการเพิ่มมูลค่าให้อาหารทะเล
- นวัตกรรมของสารเพิ่มรสชาติในอาหารลดโซเดียม

JFRPD (online)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
INSTITUTE OF FOOD RESEARCH AND PRODUCT DEVELOPMENT
KASETSART UNIVERSITY

ISSN : 2821-9813 (Online)

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

วัตถุประสงค์และขอบเขต

วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (JFRPD) เป็นวารสารภาษาไทยที่เผยแพร่บทความทางวิชาการด้านอาหารในสาขาเทคโนโลยีการอาหาร เคมีอาหาร เทคโนโลยีชีวภาพทางอาหาร โภชนาการ และวิทยาศาสตร์การอาหารที่เกี่ยวข้อง

บทความที่เผยแพร่ต้องได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ในสาขาที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนสามารถส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

สำนักงาน

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ปณ. 1043 ปทฝ. 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	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางจันทร์เพ็ญ แสงประกาย	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

ดร.วนิดา เทวารุทธิ์ ชิติสรรค์กุล	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองบรรณาธิการ

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

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา เศวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ จันทร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา	คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พันเอกหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภมร จินดามณี	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัติพร นกแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชนีย์ ยะสุรินทร์	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก

กองบรรณาธิการ (ต่อ)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติยา แววนุกูล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์พงษ์ มั่นหลำ	สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี
อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ดร.รุ้งดาว กลิ่นจะโป๊ะ	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ดร.อทิตยา ตันธรรศกุล	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ดร.นิพัฒน์ ลิ้มสงวน	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางสาวช่อลัดดา เที่ยงพุก	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อรไท สวัสดิชัยกุล	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นราพร พรหมไกรวร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สุมิตรา บุญบำรุง	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางกนกวรรณ ยอดอินทร์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน	นักวิจัย ปฏิบัติการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายพสธร ผ่องแผ้ว	นักวิจัย ปฏิบัติการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางสาววาสนา นาราศรี	นักวิชาการโภชนาการ ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก (Peer review)

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชนี เจริญ	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา เศวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์	คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.สุดาทิพย์ จันทร	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
รองศาสตราจารย์ ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา	คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พันเอกหญิง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภมร จินดามณี	โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัติพร นกแก้ว	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชนีย์ ยะสุรินทร์	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตติยา แววนุกูล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตย์พงษ์ มั่นหลำ	สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี
อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
ดร.รุ้งดาว กลิ่นจะโป๊ะ	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก
ดร.อทิตยา ตันธรรศกุล	คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตหัวหมาก

ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน (Peer review)

ดร.นิพัฒน์ ลิ้มสงวน	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางสาวช่อลัดดา เที่ยงพุก	นักวิจัย เชี่ยวชาญ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.อรไท สวัสดิชัยกุล	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.นราพร พรหมไกรวร	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.สุมิตรา บุญบำรุง	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางกนกวรรณ ยอดอินทร์	นักวิจัย ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน	นักวิจัย ปฏิบัติการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นายพสธร ผ่องแผ้ว	นักวิจัย ปฏิบัติการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางสาววาสนา นาราศรี	นักวิชาการโภชนาการ ชำนาญการ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้จัดการวารสาร

นางสาวมณฑาทิพย์ ธรรมนิติโชค	เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ISSN : 2821-9813 (Online)

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

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

วารสารฉบับนี้ เป็นปีที่ 53 ฉบับที่ 2 ประจำเดือน กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2566 ซึ่งประกอบด้วยบทความวิจัย 1 เรื่อง ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า และบทความวิชาการ 7 เรื่อง ซึ่งให้ความรู้ทางด้านอาหารฟังก์ชันและโปรตีนทางเลือกที่กำลังได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย รวมถึงเนื้อหาสาระเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์การอาหารอื่นด้วย

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการประเมินและเสนอแนะแก้ไขจนได้บทความที่มีความสมบูรณ์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้เชิงวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์อาหารที่มีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการต่อยอดพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งงานวิจัยและการต่อยอดในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

แบบสอบถาม

ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

ISSN : 2821-9813 (Online)
ปีที่ 53 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566
Vol. 53 No. 2 July - December 2023

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สารบัญ

บทความวิจัย

- ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก 6
  Influence of *Spirulina* on lactic acid bacteria cultivation
  วนิดา ปานอุทัย กฤติน จุลนารา จุฑามาศ อินคล้าย จุฑาทิพย์ รวดเร็ว และ ณัฐวดี แก้วเกลื่อน
  (Wanida Pan-utai, Krittin Julnara, Juthamart Inkhlay, Jutatip Roudrew, and Nutthawadee Kaewkluean)

บทความวิชาการ

- การลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDS) จากฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารพฤกษเคมีในเคพกูสเบอร์รี 19
  Reducing the risk of Noncommunicable diseases (NCDs) through anti-inflammatory activity of phytochemicals in cape gooseberry
  นราพร พรหมไกรวร (Naraporn Phomkaivon)

- โปรตีนพืชอาหารแห่งอนาคตเพื่อลดคาร์บอนฟุตพรินต์ในอาหารจานด่วน 29
  The future of plant-based protein for reducing the carbon footprint in fast food
  ฐิตาภรณ์ ตัมพานุวัตร ขวัญจิรา คุณาวิชชา และ ธนารีย์ เขียวเกิด (Titaporn Tumpanuvatr, Kwanjira Kunawicha, and Tanaree Khiewkerd)

- คีเฟอร์ : ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักเพื่อสุขภาพ 43
  Kefir : fermented beverage products for human health
  วนิดา ปานอุทัย สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา มัสนาวี อาดำ รัตตินันท์ โรมรัตตะพันธุ์ และ ชาลิสา ยอดบำเพ็ง
  (Wanida Pan-utai, Soisuda Pornpukdeewattana, Masnavee Adam, Rattinan Romrattaphan, and Charisa Yodbumpreng)

- อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชัน 58
  Functional foods and beverages
  ณฐิฒา รอดขวัญ (Natita Rodkwan)

- แนวทางการบริโภคอาหารสำหรับผู้ที่มีภาวะลองโควิด 70
  Dietary recommendations for Long COVID-19
  ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน (Nuttawut Lainumngen)

- น้ำแข็งเหลวโอโซนกับการเพิ่มมูลค่าให้อาหารทะเล 81
  Adding value to seafood products using ozonized slurry ice
  สุมิตรา บุญบำรุง และ จุฑา มุกดาสนิท (Sumitra Boonbumrung, and Juta Mookdasanit)

- นวัตกรรมของสารเพิ่มรสชาติในอาหารลดโซเดียม 90
  Flavor enhancer innovation in reduced sodium foods
  วาสนา นาราศรี (Wassana Narasri)

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน 104

ผลของสาหร่ายสไปรูลิน่าต่อการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก

วนิดา ปานอุทัย[1*]
กฤติน จุลนารา[2]
จุฑามาศ อินคล้าย[2]
จุฑาทิพย์ รวดเร็ว[2]
ณัฐวดี แก้วเกลื่อน[2]

[1]ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล : ifrwdp@ku.ac.th
รับเมื่อ 16 เมษายน 2566 **แก้ไขเมื่อ** 3 กรกฎาคม 2566 **ตอบรับเมื่อ** 13 กรกฎาคม 2566

จุดเด่น

- การประยุกต์ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก
- ผลของกระบวนการหมักต่อคุณสมบัติทางชีวภาพของสาหร่ายสไปรูลิน่า
- การเพิ่มมูลค่าชีวผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายสไปรูลิน่า

บทคัดย่อ

สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นแหล่งอาหารที่มีการผลิตในเชิงพาณิชย์และถูกจัดเป็นอาหารที่มีความปลอดภัยสำหรับการบริโภคของมนุษย์ สาหร่ายสไปรูลิน่าได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมัน และสารรงควัตถุที่สำคัญ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่า *Spirulina platensis* IFRPD 1182 เป็นซับสเตรต (substrate) ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 53103 พบว่า สาหร่ายสไปรูลิน่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล็กติกได้ โดยการเพิ่มความเข้มข้นของสาหร่ายสไปรูลิน่าส่งผลให้มีปริมาณสารสำคัญไฟโคไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น สามารถพัฒนาเป็นชีวผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตร่วมกับสารอาหารอื่น เพื่อสนับสนุนการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล็กติกและเพิ่มผลผลิตกรดแล็กติกต่อไปได้

คำสำคัญ : สาหร่ายสไปรูลิน่า แบคทีเรียแล็กติก กระบวนการหมัก ชีวผลิตภัณฑ์

Influence of *Spirulina* on lactic acid bacteria cultivation

Wanida Pan-utai[1*], Krittin Julnara[2], Juthamart Inkhlay[2], Jutatip Roudrew[2], and Nutthawadee Kaewkluean[2]

[1]Department of Applied Microbiology,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
[2]Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University
*Corresponding author, e-mail : ifrwdp@ku.ac.th
Received 16 April 2023; **Revised** 3 July 2023; **Accepted** 13 July 2023

Highlights

- Application of *Spirulina* for lactic acid bacteria cultivation
- Effect of fermentation on bioactivities enhancement of *Spirulina*
- Bioproducts are value-added from *Spirulina*

Abstract

Spirulina platensis is produced commercially as a food source, and is considered safe for human consumption. It has attractively increasing interest due to its high protein content, essential amino acids, fatty acids, and pigments. Here, the potential of *Spirulina platensis* IFRPD 1182 biomass as a substrate for cultivation of lactic acid bacteria was evaluated. *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 53103 growth was supported by *Spirulina* biomass during fermentation. The increasing of *S. platensis* biomass could increase C-phycocyanin and total phenolic contents including antioxidant properties which could be developed as bioproducts. The results showed a guideline for applying *Spirulina* as a substrate with other nutrient sources that could support the growth of lactic acid bacteria and lactic acid production.

Keywords : *Spirulina*, lactic acid bacteria, fermentation, bioproducts

บทนำ

สาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina platensis*) จัดเป็นสาหร่ายขนาดเล็ก (microalgae) หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพและได้รับความสนใจในเชิงพาณิชย์เพิ่มขึ้น โดยชีวมวลของสาหร่ายสไปรูลิน่ามีโปรตีนปริมาณสูง มีกรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมัน และสารสีที่สำคัญ[1] จัดเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารหรือองค์ประกอบทางชีวเคมีที่ครบถ้วน จึงเป็นสาหร่ายที่ได้รับความสนใจในอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ รวมทั้งมุมมองทางด้านการแพทย์[2] ชีวมวลของสาหร่ายขนาดเล็กเป็นแหล่งทรัพยากรที่ได้จากธรรมชาติและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ได้แก่ อาหาร[3] ยา และโภชนเภสัช[4-5] มีศักยภาพช่วยในการรักษาโรค[6] เครื่องสำอาง[7] ไบโอดีเซลและก๊าซชีวภาพ[8] และการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ[9] การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่ามีการขยายการผลิตขนาดใหญ่ในเชิงพาณิชย์อยู่ทั่วโลก[10] ทั้งนี้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่ามีศักยภาพสูงต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้หลากประเภท รวมถึงการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอเอทานอลและไบโอมีเทน เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและกรดไขมันสูง[11] ได้แก่ การผลิตไบโอเอทานอลจากชีวมวลสาหร่าย *Scenedesmus dimorphus* ที่ผ่านการสกัดไขมันแล้ว[12] การผลิตชีวผลิตภัณฑ์จากชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็กหรือชีวมวลสาหร่ายขนาดเล็กที่เหลือทิ้งโดยใช้กระบวนการหมักหรือกระบวนการย่อยด้วยวิธีทางเทคโนโลยีชีวภาพกำลังได้รับความสนใจ ดังผลงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อช่วยในการป้องกันโรคต่าง ๆ ได้แก่ การป้องกันโรคเบาหวาน การต้านไวรัส เป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และสารต้านมะเร็ง รวมทั้งช่วยในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ *Lactobacilli*[13-14]

กระบวนการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกหรือกระบวนการหมักเพื่อผลิตกรดแล็กติกเป็นวิธีการถนอมอาหารชนิดหนึ่ง เพื่อช่วยเพิ่มความปลอดภัย ยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มคุณสมบัติทางโภชนาการของอาหารได้[15-16] อีกทั้งถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมประมาณร้อยละ 70 ในผลิตภัณฑ์อาหารระดับอุตสาหกรรม โดยผลิตภัณฑ์อาหารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ผักดอง นมเปรี้ยว เนื้อสัตว์ วัตถุกันเสีย เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก เชื้อเพลิงชีวภาพ และเภสัชภัณฑ์[17-18] แบคทีเรียแล็กติก (lactic acid bacteria, LAB) เป็นจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ เป็นจุลินทรีย์แกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ และไม่เคลื่อนที่ สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันในช่วง 5.5-5.8[19] โดยแบคทีเรียแล็กติกส่วนใหญ่ประกอบด้วยสายพันธุ์ *Lactobacillus Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Oenococcus*, *Tetragonococcus*, *Vagococcus* และ *Weissella*[18] ปัจจุบันการใช้แบคทีเรียแล็กติกเพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการและรูปแบบของโภชนเภสัชหรือส่วนประกอบของอาหาร กำลังเป็นที่นิยมและเป็นนวัตกรรมทางอาหาร แบคทีเรียแล็กติกมีความสามารถในการย่อยสลายผนังเซลล์ของพืช ไซยาโนแบคทีเรีย หรือสาหร่ายขนาดเล็ก

ผ่านกระบวนการย่อย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน เช่น พอลิ-แซ็กคาไรด์ ไขมัน และโปรตีน ให้มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และความสามารถในการปรับภูมิคุ้มกัน[15]

สาหร่ายขนาดเล็กและไซยาโนแบคทีเรียประกอบด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงมีความเหมาะสมในการใช้เป็นสารตั้งต้นหรือซับสเตรต (substrate) ในกระบวนการหมัก โดยผลิตภัณฑ์หมักจากการใช้สาหร่ายทะเล สาหร่ายขนาดเล็กและสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตในกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์แตกต่างกัน ได้แก่ แบคทีเรียแล็กติก ยีสต์ หรือการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์แบบผสม ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นที่ต้องการอย่างสูงในตลาดและขึ้นอยู่กับการใช้งานผลิตภัณฑ์ชีวภาพนั้น ๆ[20-22] การศึกษาก่อนหน้าที่เกี่ยวข้องกับการใช้สาหร่ายขนาดเล็กเป็นซับสเตรตในการผลิตกรดแล็กติกหรือการเพาะลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก *Lactobacillus* ได้แก่ การใช้ชีวมวลสาหร่าย *Chlorella vulgaris* ESP-31 ที่ผ่านการย่อยแล้วเป็นซับสเตรตในการผลิตกรดแล็กติกโดยใช้จุลินทรีย์ *Lactobacillus plantarum* 23[23] และ *L. brevis*[24] ขณะที่มีรายงานการใช้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นซับสเตรตในการผลิตกรดแล็กติกโดยใช้จุลินทรีย์ *L. plantarum* ATCC 8014[22,25] และการใช้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าสดเป็นซับสเตรตในกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ *L. plantarum* ATCC 8014 เพื่อเพิ่มคุณสมบัติเชิงโภชนเภสัช[15] นอกจากนี้การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกหรือการผลิตกรดแล็กติกยังมีต้นทุนสูง โดยสารอาหารในการเพาะเลี้ยงที่มีราคาสูงเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตดังกล่าว และเป็นปัญหาข้อจำกัดของการผลิตกรดแล็กติกเชิงอุตสาหกรรม[26] แบคทีเรียแล็กติกต้องการสารอาหารเชิงซ้อน ประกอบไปด้วยแหล่งคาร์บอน กรดอะมิโน นิวคลีโอไทด์ ไนโตรเจน และวิตามิน โดยเฉพาะสารสกัดยีสต์และเปปโตนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่กระตุ้นการเจริญ[26-27] ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการประยุกต์ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีคุณค่าทางโภชนาการและอุดมไปด้วยสารอาหารเป็นซับสเตรตในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก เพื่อส่งเสริมและปรับปรุงคุณสมบัติทางชีวภาพของชีวผลิตภัณฑ์ และเป็นแนวทางในการเลือกใช้ซับสเตรตเพื่อลดต้นทุนของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมชีวมวลสาหร่าย

ทำการเตรียมชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่า *Spirulina platensis* IFRPD 1182 ในอ่างขนาดใหญ่กลางแจ้ง (raceway pond) ขนาด 500 ลิตร โดยมีการควบคุมการเพาะเลี้ยงแบบระบบเปิดด้วยความเร็วรอบของใบพัดเท่ากับ 15 รอบต่อนาที ทำการเติมกล้าเชื้อสาหร่ายสไปรูลิน่า *S. platensis* IFRPD 1182 ปริมาณร้อยละ 10 (ปริมาตรต่อปริมาตร) ลงในอาหารเหลว Zarrouk[28] ที่มีปริมาตรทำงาน 200 ลิตร เมื่อเซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่าเจริญเข้าสู่ระยะ exponential ทำการเก็บเกี่ยวเซลล์สาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยการกรองและล้างด้วย

น้ำสะอาด นำเซลล์ที่เก็บเกี่ยวได้ทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 8 เก็บชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เตรียมได้ไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้เป็นซับสเตรตในขั้นตอนต่อไป

2. การเตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรีย

เตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 53103 ลงในอาหารเหลว De Man Rogosa and Sharpe (MRS) ทำการเพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็ว 150 รอบต่อนาที ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อในการศึกษาขั้นตอนต่อไป

3. การศึกษาการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกโดยใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรต

ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกโดยใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเติมกล้าเชื้อ *L. rhamnosus* ATCC 53103 ลงในสารแขวนลอยชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่า (*Spirulina* suspension) ทำการแปรผันความเข้มข้นของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ระดับร้อยละ 0, 2.5, 5.0 และ 10.0 (น้ำหนักโดยปริมาตรน้ำกลั่น) ทำการเพาะเลี้ยงบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็ว 150 รอบต่อนาที ภายใต้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในระหว่างการเพาะเลี้ยงทำการเก็บตัวอย่างทุก 12 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิต (viable cell) ค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่องวัด (pH meter) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติก (titratable acidity) ปริมาณไฟโคไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

4. การวิเคราะห์

นำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้จากการหมักในระยะเวลาต่าง ๆ มาวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิต และทำการเก็บตัวอย่างส่วนใสที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่องวัด (pH meter) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติก (titratable acidity) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิต นำตัวอย่างมาเจือจางแล้วทำเทคนิคการ spread plate ลงบนอาหารแข็ง Nutrient agar (NA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนโคโลนีเพื่อคำนวณหาปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตต่อตัวอย่าง

ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติก โดยการไทเทรตด้วยสารละลายด่างมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล และคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติก

ปริมาณไฟโคไซยานิน โดยนำตัวอย่างมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer (SP-8001, UV-Vis Spectrophotometer, Metertech, Taiwan) ที่ความยาวคลื่น 615 และ 652 นาโนเมตร เพื่อคำนวณหาปริมาณไฟโคไซยานิน (C-phycocyanin, C-PC)[29]

ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic contents, TPC) ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu ทำการผสมตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐานปริมาตร 20 ไมโครลิตร กับสารละลาย Folin-Ciocalteu (ความเข้มข้น 0.2 นอร์มอล) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร และสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (ความเข้มข้น 0.7 โมลาร์) ปริมาตร 80 ไมโครลิตร ทำการบ่มส่วนผสมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader (M965+, Microplate reader, Metertech, Taiwan) ใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน แสดงผลในหน่วยไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมซับสเตรต (สาหร่ายสไปรูลิน่า)[30]

การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging assay) ทำการผสมตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐานปริมาตร 100 ไมโครลิตร กับสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) (ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ทำการบ่มส่วนผสมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง microplate reader (M965+, Microplate reader, Metertech, Taiwan) ใช้วิตามินซีเป็นสารมาตรฐาน แสดงผลในหน่วยไมโครกรัมสมมูลของวิตามินซีต่อกรัมซับสเตรต (สาหร่ายสไปรูลิน่า)[30]

ผลการทดลอง

จากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย *L. rhamnosus* ATCC 53103 โดยใช้สาหร่ายสไปรูลิน่า *S. platensis* IFRPD 1182 เป็นซับสเตรตที่ความเข้มข้นแตกต่างกันตั้งแต่ร้อยละ 0, 2.5, 5 และ 10 ทำการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อติดตามพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหมัก ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติกและปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตของจุลินทรีย์ *L. rhamnosus* ATCC 53103 ดังแสดงใน Figure 1-3 จากการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติก *L. rhamnosus* ATCC 53103 ลงในสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันพบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของซับสเตรตเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น เนื่องด้วยไม่มีการปรับค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น ดังนั้นค่าความเป็นกรดด่างจึงแปรผันตามปริมาณของสาหร่ายสไปรูลิน่าเริ่มต้น แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างกระบวนการหมักไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดด่างอย่างชัดเจน โดยการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่ไม่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่า (SP0) มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.06, 3.98 และ 3.95 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมักตามลำดับ ขณะที่การเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (SP2.5) มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.78, 4.78 และ 4.84 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมัก การเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่เติม

สาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 5 (SP5) มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.13, 5.20 และ 5.16 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมัก และการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 10 (SP10) มีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.52, 5.60 และ 5.55 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมัก (Figure 1)

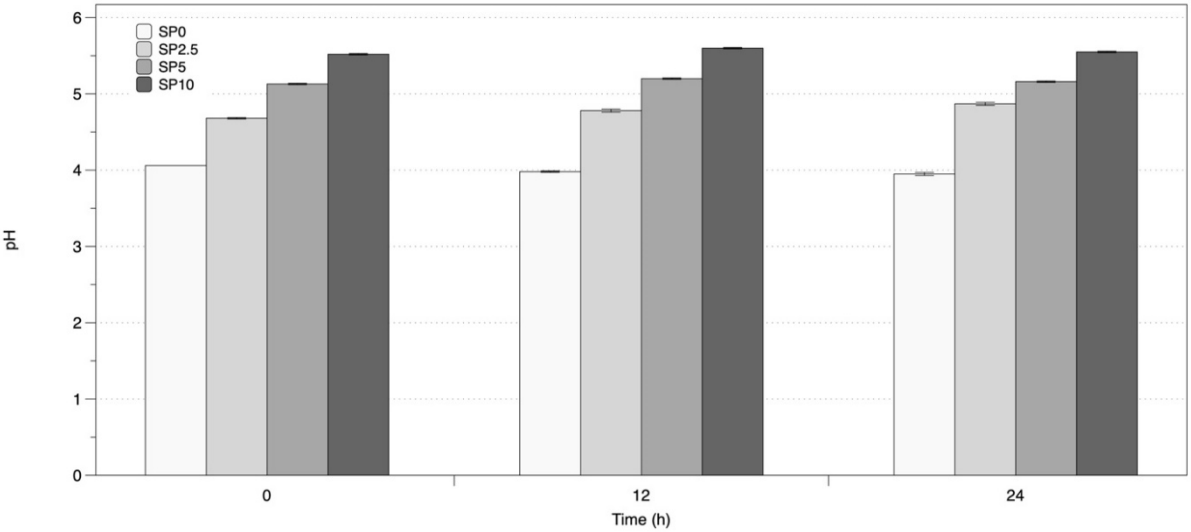


Figure 1 pH of *L. rhamnosus* ATCC 53103 cultivation at various *S. platensis* IFRPD 1182 concentration (SP0, SP2.5, SP5 and SP10 represent *Spirulina* concentration at 0 (control), 2.5, 5 and 10%, respectively). Data were calculated from triplicate experimental values ± standard deviation (SD).

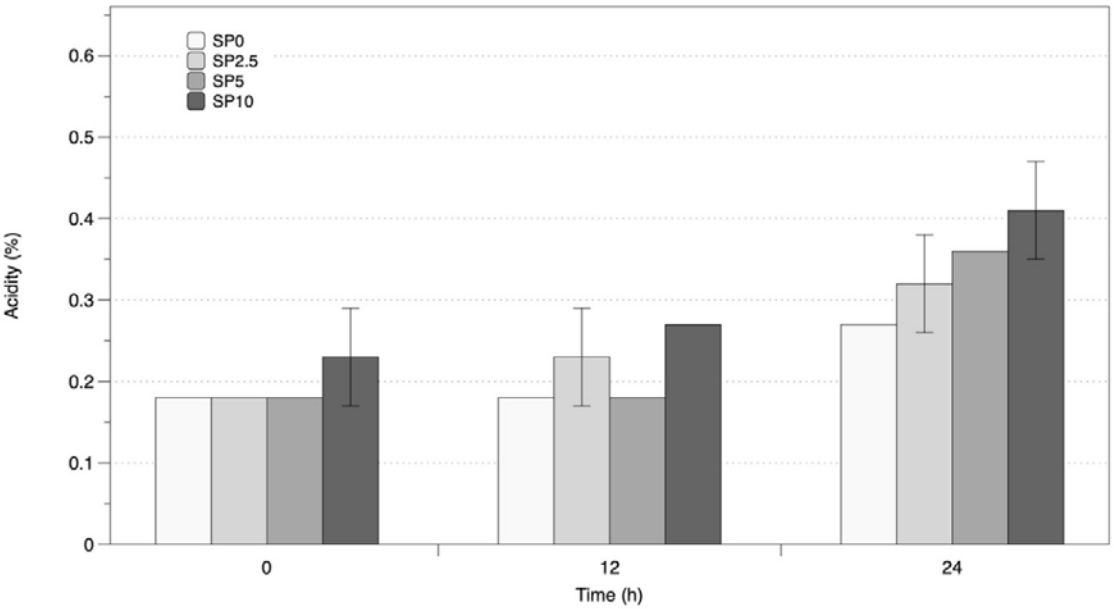


Figure 2 Titratable acidity of *L. rhamnosus* ATCC 53103 cultivation at various *S. platensis* IFRPD 1182 concentration (SP0, SP2.5, SP5 and SP10 represent *Spirulina* concentration at 0 (control), 2.5, 5 and 10%, respectively). Data were calculated from triplicate experimental values ± standard deviation (SD).

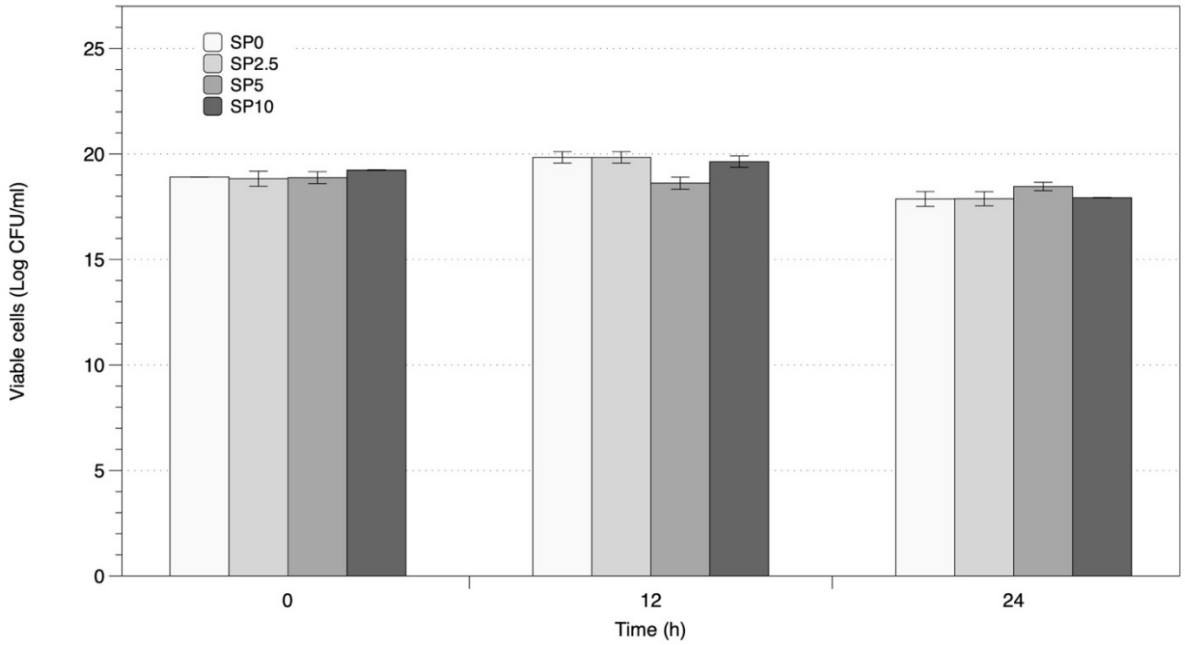


Figure 3 Viable cells of *L. rhamnosus* ATCC 53103 cultivation at various *S. platensis* IFRPD 1182 concentration (SP0, SP2.5, SP5 and SP10 represent *Spirulina* concentration at 0 (control), 2.5, 5 and 10%, respectively). Data were calculated from triplicate experimental values ± standard deviation (SD).

ผลของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแล็กติกพบว่า การเพิ่มปริมาณสาหร่ายสไปรูลิน่าส่งผลต่อปริมาณกรดแล็กติกตามระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มขึ้น โดยสามารถเห็นได้ชัดเจนในระยะเวลาที่ 24 ชั่วโมงของการหมัก (Figure 2) โดยการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่ไม่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่า (SP0) มีปริมาณกรดแล็กติกเท่ากับร้อยละ 0.18, 0.18 และ 0.27 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมักตามลำดับ ขณะที่การเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (SP2.5) มีปริมาณกรดแล็กติกเท่ากับ 0.18, 0.23 และ 0.32 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมักตามลำดับ การเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 5 (SP5) มีปริมาณกรดแล็กติกเท่ากับร้อยละ 0.18, 0.18 และ 0.36 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมักตามลำดับ และการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 10 (SP10) มีปริมาณกรดแล็กติกเท่ากับร้อยละ 0.23, 0.27 และ 0.41 ที่เวลา 0, 12 และ 24 ชั่วโมงของการหมักตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตของจุลินทรีย์ *L. rhamnosus* ATCC 53103 ในระหว่างกระบวนการหมัก (Figure 3) พบว่าปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตมีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเซลล์ที่เวลา 48 ชั่วโมงของการหมักพบว่า ปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตลดลงอย่างเห็นได้ชัด (ไม่ได้แสดงผล) เมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ของการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ทั้ง

ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณกรดแล็กติก และปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตพบว่า การใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นและเป็นการเพิ่มสารอาหารในกระบวนการเพาะเลี้ยง ส่งผลให้เซลล์สามารถเจริญเติบโตได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตและปริมาณกรดที่เปลี่ยนแปลงไป แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 มีสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตอย่างเดียว ไม่มีการเติมสารอาหารชนิดอื่น อาจไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ *L. rhamnosus* ATCC 53103 อย่างสมบูรณ์ จึงส่งผลต่อการผลิตกรดแล็กติกในกระบวนการหมัก

ผลของสารสำคัญและคุณสมบัติทางชีวภาพของสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างกระบวนการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 แสดงดัง Table 1 ในการเพาะเลี้ยงที่ไม่เติมสาหร่ายสไปรูลิน่านั้น ไม่พบปริมาณไฟโคไซยานิน (C-PC) สารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และฤทธิ์การต้านอนมูลอิสระ (DPPH) ขณะที่การเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 ที่มีการเติมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ส่งผลให้มีค่าปริมาณไฟโคไซยานิน สารฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยปริมาณไฟโคไซยานินมีค่าสูงสุดเมื่อใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 ที่ใช้ระยะเวลา 12 ชั่วโมงของการหมัก แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 และ 10 ภายใต้ระยะเวลาการหมักแตกต่างกัน ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดมีค่าสูงสุดเมื่อเติมสาหร่ายสไปรูลิน่าความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ขณะที่คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระมีค่าสูงสุดเมื่อใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าที่ความเข้มข้นสูงสุดร้อยละ 10 ภายใต้ระยะเวลาการหมัก 24 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของการเติมสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตที่ความเข้มข้นและระยะเวลาในการหมักแตกต่างกัน ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่ชัดเจน

วิจารณ์

สาหร่ายสไปรูลิน่าที่เป็นแหล่งของโปรตีนที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เท่ากับร้อยละ 47.65, 21.86 และ 19.87 ของชีวมวลแห้ง[31] จากรายงานการศึกษาก่อนหน้า ในการประยุกต์ใช้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นชีวผลิตภัณฑ์ โดยการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าสด (fresh *Spirulina*) ร่วมกับกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ *L. plantarum* ส่งผลต่อการเพิ่มคุณสมบัติทางโภชนเภสัช (nutraceutical)[15] นอกจากนี้ยังใช้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตในการผลิตก๊าซชีวภาพ[32] และกระบวนการหมักแบบแห้ง (solid-state fermentation) ของสาหร่ายสไปรูลิน่าด้วยแบคทีเรียแล็กติก เพื่อเพิ่มรูปแบบของสารระเหยที่เกิดขึ้น[33] โดยทั่วไปกระบวนการหมักเพื่อผลิตกรดแล็กติกนิยมใช้น้ำตาลอย่างง่าย คือ น้ำตาลกลูโคสและซูโครส เพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอน[34] การศึกษาก่อนหน้านี้ส่วนใหญ่มุ่งเน้นการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าโดยการย่อยคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่ายขนาดเล็กเป็นน้ำตาลเพื่อใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและเป็นซับสเตรตในกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตาม

กระบวนการหมักในเชิงอุตสาหกรรมจำเป็นต้องใช้คาร์โบไฮเดรตในปริมาณมากกว่าร้อยละ 70 ของชีวมวลสาหร่าย ซึ่งยังเป็นข้อจำกัดของการเพาะเลี้ยงเพื่อผลิตสาหร่ายสไปรูลิน่าที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงเป็นส่วนประกอบได้ในปริมาณมาก[35] จากองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสไปรูลิน่าแสดงให้เห็นว่า พบปริมาณโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่สารสกัดยีสต์ที่นิยมใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนในอาหารเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกมีราคาสูง โดยที่สารสกัดยีสต์เป็นแหล่งสารอาหารที่ประกอบด้วยวิตามินและกรดอะมิโนสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงประมาณร้อยละ 38 ของต้นทุนทั้งหมดในการผลิตกรดแล็กติก[36,37] ดังนั้นสาหร่ายสไปรูลิน่าจึงมีศักยภาพในการใช้เป็นซับสเตรตทดแทนแหล่งไนโตรเจนในอาหารเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

แบคทีเรียแล็กติกสามารถสร้างกรดแล็กติกได้โดยผ่านวิถีฟอสโฟกลูโคเนส (Phosphogluconase pathway) ซึ่งสามารถเกิดการสร้างผลิตภัณฑ์ร่วมต่าง ๆ ได้ เช่น แอซีเตต คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอล โดยให้ผลผลิตกรดแล็กติกในปริมาณต่ำและเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการหมัก[38-39] โดยโมเลกุลไพรูเวตในวิถีสามารถถูกเปลี่ยนเป็นกรดแล็กติก แอซีเตต เอทานอล และคาร์บอนไดออกไซด์[40] โมเลกุลเหล่านี้จะถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการผลิตกรดแล็กติกและชีวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอซีเตตและเอทานอลที่ลดลงจะขึ้นอยู่กับความสามารถของแบคทีเรียในการรีออกซิไดซ์ NADH ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนเริ่มต้นเช่นเดียวกับความต้องการพลังงาน[41] จากการศึกษานี้เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้ง่ายและขยายขนาดได้ (scale-up) จึงไม่มีสารอาหารและแหล่งคาร์บอนเพิ่มเติม อีกทั้งสาหร่ายสไปรูลิน่า *Spirulina platensis* IFRPD 1182 ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ *L. rhamnosus* ATCC 53103 ไม่ผ่านการย่อยคาร์โบไฮเดรตเพื่อให้ได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวก่อนกระบวนการหมัก ดังนั้นแบคทีเรียแล็กติกจึงไม่มีแหล่งคาร์บอนในการสร้างกรดแล็กติกตามวิถีดังกล่าว ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแล็กติกยังต้องอาศัยแหล่งอาหารและปัจจัยต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตและสามารถผลิตกรดแล็กติกได้ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างกระบวนการเพาะเลี้ยง *L. rhamnosus* ATCC 53103 พบว่า ให้ผลไปในทิศทางเดียวกับการศึกษาก่อนหน้าในการประยุกต์ใช้สาหร่ายชีวมวลสไปรูลิน่าในรูปแบบสดเมื่อผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ *L. plantarum* ส่งผลต่อการเพิ่มคุณสมบัติทางโภชนเภสัช (nutraceutical)[15] การใช้ชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าเพื่อส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียแล็กติกนั้น อาจไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการผลิตกรดแล็กติกอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สูตรอาหารเหลวสังเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามเป็นแนวทางในการพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของสาหร่ายสไปรูลิน่าร่วมกับโพรไบโอติกได้ต่อไป

Table 1 C-phycocyanin (C-PC), total phenolic contents (TPC) and DPPH radical scavenging activity of *L. rhamnosus* ATCC 53103 cultivation at various *S. platensis* IFRPD 1182 concentration

S. platensis (%)	Time (h)	C-PC (mg/g)	TPC (ug GA/g)	DPPH (ug Vit C/g)
0 (control)	0	0^{c}	0^{e}	0^{g}
	12	0^{c}	0^{e}	0^{g}
	24	0^{c}	0^{e}	0^{g}
2.5	0	0.086 ± 0.03^{bc}	3669.49 ± 411.41^{a}	19.054 ± 2.62^{e}
	12	0.088 ± 0.00^{bc}	3681.62 ± 85.71^{a}	21.600 ± 1.70^{de}
	24	0.137 ± 0.04^{abc}	3431.11 ± 119.99^{a}	43.200 ± 3.39^{c}
5	0	0.208 ± 0.01^{ab}	2279.19 ± 34.28^{bc}	11.100 ± 0.42^{f}
	12	0.293 ± 0.22^{a}	2178.18 ± 68.57^{c}	22.400 ± 1.70^{d}
	24	0.183 ± 0.02^{abc}	2495.35 ± 48.57^{b}	46.800 ± 0.57^{b}
10	0	0.246 ± 0.13^{ab}	1441.62 ± 70.01^{d}	46.801 ± 0.57^{b}
	12	0.184 ± 0.01^{abc}	1450.71 ± 62.85^{d}	50.003 ± 0.57^{b}
	24	0.195 ± 0.02^{ab}	1493.13 ± 111.42^{d}	112.801 ± 5.01^{a}

Note : Data were calculated from triplicate experimental values ± standard deviation (SD). Data in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

บทสรุป

การศึกษาศักยภาพการใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ *L. rhamnosus* ATCC 53103 โดยใช้ความเข้มข้นของสาหร่ายสไปรูลิน่า *S. platensis* IFRPD 1182 แตกต่างกัน สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ในระยะสั้น แต่อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าร่วมกับแบคทีเรียแล็กติก โดยเฉพาะแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติกย่อมส่งผลเชิงบวกต่อสุขภาพ อีกทั้งยังเพิ่มคุณสมบัติทางชีวภาพเพื่อเกิดเป็นสารชีวผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้สาหร่ายสไปรูลิน่าเป็นซับสเตรตร่วมกับแหล่งสารอาหารอื่น เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแล็กติกและเพิ่มผลผลิตกรดแล็กติกต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

1. de la Jara A, Ruano-Rodriguez C, Polifrone M, Assunçao P, Brito-Casillas Y, Wägner AM, Serra-Majem L. Impact of dietary *Arthrospira* (*Spirulina*) biomass consumption on human health: main health targets and systematic review. Journal of Applied Phycology. 2018;30(4):2403-23.
2. Furmaniak MA, Misztak AE, Franczuk MD, Wilmotte A, Waleron M, Waleron KF. Edible Cyanobacterial Genus *Arthrospira*: Actual State of the Art in Cultivation Methods, Genetics, and Application in Medicine. Frontiers in Microbiology. 2017;8.
3. Ferreira A, Guerra I, Costa M, Silva J, Gouveia L. Chapter 15 - Future perspectives of microalgae in the food industry. In: Lafarga T, Acién G, editors. Cultured Microalgae for the Food Industry: Academic Press; 2021. p. 387-433.

4. Jha D, Jain V, Sharma B, Kant A, Garlapati VK. Microalgae-based Pharmaceuticals and Nutraceuticals: An Emerging Field with Immense Market Potential. ChemBioEng Reviews. 2017;4(4):257-72.
5. Mehariya S, Goswami RK, Karthikeysan OP, Verma P. Microalgae for high-value products: A way towards green nutraceutical and pharmaceutical compounds. Chemosphere. 2021;280:130553.
6. Khavari F, Saidijam M, Taheri M, Nouri F. Microalgae: therapeutic potentials and applications. Molecular biology reports. 2021;48(5):4757-65.
7. Yarkent Ç, Gürlek C, Oncel SS. Potential of microalgal compounds in trending natural cosmetics: A review. Sustainable Chemistry and Pharmacy. 2020;17:100304.
8. González-González LM, Correa DF, Ryan S, Jensen PD, Pratt S, Schenk PM. Integrated biodiesel and biogas production from microalgae: Towards a sustainable closed loop through nutrient recycling. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018;82:1137-48.
9. de Souza DS, Valadão RC, de Souza ERP, Barbosa MIMJ, de Mendonça HV. Enhanced Arthrospira platensis Biomass Production Combined with Anaerobic Cattle Wastewater Bioremediation. BioEnergy Research. 2022;15(1):412-25.
10. Mostafa SS, El-Gendy NS. Evaluation of fuel properties for microalgae *Spirulina platensis* bio-diesel and its blends with Egyptian petro-diesel. Arabian journal of chemistry. 2017;10:S2040-S50.
11. Raja R, Hemaiswarya S, Ganesan V, Carvalho IS. Recent developments in therapeutic applications of Cyanobacteria. Critical reviews in microbiology. 2016;42(3):394-405.
12. Chng LM, Chan DJC, Lee KT. Sustainable production of bioethanol using lipid-extracted biomass from *Scenedesmus dimorphus*. Journal of Cleaner Production. 2016;130:68-73.
13. Christaki E, Florou-Paneri P, Bonos E. Microalgae: a novel ingredient in nutrition. International journal of food sciences and nutrition. 2011;62(8):794-9.
14. Nicoletti M. Microalgae nutraceuticals. Foods. 2016;5(3):54.
15. de Marco Castro E, Shannon E, Abu-Ghannam N. Effect of Fermentation on Enhancing the Nutraceutical Properties of *Arthrospira platensis* (*Spirulina*). Fermentation. 2019;5(1):28.
16. Thompson HO, Önning G, Holmgren K, Strandler H, Hultberg M. Fermentation of cauliflower and white beans with *Lactobacillus plantarum*–impact on levels of riboflavin, folate, vitamin B12, and amino acid composition. Plant Foods for Human Nutrition. 2020;75(2):236-42.
17. Eş I, Khaneghah AM, Barba FJ, Saraiva JA, Sant'Ana AS, Hashemi SMB. Recent advancements in lactic acid production-a review. Food Research International. 2018;107:763-70.
18. Raj T, Chandrasekhar K, Kumar AN, Kim S-H. Recent biotechnological trends in lactic acid bacterial fermentation for food processing industries. Systems Microbiology and Biomanufacturing. 2022;2(1):14-40.
19. Jiang X, Liu X, Xu H, Sun Y, Zhang Y, Wang Y. Improvement of the nutritional, antioxidant and bioavailability properties of corn gluten-wheat bran mixture fermented with lactic acid bacteria and acid protease. LWT. 2021;144:111161.
20. Gupta S, Abu-Ghannam N. Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. Trends in Food Science & Technology. 2011;22(6):315-26.
21. Uchida M, Miyoshi T. Algal fermentation—The seed for a new fermentation industry of foods and related products. Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ. 2013;47(1):53-63.
22. Niccolai A, Shannon E, Abu-Ghannam N, Biondi N, Rodolfi L, Tredici MR. Lactic acid fermentation of *Arthrospira platensis* (*spirulina*) biomass for probiotic-based products. Journal of Applied Phycology. 2019;31(2):1077-83.
23. Chen PT, Hong ZS, Cheng CL, Ng IS, Lo YC, Nagarajan D, Chang JS. Exploring fermentation strategies for enhanced lactic acid production with polyvinyl alcohol-immobilized *Lactobacillus plantarum* 2 3 using microalgae as feedstock. Bioresour Technol. 2020;308:123266.

24. Ścieszka S, Klewicka E. Influence of the Microalga *Chlorella vulgaris* on the Growth and Metabolic Activity of Lactobacillus spp. Bacteria. Foods (Basel, Switzerland). 2020;9(7):959.
25. Niccolai A, Bažec K, Rodolfi L, Biondi N, Zlatić E, Jamnik P, Tredici MR. Lactic Acid Fermentation of *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) in a Vegetal Soybean Drink for Developing New Functional Lactose-Free Beverages. Frontiers in Microbiology. 2020;11.
26. Mokoena MP. Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. Molecules. 2017;22(8):1255.
27. Abbasiliasi S, Tan JS, Tengku Ibrahim TA, Bashokouh F, Ramakrishnan NR, Mustafa S, Ariff AB. Fermentation factors influencing the production of bacteriocins by lactic acid bacteria: a review. RSC Advances. 2017;7(47):29395-420.
28. Pan-utai W, Poopat N, Parakulsuksatid P. Photoautotrophic Cultivation of Arthrospira maxima for Protein Accumulation under Minimum Nutrient Availability. Applied Food Biotechnology. 2020;7(4):225-34.
29. Pan-utai W, Iamtham S, Boonbumrung S, Mookdasanit J. Improvement in the Sequential Extraction of Phycobiliproteins from *Arthrospira platensis* Using Green Technologies. Life. 2022;12(11):1896.
30. Pan-utai W, Pantoa T, Roytrakul S, Praiboon J, Kosawatpat P, Tamtin M, Thongdang B. Ultrasonic-Assisted Extraction and Antioxidant Potential of Valuable Protein from *Ulva rigida* Macroalgae. Life. 2023;13(1):86.
31. Pan-utai W, Thitiprasert S, Pornpukdeewattana S. *Arthrospira* Cell Residues for Lactic Acid Fermentation as Bioproducts From Waste Utilization. Frontiers in Energy Research. 2022;10.
32. Dębowski M, Kisielewska M, Kazimierowicz J, Rudnicka A, Dudek M, Romanowska-Duda Z, Zielinski M. The effects of Microalgae Biomass Co-Substrate on Biogas Production from the Common Agricultural Biogas Plants Feedstock. Energies. 2020;13(9):2186.
33. Martelli F, Cirlini M, Lazzi C, Neviani E, Bernini V. Solid-State Fermentation of *Arthrospira platensis* to Implement New Food Products: Evaluation of Stabilization Treatments and Bacterial Growth on the Volatile Fraction. Foods. 2021;10(1):67.
34. Olszewska-Widdrat A, Alexandri M, López-Gómez JP, Schneider R, Venus J. Batch and Continuous Lactic Acid Fermentation Based on A Multi-Substrate Approach. Microorganisms. 2020;8(7):1084.
35. Liu Q, Yao C, Sun Y, Chen W, Tan H, Cao X, Xue S, Yin H. Production and structural characterization of a new type of polysaccharide from nitrogen-limited *Arthrospira platensis* cultivated in outdoor industrial-scale open raceway ponds. Biotechnology for Biofuels. 2019;12(1):131.
36. Meng Y, Xue Y, Yu B, Gao C, Ma Y. Efficient production of L-lactic acid with high optical purity by alkaliphilic Bacillus sp. WL-S20. Bioresour Technol. 2012;116:334-9.
37. Ma K, Maeda T, You H, Shirai Y. Open fermentative production of l-lactic acid with high optical purity by thermophilic *Bacillus coagulans* using excess sludge as nutrient. Bioresource Technology. 2014;151:28-35.
38. Bintsis T. Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. AIMS Microbiol. 2018;4(4):665-84.
39. Abedi E, Hashemi SMB. Lactic acid production – producing microorganisms and substrates sources-state of art. Heliyon. 2020;6(10):e04974.
40. Mendes Ferreira A, Mendes-Faia A. The Role of Yeasts and Lactic Acid Bacteria on the Metabolism of Organic Acids during Winemaking. Foods. 2020;9(9).
41. Yu J, Ma D, Qu S, Liu Y, Xia H, Bian F, Zhang Y, Huang C, Wu R, Wu J, You S, Bi Y. Effects of different probiotic combinations on the components and bioactivity of *Spirulina*. J Basic Microbiol. 2020;60(6):543-57.

การลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) จากฤทธิ์ต้านการอักเสบของสารพฤกษเคมีในเคพกูสเบอร์รี

นราพร พรหมไกรวร

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrnpph@ku.ac.th
รับเมื่อ 19 เมษายน 2566 **แก้ไขเมื่อ** 26 มิถุนายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 13 กรกฎาคม 2566

จุดเด่น

- การอักเสบเรื้อรังในระดับเซลล์ มีส่วนสำคัญที่ทำให้ความรุนแรงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเพิ่มสูงขึ้น
- สารพฤกษเคมีที่พบในเคพกูสเบอร์รีหลายชนิดมีฤทธิ์ต้านการอักเสบที่ดี สามารถลดภาวะอักเสบเรื้อรังและส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

บทคัดย่อ

ความรุนแรงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจและระบบสมอง เป็นต้น อันเป็นสาเหตุหลักของการเสียชีวิตของประชากรไทยและประชากรโลก โดยภาวะอักเสบเรื้อรังในระดับเซลล์ การสร้างสารตัวกลางจำนวนมาก และการทำงานของภูมิคุ้มกันที่ผิดปกติ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้อาการของโรคในกลุ่มนี้มีความรุนแรงขึ้น การใช้ประโยชน์เชิงสุขภาพจากพืชชนิดต่าง ๆ เป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจ ทั้งในแง่การค้นหาสารพฤกษเคมีชนิดใหม่ หรือใช้พืชชนิดต่าง ๆ เป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในส่วนของเคพกูสเบอร์รีนั้น ถือเป็นไม้ผลที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ให้มีความเหมาะสมในการเพาะปลูกในประเทศไทยมายาวนานกว่า 40 ปี และยังเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบและส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันที่ดี จึงสามารถใช้ประโยชน์จากเคพกูสเบอร์รีในการลดระดับการอักเสบและจำกัดการอักเสบให้อยู่ในภาวะที่เหมาะสม ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังจากจุดเริ่มต้น และยังลดความรุนแรงของโรคได้อีกด้วย

คำสำคัญ : เคพกูสเบอร์รี โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง การอักเสบเรื้อรัง ฤทธิ์ต้านการอักเสบ สารพฤกษเคมี

Reducing the risk of Noncommunicable diseases (NCDs) through anti-inflammatory activity of phytochemicals in cape gooseberry

Naraporn Phomkaivon

Department of Food Chemical and Physical,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrnpph@ku.ac.th
Received 19 April 2023; **Revised** 26 June 2023; **Accepted** 13 July 2023

Highlights

- Chronic inflammation plays an important role on the severity of noncommunicable diseases (NCDs)
- Various phytochemicals in cape gooseberry exhibits the strong anti-inflammatory activity that can be candidate to reduce the chronic inflammation and promote well-being

Abstract

Noncommunicable diseases (NCDs) caused by heart disease, cancer, chronic respiratory, and neurological disease was identified as the leading causes of deaths worldwide as well as in Thailand. The progression of NCDs is mostly directed toward chronic inflammation, the overproduction of inflammatory mediators, and immunodeficiency. The utilization of phytochemicals from plants becomes a great opportunity for health prevention. Various plants can be used as sources of new bioactive compounds. Cape gooseberry has been grown in Thailand for 40 years with the improvement of varieties. Phenolic compounds and flavonoids, which are mainly phytochemicals in cape gooseberry, exhibit strong anti-inflammatory and immune system enhancement properties. Cape gooseberry shows the advantage of suppressing inflammation, which can reduce the risk of NCDs and their severity.

Keywords : cape gooseberry, noncommunicable diseases (NCDs), chronic inflammation, anti-inflammatory, phytochemicals

บทนำ

กลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Noncommunicable diseases, NCDs) เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง และโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ประชากรไทยเสียชีวิตสูงถึงร้อยละ 77 ต่อปี ในขณะที่อัตราการเสียชีวิตของประชากรทั่วโลกจากกลุ่มโรคดังกล่าวสูงถึงร้อยละ 74[1] ซึ่งกลไกสำคัญของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังมักเกี่ยวข้องกับการอักเสบเรื้อรังในระดับเซลล์ ความผิดปกติของยีนและระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย นอกจากนี้ยังพบว่า ปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ที่มีผลกระทบรุนแรงต่อการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจและทำให้เกิดภาวะปอดอักเสบ หรือ โรคภูมิแพ้จากภาวะภูมิคุ้มกันไวเกิน (hypersensitivity) จากสารก่อภูมิแพ้ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การแพ้อาหาร ล้วนแต่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในทุกช่วงวัย และยังเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตได้อีกด้วย

กลไกการอักเสบและภาวะการอักเสบเรื้อรัง

กลไกสำคัญที่เป็นสาเหตุของโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง มักเกี่ยวข้องกับการอักเสบเรื้อรังในระดับเซลล์ ความผิดปกติของยีนและการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยทั่วไปการอักเสบเป็นกระบวนการเพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอม และกำจัดเนื้อเยื่อที่ได้รับบาดเจ็บหรือตายจากสาเหตุดังกล่าว ทำให้เซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ สามารถดำเนินกิจกรรมได้ตามปกติ โดยอาการที่สามารถพบได้ทั่วไป เช่น ผื่นแดง การบวม การเกิดความร้อนสะสม และการปวด เป็นต้น กระบวนการอักเสบสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ (1) inflammatory inducers เป็นภาวะที่เกิดการติดเชื้อหรือการเกิดบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ (2) inflammatory sensors เป็นภาวะที่ร่างกายพยายามกำจัดสิ่งแปลกปลอมด้วย mast cells หรือ macrophages (3) inflammatory mediators เป็นภาวะที่ร่างกายสร้างสารตัวกลาง เช่น proinflammatory cytokines หรือ chemokines และ (4) tissue inflammation เป็นภาวะที่เนื้อเยื่อเป้าหมายเกิดการอักเสบ[2-3] ดัง Figure 1

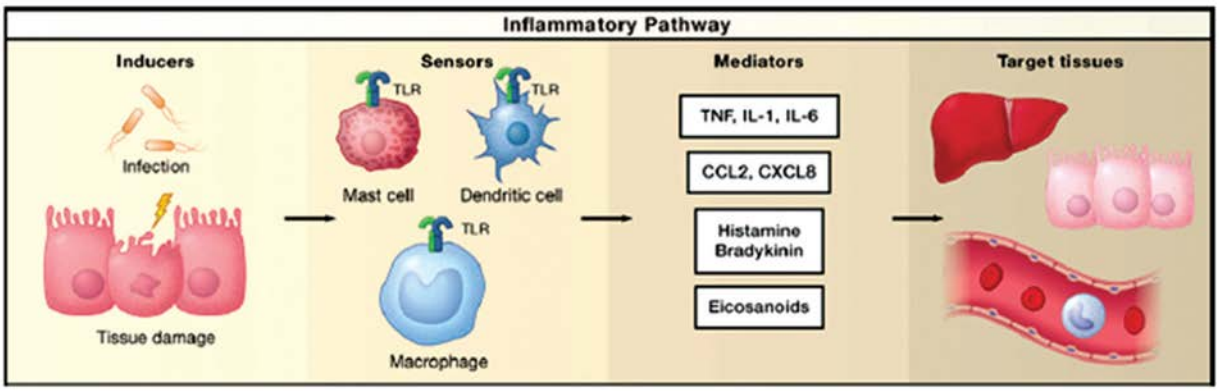


Figure 1 Inflammatory pathway[3]

นอกจากนี้ ในกระบวนการอักเสบทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรังนั้น เซลล์จะถูกกระตุ้นให้สร้างสารตัวกลางในกลุ่ม proinflammatory เพื่อเพิ่มการทำงานของเม็ดเลือดขาว เช่น proinflammatory cytokines IL-1a IL-1b IL-1 6 IL-1 8 GM-CSF INF-G MCAF และ TNF-α หรือ สารตัวกลางในกลุ่ม lipid-inflammatory เช่น eicosanoids และ PAF ที่ช่วยให้ขยายหลอดเลือด เพิ่มการจับตัวของเม็ดเลือดขาวในหลอดเลือด และกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากร่างกาย อย่างไรก็ตามภาวะออกซิเดชันเกินสมดุลในเซลล์สามารถกระตุ้นการอักเสบให้มีความรุนแรงเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย โดยอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการทำลายองค์ประกอบต่าง ๆ ของเซลล์ เช่น โปรตีน ไขมัน และ DNA[4] เมื่อร่างกายมีการอักเสบที่มากเกินไป หรือเกิดการอักเสบเรื้อรังเป็นระยะเวลานาน จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อซึ่งทำให้เซลล์เกิดการทำงานที่ผิดปกติ เนื่องจากวิถีการส่งสัญญาณภายในเซลล์ (signaling pathway) ที่เปลี่ยนแปลงไป และกลายเป็นสาเหตุของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้อีกด้วย เช่น โรคหัวใจ มะเร็ง และเบาหวาน[5-6] ในส่วนของภาวะภูมิคุ้มกันไวเกิน (hypersensitivity) สารก่อภูมิแพ้จะกระตุ้น mast cell ให้มีการสร้างสารในกลุ่ม cytokines ชนิดต่าง ๆ และเมื่อเกิดการสลายตัวของ mast cell จะมีการปลดปล่อยสารตัวกลางที่ก่อให้เกิดอาการแพ้ (เกิดผื่นแดง การบวม จาม น้ำมูก มีไข้ ระบบย่อยอาหารผิดปกติ หรือ ระบบหายใจล้มเหลว) เช่น histamine cytokines (ได้แก่ IL-3 IL-4 IL-8 TNF-α) β-hexosaminidase และ prostaglandin D2 เป็นต้น[7] สารตัวกลางที่ถูกสร้างขึ้นจากภาวะภูมิคุ้มกันไวเกินมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดภาวะอักเสบเรื้อรังในระบบต่าง ๆ ของร่างกาย

จึงเห็นได้ว่า ทั้งการอักเสบและภาวะภูมิคุ้มกันไวเกินนั้น ล้วนแต่มีส่วนสำคัญที่ทำให้ความรุนแรงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเพิ่มสูงขึ้นทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา (โควิด-19) ที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการกระตุ้นให้เกิดภาวะอักเสบในระดับเซลล์ (Figure 2) โดยเกิดการสร้างสารตัวกลางหลายชนิด เช่น TNF-α IFN-γ IL-1 IL-2 IL-4 IL-6 IL-8 IL-10 IL-12 และ IL-1β เป็นต้น และทำให้เกิดภาวะ cytokine storm อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดการอักเสบในระบบต่าง ๆ อย่างรุนแรง เช่น ระบบทางเดินหายใจ ระบบหัวใจ ระบบทางเดินอาหาร สมอง ตับ ไต ดวงตา และผิวหนัง เป็นต้น[8-9] เมื่อการทำงานของอวัยวะเหล่านี้เกิดความล้มเหลว รวมถึงมีอาการแทรกซ้อนที่รุนแรง จึงนำไปสู่การเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคโควิด-19 ในที่สุด ในกรณีที่ผู้ป่วยสามารถหายจากอาการของโควิด-19 ก็ยังมีความเสี่ยงที่จะเกิดภาวะลองโควิด (Long COVID) ซึ่งเป็นผลกระทบจากการอักเสบในระบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการติดเชื้อโควิด-19 โดยก่อให้เกิดภาวะอักเสบทั่วร่างกาย (multisystem inflammatory syndrome; MIS) อันเนื่องมาจากการตอบสนองที่ผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วย ซึ่งภาวะลองโควิดจะมีระยะเวลาตั้งแต่ 3 ถึง 12 สัปดาห์หรือมากกว่านั้น โดยทั่วไปอาการของภาวะลองโควิดจะไม่รุนแรง แต่บางรายอาจมีอาการรุนแรงถึงแก่ชีวิตได้[10]

ด้วยเหตุนี้ภาวะการอักเสบเรื้อรัง มีส่วนในการส่งเสริมให้เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงก่อให้เกิดความบกพร่องของระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้ความรุนแรงของโรคเพิ่มมากขึ้น จึงเห็นได้ว่า การลดระดับและจำกัดการอักเสบให้อยู่ในภาวะที่เหมาะสมนั้น มีแนวโน้มที่จะลดความเสี่ยงในการเกิดโรคจากจุดเริ่มต้นและส่งเสริมสุขภาพในระยะยาว

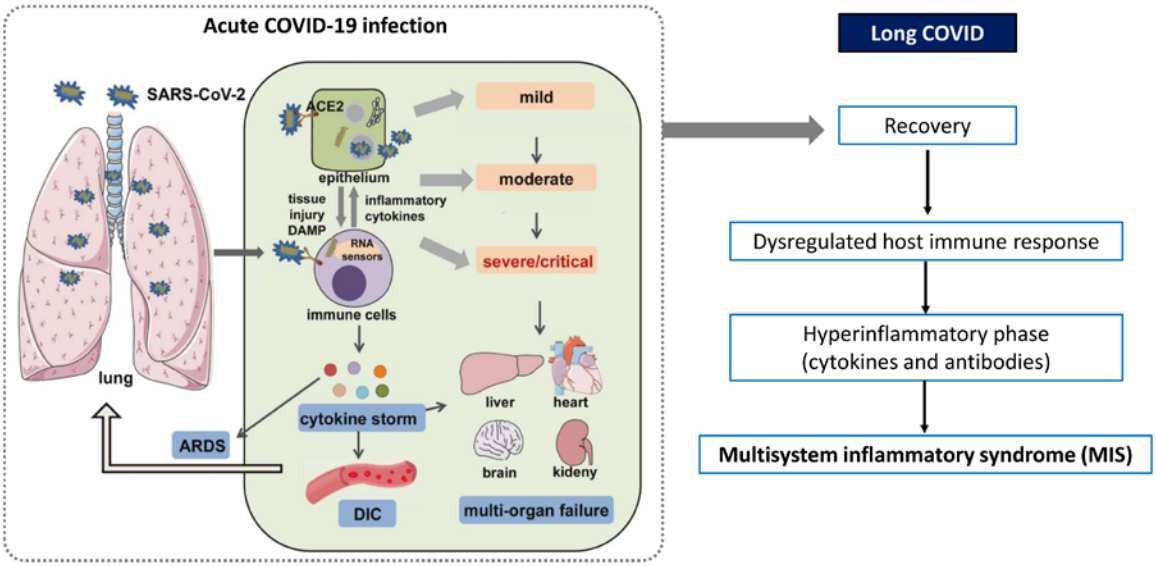


Figure 2 Mechanism of acute COVID-19 infection and Long COVID[9]

ในปัจจุบันแนวทางสำคัญในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเหล่านี้ คือ การหลีกเลี่ยงพฤติกรรมเสี่ยง และการบริโภคอาหารที่ช่วยส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และต้านออกซิเดชัน ซึ่งสารพฤกษเคมีที่พบในพืช ถือเป็นกลุ่มที่ได้รับความสนใจและมีการนำมาใช้ประโยชน์เชิงสุขภาพในวงกว้าง โดยเฉพาะในพืชที่มีเนื้อสีต่าง ๆ เช่น กลุ่มสีส้มที่เป็นแหล่งแคโรทีนอยด์ กลุ่มสีเหลืองที่เป็นแหล่งของฟลาโวนอยด์ กลุ่มสีแดงที่เป็นแหล่งของไลโคปีน กลุ่มสีม่วงที่เป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน เป็นต้น สารพฤกษเคมีเหล่านี้ ล้วนมีความจำเพาะต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน ก่อให้เกิดการพัฒนาสายพันธุ์ของพืชที่เป็นแหล่งของสารพฤกษเคมี การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพจากพืชชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงการค้นหาแหล่งของพืชที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สอดคล้องกับโรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในวิถีชีวิตปัจจุบัน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์และเพาะปลูกในประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและความยั่งยืนแก่ทรัพยากรทางชีวภาพของประเทศ สร้างความมั่นคงทางอาหารและเศรษฐกิจ ตลอดจนสุขภาพที่ดีของประชาชน

เคพกูสเบอร์รี

เคพกูสเบอร์รี (cape gooseberry) หรือกระดิ่งทอง (Figure 3) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Physalis peruviana* L. อยู่ในวงศ์ *Solanaceae*

จัดเป็นไม้ผลขนาดเล็กที่มีการเพาะปลูกแพร่หลายทั่วโลกในประเทศแถบอเมริกาใต้ ยุโรป เอเชีย ออสเตรเลีย และแอฟริกา ซึ่งในประเทศไทยนั้น มูลนิธิโครงการหลวงได้ริเริ่มส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกเคพกูสเบอร์รีเพื่อทดแทนฝิ่นบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 ณ สถานีเกษตรหลวง อ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ถือเป็นพืชที่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ให้เหมาะสมต่อสภาพอากาศและการเพาะปลูกในประเทศไทยมาอย่างยาวนาน โดยในปัจจุบัน ประเทศไทยมีพื้นที่การผลิตเคพกูสเบอร์รีสูงถึง 363 ไร่ต่อปี คิดเป็นมูลค่าการผลิตสูงถึง 14.5 ล้านบาท[11]

Figure 3 Cape gooseberry[12]

การเพาะปลูกเคพกูสเบอร์รีจะใช้ระยะเวลาประมาณ 70-80 วัน โดยผลสุกของเคพกูสเบอร์รีมีสีเหลืองทองรูปร่างกลมขนาด 1.25-2 เซนติเมตร ผิวเรียบเป็นเงา เนื้อมีลักษณะนุ่มและฉ่ำแทรกด้วยเมล็ดสีเหลือง มีรสหวานคล้ายองุ่นและมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว นอกจากนี้เคพกูสเบอร์รีถือเป็นไม้ผลที่มีสารอาหารครบถ้วน (Table 1) โดยเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต (11.0-13.3 กรัม) โปรตีน (0.5-2.3 กรัม) และไขมัน (0.4-1.3 กรัม) ต่อเคพกูสเบอร์รี 100 กรัม ผลสุกยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุ (แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก) และวิตามินหลายชนิด (วิตามินเอ บี ซี) รวมถึงยังเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิดอีกด้วย[12-13]

Table 1 Chemical composition in cape gooseberry per 100 g[13]

parameter	content
energy (kJ)	222-290
proximate	
water (g)	78.9-85.9
protein (g)	0.5-2.3
total lipid (fat) (g)	0.4-1.3
ash (g)	0.7-1.0
carbohydrate (g)	11.0-13.3

Table 1 (ต่อ)

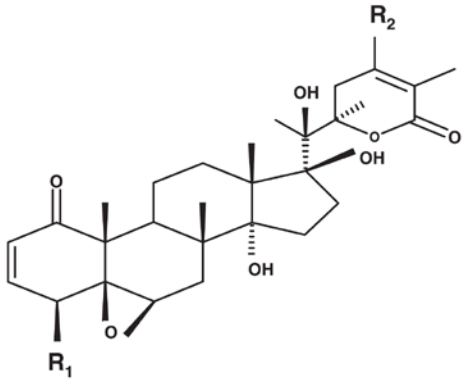
parameter	content
minerals	
Ca (mg)	7.0-14.0
Fe (mg)	1.1-1.7
P (mg)	21.0-54.9
K (mg)	55.3-501.9
Na (mg)	52.7
Zn (mg)	1.5
Cu (mg)	0.7
Mn (mg)	0.7
vitamins	
Ascorbic acid, C (mg)	11.0-43.0
Provitamin A (IU)	648-5000
Thiamine, B1 (mg)	0.01-0.1
Riboflavin, B2 (mg)	0.04-0.17
Niacin, B3 (mg)	0.8-1.73
organic acids	
Citric acid (g)	1.63-2.30
Malic acid (g)	0.25-0.37
Tartaric acid (g)	0.18-0.25

สารพฤกษเคมีที่พบในสารสกัดเคพกูสเบอร์รี

เคพกูสเบอร์รีเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่สำคัญหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ เบต้า-แคโรทีน ไฟโตสเตอรอล กรดฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ แอนโท-ไซยานิน และวิทาโนไลด์ เป็นต้น[12-14]

วิทาโนไลด์ (withanolides)

วิทาโนไลด์ เป็นสารในกลุ่ม polyoxygenated steroidal lactones ที่มีโครงสร้างหลักแบบ C_{28} ergostane โดยวิทาโนไลด์สามารถพบได้ในส่วนต่าง ๆ ของเคพกูสเบอร์รี ทั้งลำต้น ใบ และกลีบเลี้ยง เป็นต้น โครงสร้างของวิทาโนไลด์สามารถแสดงได้ดัง Figure 4



	R_1	R_2
1- 4β-hydroxywithanolide E.	-OH	Me
2- 28-hydroxywithanolide E.	-H	$-CH_2OH$
3- Withanolide E.	-H	Me

Figure 4 Withanolides in cape gooseberry[13]

ฤทธิ์ต้านการอักเสบของวิทาโนไลด์จะเกี่ยวข้องกับการยับยั้งวิถีการส่งสัญญาณภายในเซลล์ (signaling pathway) ที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบ เช่น NF-ĸB JAK/STAT AP-1 และ HIF-1 เป็นต้น รวมไปถึงการยับยั้งการสร้าง IL-6 TNF และ MCP-1 ของ macrophages ในระบบภูมิคุ้มกัน[15-16] นอกจากนี้ยังพบรายงานว่าวิทาโนไลด์ที่ความเข้มข้น 800 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งปอด (A549) และเซลล์มะเร็งลำไส้ใหญ่ (Caco-2)[17] รวมถึงวิทาโนไลด์ยังมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งปากมดลูก มะเร็งตับ และมะเร็งเม็ดเลือดขาว[18]

แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ เป็นรงควัตถุที่มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดสีเหลืองทองในระหว่างการสุกของผลเคพกูสเบอร์รี โดยพบรายงานว่า เคพกูสเบอร์รีมีปริมาณเบต้า-แคโรทีน อยู่ระหว่าง 0.2-10 มิลลิกรัมต่อผลสุก 100 กรัม[13] ในส่วนของการต้านการอักเสบนั้น เบต้า-แคโรทีน ความเข้มข้นตั้งแต่ 2-20 ไมโครโมล สามารถยับยั้งวิถีการส่งสัญญาณภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้อง NF-ĸB, iNOS และ COX-2 รวมทั้งสามารถลดการหลั่งสารตัวกลางที่ชักนำให้เกิดการอักเสบในเซลล์ เช่น reactive oxygen species (ROS), ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide, NO) และ PGE ได้อีกด้วย[19-20]

สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

เคพกูสเบอร์รี มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) อยู่ระหว่าง 2.5-934.9 มิลลิกรัมสมมูลย์ของกรดแกลลิกต่อผลสุก 100 กรัม ซึ่งค่า TPC มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการสุกของผลเคพกูสเบอร์รี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์[21-22] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของเคพกูสเบอร์รีกับผลไม้อื่น ๆ โดยคิดจากส่วนที่บริโภคได้ 100 กรัม พบรายงานว่า เคพกูสเบอร์รีมีค่า TPC สูงกว่ามะม่วง (56-193 มิลลิกรัม) กล้วย (12-90 มิลลิกรัม) สตรอว์เบอร์รี (160 มิลลิกรัม) ราสป์เบอร์รี (114 – 178 มิลลิกรัม) และเชอร์รี (105 มิลลิกรัม)[23-24] นอกจากนี้เคพกูสเบอร์รี (100 กรัม) ยังเป็นแหล่งของฟลาโวนอยด์หลายชนิด ได้แก่ quercetin (0.01-1.1 มิลลิกรัม) rutin (0.17-0.67 มิลลิกรัม) myricetin (0.11-0.13 มิลลิกรัม) epicatechin (0.02-0.06 มิลลิกรัม) และ catechin (0.38-0.67 มิลลิกรัม) เป็นต้น[14,25] ฟลาโวนอยด์ถือเป็นสารกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญต่อการต้านการอักเสบในระดับเซลล์ โดย Wu *et al.*[26] รายงานว่า สารสกัดเคพกูสเบอร์รีด้วยวิธี supercritical carbon dioxide ที่ความเข้มข้น 30 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถยับยั้งการอักเสบจากการกระตุ้นของ lipopolysaccharide (LPS) และลดระดับการทำงานของ iNOS และ COX-2 ตลอดจนสามารถยับยั้งเอนไซม์ xanthine oxidase ได้อีกด้วย

สรุป

เคพกูสเบอร์รี เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุหลายชนิด เป็นไม้ผลที่สามารถเพาะปลูกได้ในประเทศไทย รวมทั้งยังเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีหลายชนิด (วิทาโนไลด์ แคโรทีนอยด์ สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์) ที่ล้วนแต่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบที่ดีในกลไกต่าง ๆ เช่น สามารถยับยั้งวิถีการส่งสัญญาณภายในเซลล์ (signaling pathway) NF-

κB, ยับยั้งการสร้างสารตัวกลาง IL-6, TNF และ MCP-1, ลดระดับการทำงาน iNOS และ COX-2 ตลอดจนยับยั้งการทำงานของ ROS, NO และเอนไซม์ xanthine oxidase ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์เชิงลึก ทั้งในแง่ของการป้องกันสุขภาพและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) ที่เป็นปัญหาระดับโลกในปัจจุบัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดความรุนแรงของโรคอันเนื่องมาจากภาวะอักเสบเรื้อรังภายในเซลล์ และส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ดังนั้นการบริโภคและการใช้ประโยชน์จากเคพกูสเบอร์รีจึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยยกระดับสุขภาพของประชาชน ก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรชีวภาพที่สามารถผลิตได้ในประเทศไทยอย่างเหมาะสม ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ทั้งยังเกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอาหารเฉพาะกลุ่มที่มีมูลค่าทางการตลาดสูงและเป็นที่ต้องการของตลาดทั่วโลก

เอกสารอ้างอิง

1. World health Organization (WHO). Noncommunicable Diseases Progress Monitor 2022. 2022; https://www.who.int/publications/i/item/9789240047761
2. Medzhitov R. Inflammation 2010: New adventures of an old flame. Cell. 2010;140:771-6.
3. Lon H-K, Liu D, Jusko WJ. Pharmacokinetic/pharmacodynamic modeling in inflammation. Crit Rev in Biomed Eng. 2012;40:295-312.
4. Power O, Jakeman P, FitzGerald R. Antioxidative peptides: enzymatic production, in vitro and in vivo antioxidant activity and potential applications of milk-derived antioxidative peptides. Amino acids. 2013;44:797-820.
5. Abbas A, Lichtman AH, Pillai S. Cellular and Molecular Immunology. Elsevier, Philadelphia, PA. 2015.
6. Lordan R, Tsoupras A, Zabetakis I. Chapter 2 - Inflammation, Editor(s): Ioannis Zabetakis I. in The Impact of Nutrition and Statins on Cardiovascular Diseases, Academic Press, 2019;pp. 23-51.
7. Singh A, Holvoet S, Mercenier A. Dietary polyphenols in the prevention and treatment of allergic diseased. Clin Exp Allergy. 2011;41:1346-59.
8. Mokhtari T, Hassani F, Ghaffari N, Ebrahimi B, Yaramadi A, Hassanzadeh G. COVID-19 and multiorgan failure: A narrative review on potential mechanisms. J Mol Histol. 2020;51:613–28.
9. Yang L, Xie X, Tu Z, Fu J, Xu D, Zhou Y. The signal pathways and treatment of cytokine storm in COVID-19. Signal Transduction and Targeted Therapy. 2021;6:255.
10. Galan M, Vigon L, Fuertes D, Murciano-Anton MA, Casado G, Domínguez-Mateo S. Persistent overactive cytotoxic immune response in a spanish cohort of individuals with Long-COVID: Identification of diagnostic biomarkers. Front Immunol. 2022;13:1129.
11. Santasup C, Chaiwon F, Ueangsawat K. Improvement of water-saving and fertilize use efficiency for fruit orchard in highland area. in Research Report. Chiang Mai; Highland Research and Development institute (Public Organization). 2018; 111 p. [in Thai]
12. Mazova N, Popova V, Stoyanova A. Phytochemical composition and biological activity of *Physalis* spp.: A mini-review. FSAB. 2020;3:56-70.
13. Ramadan MF. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of cape gooseberry (*Physalis peruviana*): an overview. Food Res Int. 2011;44:1830-36
14. Olivares-Tenorio M-L, Dekker M, Verkerk R, van Boekel MAJS. Health-promoting compounds in cape gooseberry (*Physalis peruviana L.*): Review from a supply chain perspective. Trends Food Sci Technol. 2016;57:83-92.

15. Martínez W, Ospina LF, Granados D, Delgado G. *In vitro* studies on the relationship between the anti-inflammatory activity of *Physalis peruviana* extracts and the phagocytic process. Immunopharmacol. Immunotoxicol. 2010;32(1):63-73.
16. Ahmed LA. Renoprotective effect of egyptian cape gooseberry fruit (*Physalis peruviana* L.) against acute renal injury in rats. Sci World J. 2014;273870.
17. El-Beltagi HS, Mohamed HI, Safwat G, Gamal M, Megahed BMH. Chemical composition and biological activity of *Physalis peruviana* L. Gesunde Pflanzen. 2019;71(2):113-22.
18. Li X, Zhoa J, Yang M, Liu Y, Li Z, Li R, Li X, Li N, Xu Q, Khan IK, Yang S. Physalins and withanolides from the fruits of *Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* (Mast.) Makino and the inhibitory activities against human tumor cells. Phytochem lett. 2014;10:95-100.
19. Jang SH, Lim JW, Kim H. Beta-carotene inhibits *Helicobacter pylori*–induced expression of inducible nitric oxide synthase and cyclooxygenase-2 in human gastric epithelial AGS cells. J Physiol Pharmacol. 2019;60:131-7.
20. Aung HH, Vasu VT, Valacchi G, Corbacho AM, Kota RS, Lim Y, Obermueller-Jevic UC, Packer L, Cross CE, Gohil K. Effects of dietary carotenoids on mouse lung genomic profiles and their modulatory effects on short-term cigarette smoke exposures. Genes Nutr. 2009;4(1):23-39.
21. Rop O, Mlcek J, Jurikova T, Valsikova M. Bioactive content and antioxidant capacity of Cape gooseberry fruit. Cent Eur J Biol. 2012;7:672-9.
22. Bravo K, Sepulveda-Ortega S, Lara-Guzman O, Navas-Arboleda A. Influence of cultivar and ripening time on bioactive compounds and antioxidant properties in Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). J Sci Food Agric. 2015;95:1562-69.
23. Balasundram N, Sundram K, Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chem. 2006;99:191-203.
24. Ma X, Wu H, Liu L, Yao Q, Wang S, Zhan R, Xing S, Zhou Y. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. Sci Hortic. 2011;129:102-7.
25. Licodiedoff S, Koslowski LAD, Ribani RH. Flavonols and antioxidant activity of *Physalis peruviana* L. fruit at two maturity stages. Acta Sci Technol. 2013;35:393-9.
26. Wu SJ, Tsai JY, Chang SP, Lin DL, Wang SS, Huang SN, Ng LT. Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana*. J Ethnopharmacol. 2006;108:407-13.

โปรตีนพืชอาหารแห่งอนาคตเพื่อลดคาร์บอนฟุตพรินต์ในอาหารจานด่วน

ฐิตาภรณ์ ตัมพานุวัตร[1*]
ขวัญจิรา คุณาวิชชา[2]
ธนารีย์ เขียวเกิด[2]

[1]ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร อาหารและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[*]ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล : ifrtot@ku.ac.th
รับเมื่อ 23 มิถุนายน 2566 **แก้ไขเมื่อ** 12 กันยายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 28 พฤศจิกายน 2566

จุดเด่น

- การเปลี่ยนแปลงของธุรกิจอาหารจานด่วน
- การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมอาหาร
- การลดผลกระทบต่อภูมิอากาศจากธุรกิจอาหารจานด่วน

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโปรตีนพืชกลายเป็นเทรนด์ของอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากจะนำมาใช้ในการทดแทนเนื้อสัตว์แล้ว ยังสามารถเข้ากับรูปแบบของการใช้ชีวิตของคนในยุคสมัยใหม่ที่หันมาใส่ใจสุขภาพกันมากขึ้น โปรตีนพืชช่วยเพิ่มสมดุลในการใช้วัตถุดิบจากกรณีที่โลกต้องเผชิญกับสภาวะขาดแคลนเนื้อสัตว์เนื่องจากปัญหาสภาพสิ่งแวดล้อมรวมถึงช่วยลดสภาวะโลกร้อนที่เกิดจากก๊าซเรือนกระจกจากปัจจัยต่าง ๆ ที่กล่าวมาจึงทำให้ผู้บริโภคเห็นความสำคัญและหันมาบริโภคอาหารเพื่อความยั่งยืนมากขึ้น โดยเฉพาะการเปลี่ยนรูปแบบของอาหารประเภทอาหารจานด่วน เช่น แฮมเบอร์เกอร์ ไส้กรอก นักเก็ต พิซซ่า ฯลฯ จากโปรตีนเนื้อสัตว์เดิมเปลี่ยนเป็นโปรตีนจากพืชทำให้อุตสาหกรรมอาหารเริ่มปรับตัวมาใช้โปรตีนจากพืชมากขึ้น เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีปริมาณน้อยลง ซึ่งการจัดทำคาร์บอนฟุตพรินต์จะช่วยประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและรับมือกับภาษีคาร์บอนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : คาร์บอนฟุตพรินต์ อาหารจานด่วน โปรตีนจากพืช

The future of plant-based protein for reducing the carbon footprint in fast food

Titaporn Tumpanuvatr[1*], Kwanjira Kunawicha[2], and Tanaree Khiewkerd[2]

[1]Department of Food Processing and Preservation,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
[2]Department of Agro-Industrial, Food and Environmental, Faculty of Applied Science,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
[*]Corresponding author, e-mail : ifrtot@ku.ac.th
Received 23 June 2023; **Revised** 12 September 2023; **Accepted** 28 November 2023

Highlights

- Changing trends in the fast food business
- Reduction of greenhouse gas emissions in the food system
- Reducing the climate impact on the fast food business

Abstract

Nowadays, plant-based protein has become a megatrend in the global food industry, serving as a substitute for meat. It is compatible with the modern lifestyle that is becoming more health-conscious. Moreover, plant-based protein contributes to balancing raw materials, especially if the world faces meat shortages due to environmental problems, such as helping reduce global warming caused by greenhouse gases. Consumers have begun to realize the importance of embracing more-sustainable food consumption. In particular, there is a shift in the form of fast-food items such as hamburgers, sausages, nuggets, pizza, etc., from the meat-based protein to alternative proteins based on plants. The food industry has to start adapting to utilize more protein from plants to reduce carbon dioxide emissions. Therefore, a carbon footprint must be established to estimate greenhouse gas emissions and address future carbon taxes.

Keywords : carbon footprint, fast food, plant-based protein

บทนำ

ในช่วงระยะเวลา 60 ปี ที่ผ่านมาพบว่าประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มมากขึ้นเป็นอันดับที่ 1 ของอาเซียนและอันดับที่ 2 ของโลก โดยในปี ค.ศ. 2019 ประเทศไทยปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณ 289.5 $MtCO_2$ (อัตราการเพิ่มขึ้นปีละ 7.43 เปอร์เซ็นต์)[1] สาเหตุที่ทำให้ประเทศไทยมีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในลำดับต้น ๆ ก็เนื่องมาจากการเร่งพัฒนาประเทศ ปริมาณประชากรที่เพิ่มมากขึ้น การใช้ยานพาหนะส่วนตัวที่เพิ่มขึ้น และการขยายตัวของธุรกิจอาหารจานด่วนซึ่งต้นเหตุดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจกที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ฝนที่ตกมากขึ้น และสภาพอากาศแบบสุดขั้ว ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรและความมั่นคงของวงจรอาหารของมนุษย์ ทำให้ผู้บริโภคเริ่มตระหนักและเปลี่ยนใจหันมาบริโภคอาหารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โปรตีนจากพืชจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ผู้บริโภคกำลังหันมาให้ความสนใจอย่างมาก เนื่องจากสามารถทดแทนเนื้อสัตว์อันเป็นสาเหตุที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และทำให้เกิดภาวะโลกร้อนได้ นอกจากนี้วิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปจากเดิมของผู้บริโภคที่เริ่มเข้าสู่การดำเนินชีวิตที่เต็มไปด้วยการแข่งขันและมีความเร่งรีบสูงจึงส่งผลให้ผู้บริโภคในวัยทำงานส่วนใหญ่เลือกที่จะบริโภคอาหารจานด่วนมากขึ้น ดังนั้นอาหารจานด่วนที่ทำจากโปรตีนพืชจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในธุรกิจอาหาร

1. โปรตีนจากพืชคืออะไร

โปรตีนจากพืช (plant-based protein) เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งที่สามารถพบได้ตามธรรมชาติในพืช ผัก ผลไม้ และธัญพืชชนิดต่าง ๆ ที่อุดมไปด้วยเส้นใยอาหารและไขมันไม่อิ่มตัวจึงมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ลดความเสี่ยงของมะเร็งลำไส้ ลดระดับคอเลสเตอรอล และมีส่วนช่วยในการลดน้ำหนัก[2] แต่อย่างไรก็ตามโปรตีนจากพืชบางชนิด เช่น โปรตีนจากข้าวสาลี ถั่วเหลือง กะหล่ำดอก ฯลฯ ยังคงเป็นแหล่งโปรตีนรองจากเนื้อสัตว์ เนื่องจากปริมาณกรดอะมิโนบางประเภท เช่น ทรีโอนีน เมทไทโอนีน ฮีสทิดีน ไลซีน วาลีน ฯลฯ มีจำนวนน้อยกว่าโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ดังแสดงใน Table 1

2. แหล่งที่มาและคุณค่าทางโภชนาการโปรตีนจากพืชถูกจำแนกตามหลักพฤกษศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ประเภท[4-5] ดังนี้

2.1 โปรตีนจากธัญพืช (cereal) มีปริมาณโปรตีน 6 กรัม จากน้ำหนัก 100 กรัม เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง และข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น

2.2 โปรตีนจากถั่ว (legume) มีปริมาณโปรตีน 21 กรัม จากน้ำหนัก 100 กรัม สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้ตามลักษณะดังนี้

- กลุ่มถั่วฝักเมล็ดไม่กลม เช่น ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลายเสือ เป็นต้น
- กลุ่มถั่วฝักเมล็ดกลม เช่น ถั่วลูกไก่ และถั่วพุ่ม เป็นต้น
- กลุ่มถั่วเมล็ดแบน เช่น ถั่วเลนทิล เป็นต้น

2.3 โปรตีนจากเมล็ดพืช (seed) มีปริมาณโปรตีน 30 กรัม จากน้ำหนัก 100 กรัม เช่น เมล็ดทานตะวัน เมล็ดฟักทอง เมล็ดงา เมล็ดลินิน และเมล็ดกัญชง เป็นต้น

2.4 โปรตีนจากหญ้าที่ไม่ใช่ธัญพืช (pseudo-cereal) มีปริมาณโปรตีน 11 กรัม จากน้ำหนัก 100 กรัม พบในบักวีต เจีย ควินัว และอะมารัน

2.5 โปรตีนจากพืชผัก (vegetable protein) มีปริมาณโปรตีน 2 กรัม จากน้ำหนัก 100 กรัม เช่น บรอกโคลี เคล กะหล่ำดอก มันฝรั่ง สะตอ ผักหวาน ชะอม ยอดแค ยอดกระถิน ขี้เหล็ก ใบมะรุม และใบชายา เป็นต้น

Table 1 The amino acid profiles among various dietary protein sources (g/ 100 g)[3-4]

	wheat	soy	hemp	sesame	cauliflower	meat	egg
Essential amino acids							
Threonine	1.8	2.3	1.3	1.3	1.0	3.5	2.0
Methionine	0.1	0.2	0.7	1	0	0.3	2
Phenylalanine	2.7	1.8	3.7	1.8	2.1	3.2	3.7
Histidine	0.9	1.2	1.4	1.1	0.7	1.5	1.5
Lysine	1.3	2.1	1.1	1.4	3.6	3.4	1.9
Valine	2	1.4	2.3	1.3	2.1	2.2	2.8
Isoleucine	1.3	1.5	2	1	1.2	1.9	2
Leucine	3.8	3.2	5	2.6	4	5	5.8
Non-essential amino acids							
Serine	3.5	3.4	2.3	1.1	1.2	4.0	3.3
Glycine	2.4	2.7	2.1	1.3	1.2	1.5	1.4
Glutamic acid	26.9	12.4	7.4	4.9	4.3	16.9	5.1
Proline	8.8	3.3	1.8	0.7	1.4	7.3	1.8
Cysteine	0.7	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.4
Alanine	1.8	2.8	1.9	1.1	1.4	2.6	2.6
Tyrosin	2.4	2.2	1.3	0.7	1.4	3.8	1.8
Arginine	2.4	4.8	5.3	1.1	1.5	2.6	2.6

Adapted from Naksit and Gorissen *et al*.

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของธุรกิจอาหารจานด่วน

จากการรายงานข้อมูลของ SME Thailand ปี ค.ศ. 2022 ที่คาดการณ์ว่าตลาดของผลิตภัณฑ์โปรตีนจากพืชทั่วโลกมีแนวโน้มที่จะมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นถึง 2.5 พันล้านดอลลาร์ หรือ 8.2 หมื่นล้านบาท ในปี ค.ศ. 2023[6] เนื่องจากเป็นเทรนด์ของอาหารแห่งอนาคตจึงทำให้บริษัทธุรกิจรายใหญ่ อาทิ KFC

Burger King และ Starbucks ได้พยายามทำการคิดค้นและพัฒนาเมนูอาหารที่ทำมาจากโปรตีนพืช เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เริ่มหันมาใส่ใจในสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยในส่วนของบริษัท KFC ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ร่วมมือกับบริษัท Beyond Meat เพื่อออกผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ที่มีชื่อว่า “Beyond Fried Chicken” ที่มีการใช้โปรตีนทางเลือกที่ทำมาจากพืชมาทดแทนในส่วนของเนื้อไก่ แสดงดัง Figure 1 ในขณะที่ Burger King ได้เปิดตัวผลิตภัณฑ์นักเก็ตวีแกน และเบอร์เกอร์เนื้อจากพืช และ Starbucks ของประเทศสิงคโปร์ที่มีการขยายเมนูอาหารเพิ่ม 2 รายการ คือ Impossible™ Pasta Salad Bowl และ Impossible™ Pie ไม่เพียงแต่หลายประเทศทั่วโลกที่กำลังตื่นตัวกับเมนูอาหารจากโปรตีนพืชทางประเทศไทยก็ได้มีการบุกตลาดอาหารโปรตีนจากพืชเช่นเดียวกัน โดยได้มีการพัฒนาในกลุ่มธุรกิจอาหารพร้อมบริโภคทั้งในรูปแบบแช่เย็นและแช่แข็ง (chilled and frozen ready to eat food) เช่น บริษัท ไทยยูเนี่ยน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) หรือ ทียู (TU) ที่ได้เปิดตัวรุกตลาดกลุ่มอาหารทะเลแปรรูปจากพืชภายใต้ชื่อแบรนด์ “OMG Meat” โดยมีผลิตภัณฑ์หลากหลาย ได้แก่ หอยจ๊อปู ขนมจีบปู และเนื้อปู อีกทั้งยังมีกลุ่มผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป ได้แก่ ซาลาเปาหมูแดง และนักเก็ตไก่ ในขณะที่บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) หรือ ซีพีเอฟ (CPF) ประกาศเปิดตัว “MEAT ZER0” ผลิตภัณฑ์เนื้อจากพืช (plant-based meat) ที่ผลิตด้วยนวัตกรรม PLANT-TEC ทำให้ได้ลักษณะรูปร่าง รสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่เหมือนเนื้อสัตว์จริง โดยมีสินค้าครอบคลุมทั้งรูปแบบอาหารพร้อมรับประทาน เช่น โปโลน่าจากพืช เบอร์เกอร์หมูจากพืช ข้าวกระเพราเนื้อจากพืช และสปาเกตตีเนื้อสับ เป็นต้น นอกจากการตื่นตัวของเทรน์ตลาดโลกที่ต้องการเปลี่ยนแปลงอาหารจานด่วนแล้วพบว่า ยังคงมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยเช่นกัน อาทิ ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ความตระหนักในการรักษาสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภค และการกีดกันทางการค้าที่เกิดจากกฎหมายที่มีความเข้มข้นมากขึ้นในเรื่องของคาร์บอนฟุตพรินต์ซึ่งอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สินค้าส่งออกได้ลดน้อยลง

Figure 1 Plant-based protein developed by KFC beyond fried chicken[7]

4. คาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon Footprint) คืออะไร

คาร์บอนฟุตพรินต์ (Carbon Footprint) คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งานและการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังการใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide equivalence - CO_2eq) ซึ่งในการ

ประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์จะต้องคำนึงถึงการเกิดภาวะโลกร้อน (global warming) มีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gases : GHGs) ที่มีทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ซึ่งก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก (Global warming potential : GWP) ที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์ทั้งทางด้านการเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การขนส่ง รวมไปถึงการทำลายผืนป่าและทรัพยากรทางธรรมชาติ

การประเมินคาร์บอนฟุตพรินต์หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จะประเมินโดยใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Lift cycle assessment : LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดเศษซากหลังการใช้งาน ผู้ผลิตสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ (Cradle-to-grave) หรือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle-to-gate) โดยผลการประเมินที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการกำหนดนโยบาย การออกแบบผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิต และเพิ่มทางเลือกในการผลิตเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด[8]

5. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาหารจานด่วน

การผลิตอาหารที่ใช้วัตถุดิบประเภทเนื้อสัตว์และนมพบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปสู่สิ่งแวดล้อมสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่วัตถุดิบประเภทพืชและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียง 30 และ 13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ[9] โดยสาเหตุที่ทำให้วัตถุดิบประเภทเนื้อสัตว์และนมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเกิดจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว ควาย และแกะ ที่มีการผลิตก๊าซมีเทนเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีค่าศักยภาพทำให้โลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า[10]

จากการศึกษาข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเภทอาหารจานด่วนที่ผ่านมาจะพบว่าประเทศออสเตรเลียมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในกลุ่มประเทศ G20 (G20 ประกอบไปด้วยประเทศสมาชิก 19 ประเทศ ได้แก่ อาร์เจนตินา ออสเตรเลีย บราซิล แคนาดา จีน ฝรั่งเศส เยอรมนี อินเดีย อินโดนีเซีย อิตาลี ญี่ปุ่น เม็กซิโก รัสเซีย ซาอุดิอาระเบีย แอฟริกาใต้ เกาหลีใต้ ตุรกี สหราชอาณาจักร และสหรัฐอเมริกา รวมถึงสหภาพยุโรป) สาเหตุเนื่องมาจากประเทศออสเตรเลียมีการบริโภคอาหารจานด่วนที่มีองค์ประกอบของเนื้อสัตว์สูง โดยพบว่า ชาวออสเตรเลียที่มีอายุมากกว่า 14 ปี ส่วนใหญ่จะบริโภคอาหารจานด่วนโดยเฉลี่ยมากกว่า 10 ครั้ง ภายในเวลา 4 สัปดาห์[11] ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มีการบริโภคเนื้อสัตว์สูง คือ การค้าของตลาดเนื้อสัตว์

ที่แพร่หลาย วัฒนธรรมในการบริโภคและการโฆษณา ในขณะที่เนื้อสัตว์ประเภทสัตว์ปีกมีการบริโภคที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมา เนื่องจากมีราคาและปริมาณไขมันต่ำกว่า อย่างไรก็ตามผู้บริโภคยังคงบริโภคน้อยกว่าเนื้อวัวและเนื้อหมู

การเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์แฮมเบอร์เกอร์ที่ใช้แพตตี้จากเนื้อสัตว์และพืช แสดงดัง Figure 2 พบว่า แฮมเบอร์เกอร์แพตตี้จากเนื้อสัตว์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าแฮมเบอร์เกอร์แพตตี้จากพืชถึง 10 เท่า หากผู้บริโภคเลือกบริโภคแฮมเบอร์เกอร์แพตตี้จากพืชแทนเนื้อวัวสามารถลดการเกิดภาวะโลกร้อนได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ที่กล่าวว่า สามารถลดการเกิดภาวะเรือนกระจกจาก 74 เปอร์เซ็นต์ เป็น 98 เปอร์เซ็นต์ โดยสาเหตุอาจมาจากหลายปัจจัย เช่น ความหลากหลายของส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตแพตตี้ เทคโนโลยีที่ใช้ในการแปรรูป การอัดขึ้นรูปที่มีความชื้นต่ำเทียบกับการอัดขึ้นรูปที่มีความชื้นสูง และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเนื้อวัวซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหมักในลำไส้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องและปล่อยก๊าซมีเทนออกมา ในขณะเดียวกันหากผู้บริโภคเปลี่ยนการบริโภคแฮมเบอร์เกอร์แพตตี้จากเนื้อไก่มาเป็นพืชสามารถลด GWP ของแฮมเบอร์เกอร์ลงได้ 60 เปอร์เซ็นต์ [12] แสดงดัง Figure 3

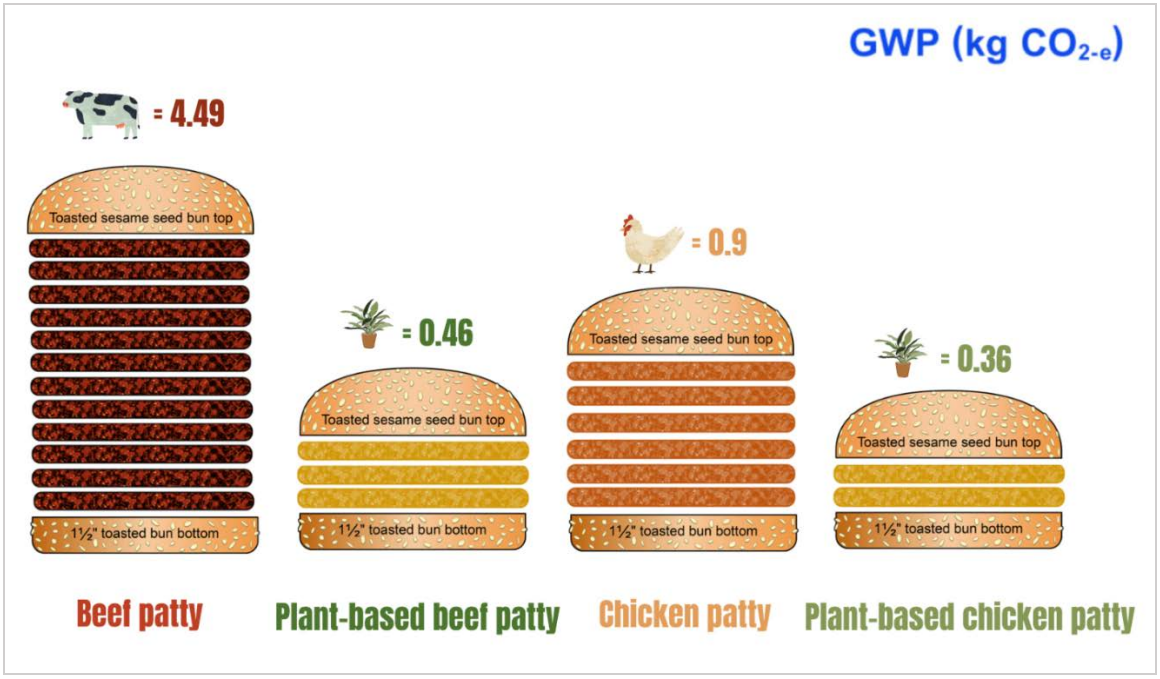


Figure 2 The estimated global warming potential (GWP) in kilograms of CO_2-e for a 113-gram beef burger patty, along with its replacements, which include plant-based beef patty, chicken patty, and plant-based chicken patty[12]
Adapted from Jazbec, M. *et al.*

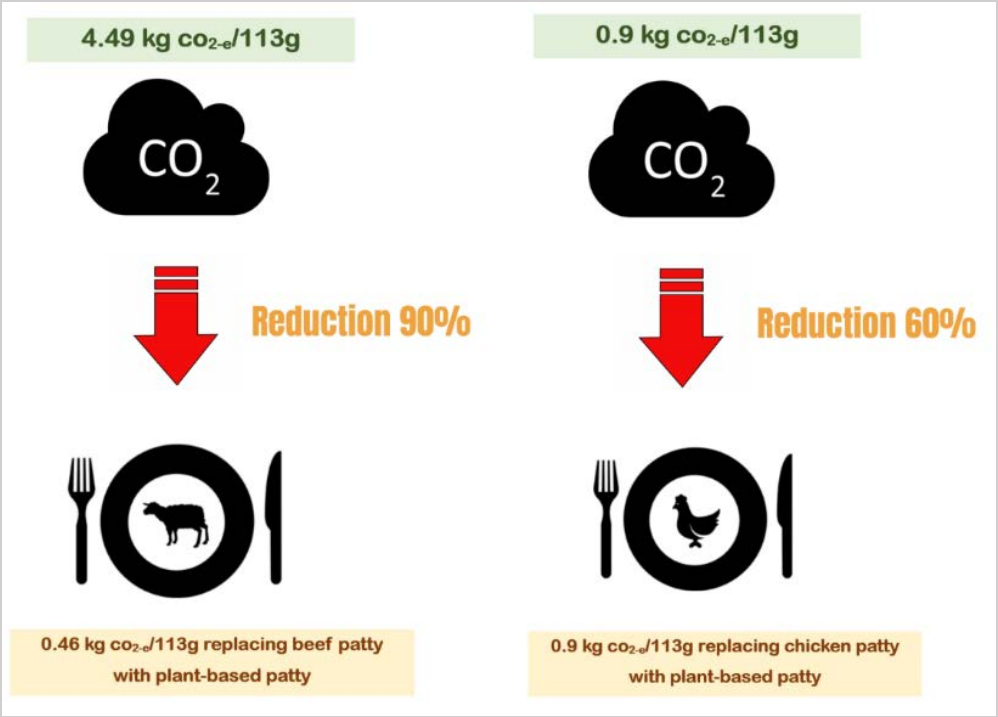


Figure 3 Reducing the global warming potential (GWP) through the substitution of both beef and chicken patties in a burger with plant-based alternatives[12]

Adapted from Jazbec, M. *et al*.

จากการศึกษาคาร์บอนฟุตพรินต์เฉลี่ยทั่วโลกของผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ในฟาร์มมากกว่า 38,000 แห่ง ในจำนวน 119 ประเทศ พบว่า ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลกสำหรับเนื้อวัว 1 กิโลกรัม คือ 100 กิโลกรัมของ CO_2eq โดยคิดเป็นก๊าซมีเทน 49 kgCO_2eq (แสดงเป็นสีเทา) และมีก๊าซเรือนกระจกที่เหลืออยู่จากการกำจัดก๊าซมีเทน คือ 51 kgCO_2eq (แสดงเป็นสีแดง) แสดงดัง Figure 4 การปล่อยก๊าซมีเทนพบมากในเนื้อวัวและเนื้อแกะ เนื่องจากเป็นสัตว์จำพวกเคี้ยวเอื้องที่มีกระบวนการย่อยอาหารจึงส่งผลให้ผลิตก๊าซมีเทนออกมาเป็นจำนวนมาก โดยหากสามารถกำจัดก๊าซมีเทนได้จะทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง ในส่วนของผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเนื้อสัตว์อื่น ๆ มีแหล่งที่มาจากการปล่อยจากมูลสัตว์ การผลิตอาหารสัตว์ การใช้ปุ๋ย เครื่องจักรที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น การแผ้วถางป่าสำหรับฟาร์มและปศุสัตว์ก็เป็นแหล่งปล่อยมลพิษที่สำคัญ[13-14]

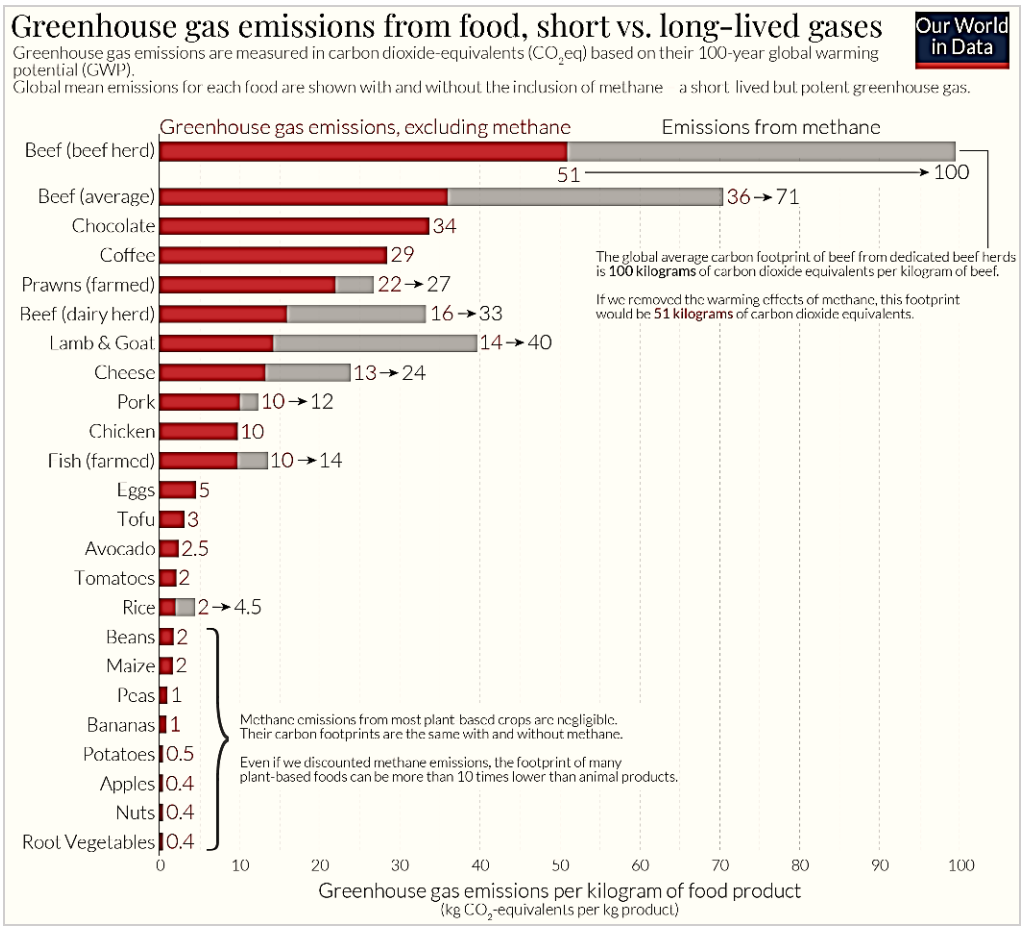


Figure 4 The greenhouse gas emissions associated with each food value chain reveal that animal-based foods are significantly more emissions-intensive than plant-based foods[14]

ปัจจุบันทั่วทั้งโลกมีการบริโภคโปรตีนจากสัตว์มากเกินไปโดยพบว่า ในปี ค.ศ. 2019 การบริโภคโปรตีนเนื้อสัตว์ในออสเตรเลียในแต่ละวันอยู่ที่ประมาณ 246 กรัม/คน/วัน ในขณะที่การบริโภคอาหารของออสเตรเลียที่แนะนำสูงสุดในแต่ละวันคือ 65 กรัม/คน/วัน[15] สำหรับผู้ใหญ่ ดังนั้นการบริโภคโปรตีนจากเนื้อสัตว์จึงมีปริมาณที่สูงเกินกว่าที่กำหนดและมีความเสี่ยงในการก่อให้เกิดโรคไต ผู้บริโภคจึงได้มีการหันมาเปลี่ยนเป็นการบริโภคโปรตีนจากพืชแทน เนื่องจากการเปลี่ยนไปบริโภคโปรตีนจากพืชไม่ได้หมายถึงการไปแทนที่โปรตีนที่ได้จากสัตว์ที่เทียบเท่ากันทั้งหมด 1 กิโลกรัม ดังนั้นเราจึงสามารถลดปริมาณโปรตีนทั้งหมดที่เรากินได้ด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาในแง่มุมของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตอาหารพบว่า ความต้องการทางด้านน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรมีเพิ่มมากขึ้นรวมไปถึงการผลิตเนื้อสัตว์ที่จำเป็นจะต้องใช้ทรัพยากรมหาศาลในแง่ของการใช้น้ำ ที่ดิน และปุ๋ย[16] จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำในธรรมชาติลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตเนื้อวัวที่ต้องใช้ทรัพยากรน้ำในปริมาณมากส่งผลให้ปริมาณการใช้

น้ำจืดสำหรับการผลิตเนื้อวัวของออสเตรเลียลดลงประมาณสองในสาม จากเดิมมีจำนวน 1,465 ลิตร/กิโลกรัม (ในปี ค.ศ. 1981) ลดลงเป็น 515 ลิตร/กิโลกรัม (ในปี ค.ศ. 2010)

จากการวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้น้ำและที่ดินในการผลิตแพตตี้จากเนื้อสัตว์พบว่า มีปริมาณผลกระทบที่มากกว่าโปรตีนทางเลือกจากพืชอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดัง Figure 5 โดยถ้าหากผู้บริโภคเปลี่ยนการบริโภคจากแพตตี้เนื้อวัวมาเป็นแพตตี้จากพืชจะสามารถลดการใช้ที่ดินได้ 94 เปอร์เซ็นต์ และลดการใช้น้ำได้ถึง 94 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผู้บริโภคเปลี่ยนการบริโภคจากแพตตี้เนื้อไก่มาเป็นแพตตี้จากพืชจะทำให้ลดการใช้น้ำได้ถึง 47 เปอร์เซ็นต์ และสามารถลดการใช้ที่ดินได้ 73 เปอร์เซ็นต์ แสดงดัง Figure 5 จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบอาหาร นั่นคือการเปลี่ยนจากการบริโภคอาหารที่ทำจากเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีพืชเป็นส่วนประกอบมากขึ้นเพื่อลดการสูญเสียของอาหารและทรัพยากรธรรมชาติ

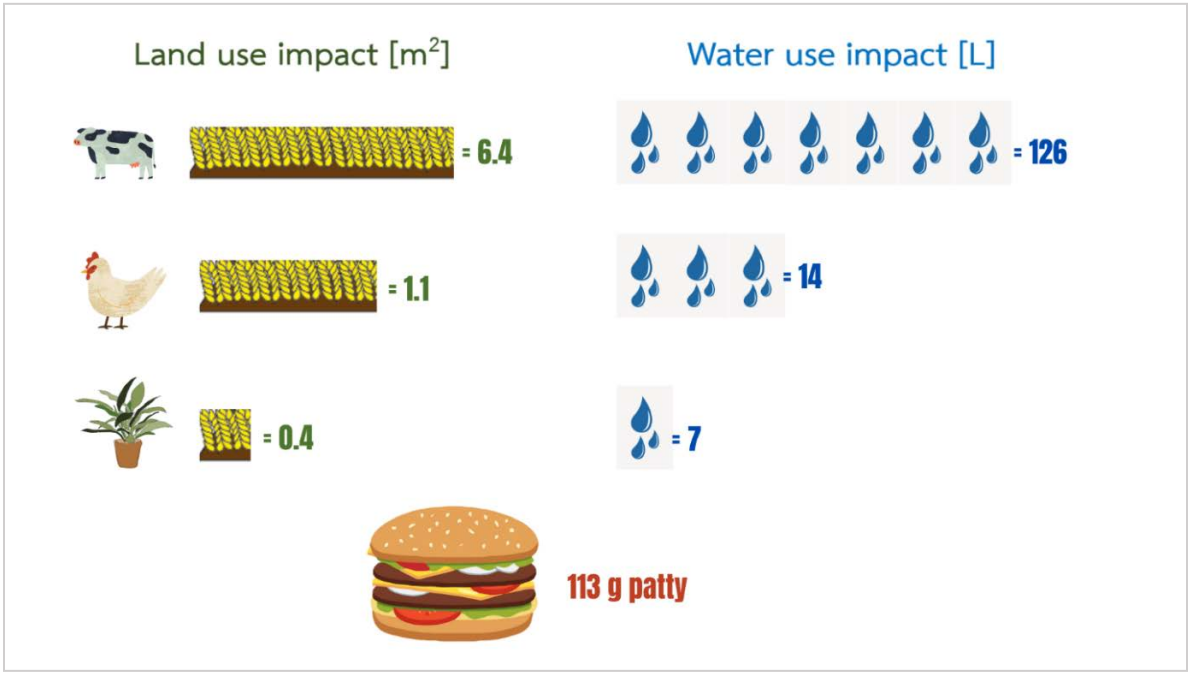


Figure 5 Consider the estimated land use (measured in square meters) and water consumption (measured in liters) for a 113-gram beef burger patty, a chicken patty, and a plant-based patty[12]
Adapted from Jazbec, M. *et al*.

6. การลดผลกระทบทางด้านสภาพภูมิอากาศจากธุรกิจอาหารจานด่วนด้วยการบริโภคโปรตีนทางเลือกจากพืช

จากการประมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเนื้อวัวที่ใช้ในภาคอาหารจานด่วนของออสเตรเลียในปี ค.ศ. 2021 พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 2 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้น้ำ 57,000 ล้านลิตรต่อปี และการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 290,000 เฮกตาร์ ในขณะที่การบริโภคเนื้อไก่ในภาคอาหารจานด่วน

ของออสเตรเลียในปีเดียวกันมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยประมาณคือ 1.12 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี การใช้น้ำ 18,000 ล้านลิตรต่อปี และการใช้ที่ดิน 43,000 เฮกตาร์ แสดงดัง Figure 6

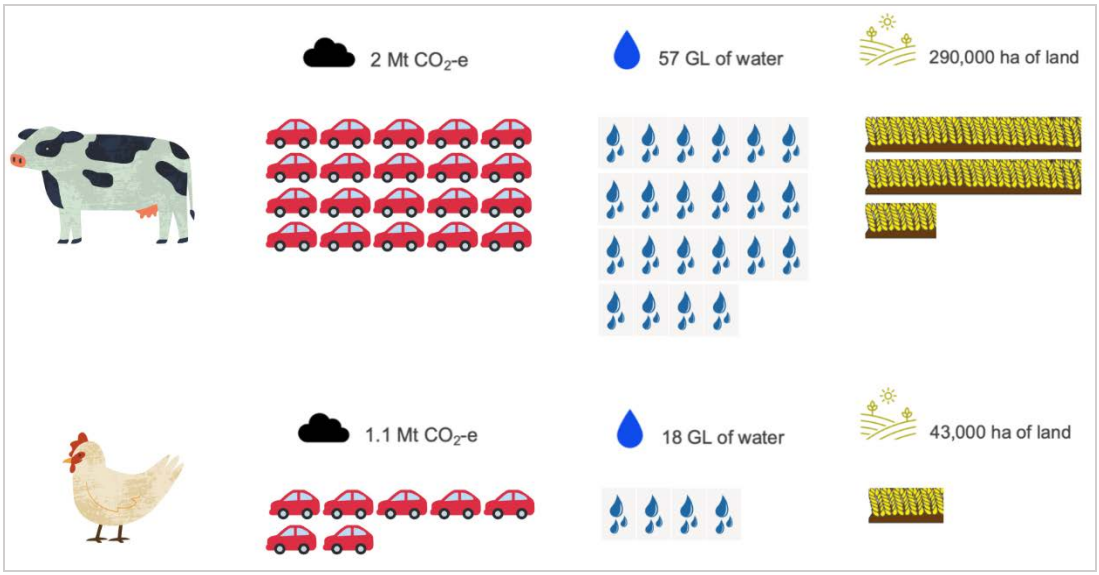


Figure 6 Assessing the environmental impact of beef and chicken consumption in the fast-food sector: greenhouse gas emissions, water usage, and land utilization[12]

Adapted from Jazbec, M. *et al*.

จากข้อมูลดังกล่าวจึงได้มีการนำโปรตีนจากพืชมาใช้ทดแทนเนื้อวัวในอาหารจานด่วน 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเนื้อวัวจะลดลง 0.45 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (โดยคิดเทียบเท่ากับการนำรถออกจากถนนจำนวน 150,000 คัน) และถ้าหากนำโปรตีนจากพืชมาใช้ทดแทนเนื้อวัวในอาหารจานด่วน 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเนื้อวัวจะลดลงได้สูงสุด 0.91 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (โดยคิดเทียบเท่ากับการนำรถออกจากถนนมากกว่าจำนวน 300,000 คัน) ในขณะที่การนำโปรตีนจากพืชมาใช้ทดแทนเนื้อไก่ 25 เปอร์เซ็นต์ ของภาคธุรกิจอาหารจานด่วนจะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 0.15 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (โดยคิดเทียบเท่ากับการนำรถออกจากถนนจำนวน 52,000 คัน) ถ้าเพิ่มปริมาณการทดแทนโปรตีนจากพืชมาเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยประหยัดได้มากถึง 0.31 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (โดยคิดเทียบเท่ากับการนำรถออกจากถนนจำนวน 110,000 คันของถนน) แสดงดัง Figure 7

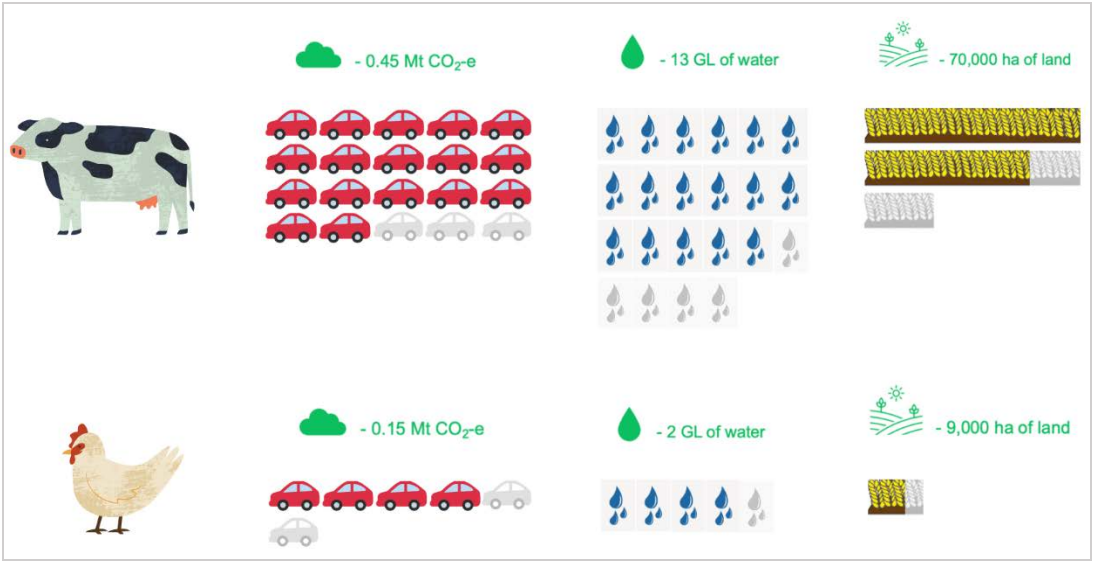


Figure 7 Assessing the Environmental Impact of replacing 25% of beef and chicken in the fast-food sector with plant-based alternatives: emissions reduction, water conservation, and land preservation[12]

Adapted from Jazbec, M. *et al*.

นอกจากนี้การนำโปรตีนจากพืชมาใช้ทดแทนยังช่วยในการประหยัดน้ำได้ โดยถ้าหาก 25 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อวัวถูกแทนที่ด้วยโปรตีนจากพืชในอาหารจานด่วนจะสามารถประหยัดน้ำได้ 13,000 ล้านลิตรต่อปี (เทียบเท่ากับสระว่ายน้ำโอลิมปิกเกือบ 5,200 สระ) และถ้าหากแทนที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อวัวถูกแทนที่ด้วยโปรตีนจากพืชในอาหารจานด่วนจะสามารถประหยัดน้ำได้ 27 พันล้านลิตรต่อปี (เทียบเท่าสำหรับสระว่ายน้ำโอลิมปิก 11,000 สระ) ซึ่งจะสามารถประหยัดน้ำได้มาก ในขณะที่การนำโปรตีนจากพืชมาใช้ทดแทนเนื้อไก่ 25 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถประหยัดน้ำได้ 2 พันล้านลิตรต่อปี (เทียบเท่ากับสระว่ายน้ำโอลิมปิก 800 สระ) และถ้าหากคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อไก่ถูกแทนที่ด้วยโปรตีนจากพืชในอาหารจานด่วนจะสามารถประหยัดได้ 5 พันล้านลิตรต่อปี ในทำนองเดียวกันหากแทนที่เนื้อวัวด้วยตัวเลือกจากพืชในอาหารจานด่วน 25 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ลดการใช้ที่ดินได้ 70,000 เฮกตาร์ ในขณะที่แทนที่เนื้อวัว 50 เปอร์เซ็นต์ ลดการใช้ที่ดินได้ 140,000 เฮกตาร์ (เทียบเท่ากับขนาดสนามคริกเก็ตเมลเบิร์น 70,000 แห่ง) และถ้าหากแทนที่ไก่ด้วยตัวเลือกจากพืชในอาหารจานด่วน 25 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ลดการใช้ที่ดินได้ 9,000 เฮกตาร์ หรือหากแทนที่เนื้อไก่ 50 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถลดการใช้ที่ดินได้ 17,000 เฮกตาร์ (เทียบเท่าสนามคริกเก็ตเมลเบิร์น 9,000 สนาม) และหากการบริโภคเนื้อวัวและไก่ของประเทศออสเตรเลียจำนวนหนึ่งในสี่ถูกแทนที่ด้วยการบริโภคโปรตีนจากพืชสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 2 เปอร์เซ็นต์ (489 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี)

7. การใช้คาร์บอนฟุตพรินต์ในประเทศไทย

ในประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรการรณรงค์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้คาร์บอนฟุตพรินต์ในประเภทอาหารจานด่วนอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยก็ได้มีการรณรงค์และจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Product) โดยมีการดำเนินงานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 เพื่อช่วยเพิ่มโอกาสในการแข่งขันบนเวทีตลาดโลก กระตุ้นให้บริษัทผู้ผลิตเกิดจิตสำนึก และแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมให้มากขึ้น อีกทั้งยังเป็นอีกทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการสินค้าและบริการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยในผลิตภัณฑ์อาหารของไทยที่ได้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพรินต์มีจำนวน 12 บริษัท ดังนี้[17]

- บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด (เครื่องดื่มโคคา-โคลา ชนิดบรรจุกระป๋องบรรจุ 325 cc)
- บริษัท ซีพีอินเตอร์เทรด จำกัด (ข้าวหอมมะลิ 100% Brand RU)
- บริษัท ซีพีเอฟ ผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด (ไก่ย่างเทอริยากิ)
- บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) (เนื้อไก่สด)
- บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนลเพ็ดฟู้ดส์ จำกัด มีทสติ๊ก (Meat Stick)
- บริษัท เพรสซิเดนท์ไรซ์โปรดัก จำกัด (มหาชน) (มาม่าเส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูปน้ำใส)
- บริษัท ทิปโกฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) (น้ำสับปะรดเข้มข้น)
- บริษัท บางซื่อ โรงสีไฟเจียเม้ง จำกัด (ข้าวหอมมะลิ 100 % ใหม่ต้นฤดู)
- บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด (แกงเขียวหวานทูน่าบรรจุกระป๋อง)
- บริษัท โรงเส้นหมี่ ซอเฮง จำกัด (แป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว)
- บริษัท การบินไทยมหาชน จำกัด (อาหารบริการลูกค้าสายการบิน)
- บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) (อาหารไก่เนื้อ)

บทสรุป

การปรับเปลี่ยนรูปแบบของการบริโภคจากเดิมที่ใช้โปรตีนจากเนื้อสัตว์ในอาหารจานด่วนมาทดแทนด้วยโปรตีนจากพืชมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยถ้าหากผู้บริโภคเปลี่ยนการบริโภคแพตตี้ที่ทำจากเนื้อวัวมาเป็นโปรตีนจากพืชจะสามารถหลีกเลี่ยงการใช้ที่ดินได้ 94 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปริมาณน้ำที่ลดลง 94 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อผู้บริโภคเปลี่ยนการบริโภคแพตตี้ที่ทำจากเนื้อไก่มาเป็นโปรตีนจากพืชก็จะใช้น้ำน้อยลง 47 เปอร์เซ็นต์ และใช้ที่ดินน้อยลง 73 เปอร์เซ็นต์ เพราะโปรตีนจากพืชสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาหารได้ อาทิ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบอาหาร ป้องการเกิดวิกฤตการขาดแคลนอาหาร ลดปริมาณเศษอาหาร ลดการใช้ทรัพยากรที่เกินความจำเป็นทั้งการใช้น้ำ ที่ดิน และปุ๋ย ดังนั้นการบริโภคอาหารประเภทจานด่วนที่ทำมาจากโปรตีนพืชจะช่วยให้มีความยั่งยืนและทำให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีมากยิ่งขึ้นในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. รชต สนิท. ไทยงามหน้า 60 ปีที่ผ่านมา ปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นเป็นอันดับ 2 ของโลก มากกว่าเวียดนาม. Brandinside [อินเทอร์เน็ต]; 2565 [เข้าถึงเมื่อ 4 ก.ย.2566]. เข้าถึงได้จาก: https://brandinside.asia/thai-co2-emission-grow-the-second-fastest-in-the-world/
2. Richter CK, Skulas-Ray AC, Champagne CM, Kris-Etherton PM. Plant protein and animal proteins: do they differentially affect cardiovascular disease risk. Adv Nutr. 2015;6(6):712-28.
3. Gorissen S HM, Crombag J JR, Senden J MG, Waterval WA H, Bierau J, Verdijk L B, et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. J.Amino Acids. 2018;50(12):1685-95.
4. Naksit Panyoyai. Plant-based Proteins: Nutrition, Structure, Functionality, and Applications in Food Industry. Rajabhat Agric. 2020;19(1):61-9.
5. USFDA. Food Data Central Search Results. Agricultural Research Service; 2023 [cited 2023 September 9]. Available from: https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/
6. SME Thailand. แบรนด์ดังระดับโลกพร้อมใจ ออกเมนูไร้เนื้อสัตว์ รับกระแส Plant-based food คาดมีมูลค่า 8.2 หมื่นล้านบาทในปี 2566. ศูนย์รวมข้อมูลธุรกิจเอสเอ็มอี [อินเทอร์เน็ต]; 2565 [เข้าถึงเมื่อ 5 พ.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.smethailandclub.com/entrepreneur/8000.html
7. The Washington post. KFC and Chipotle launched new plant-based products nationwide. They probably won't be the last; 2022 [cited 2023 September 4]. Available from: https://www.washingtonpost.com/food/2022/01/05/kfc-chiotle-plant-based-chicken-chorizo-menu/
8. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. LCA เครื่องมือสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สีเขียว. โครงการจัดทำคู่มือข้อมูลวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA-LCA). นนทบุรี: มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย. 2551;10-51.
9. Xu X, Sharma P, Shu S, Lin T S, Ciais P, Tubiello FN, et al. Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods, Nature Food. 2021;2(1):724-32.
10. US EPA, Global Methane Initiative; 2022 [cited 2023 May 24]. Available from: https://www.epa.gov/gmi/importance-methane
11. Morgan R. editors. McDonald's, KFC, Hungry Jack's & Dominos's Pizza are Australia's favorite restaurants; 2021 [cited 2023 May 30]. Available from: https://www.roymorgan.com/ findings/mcdonalds-kfc-hungry-jacks-dominos pizza-are-australias-favorite-restaurants
12. Jazbec M, Salim H, Khara T, Cordell D, White S. Shifting the Menu: Reducing the carbon footprint of fast-food consumption by switching to plant-based options. Technical Report; 2022; the Institute for Sustainable Futures, University of Technology Sydney, for World Animal Protection;2022.
13. NSW DPI. Managing livestock to reduce methane emissions; 2023 [cited 2023 May 11]. Available from: https://www.dpi.nsw.gov.au/dpi/climate/Carbon-and-emissions/emissions-reduction-pathways/livestock-industries/methane_emissions
14. Our World in Data. Food: greenhouse gas emissions across the supply chain; 2018 [cited 2023 May 20]. Available from: https://ourworldindata.org/grapher/food-emissions-supply-chain
15. OECD, "Agricultural Ouput - Meat Consumption," Organisation for Economic Co-Operation and Development;2022 [cited 2023 May 15]. Available from: https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm
16. Wiedemann SG, Henry BK, Gahan EJ, Grant T, Murphy CM, Niethe G. Resource use and greenhouse gas intensity of Australian beef production: 1981-2010, Agricultural Systems. 2015;133:109-18.
17. เยาวดี คุปตะพันธ์. รอยเท้าคาร์บอนกับอุตสาหกรรมอาหาร. วารสารอาหาร. 2011;41(1):52-6.

คีเฟอร์ : ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักเพื่อสุขภาพ

วนิดา ปานอุทัย[1*]
สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา[2]
มัสนาวี อาดำ[3]
รัตตินันท์ โรมรัตตะพันธุ์[3]
ชาลิสา ยอดบำเพิง[3]

[1]ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[3]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[*]ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล : ifrwdp@ku.ac.th
รับเมื่อ 3 กรกฎาคม 2566 **แก้ไขเมื่อ** 7 กันยายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 28 พฤศจิกายน 2566

จุดเด่น

- ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพมนุษย์
- คีเฟอร์นมและคีเฟอร์น้ำผลิตได้จากจุลินทรีย์เฉพาะกลุ่ม
- ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักคีเฟอร์นมและคีเฟอร์น้ำมีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติก ซึ่งมีส่วนช่วยในการสร้างสมดุลของระบบย่อยอาหาร และเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันจึงกำลังเป็นที่นิยม ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มคีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์หมักที่เป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพ ซึ่งรสชาติและสารอาหารของคีเฟอร์ มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของสารตั้งต้นและกลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก สามารถแบ่งได้เป็นคีเฟอร์นมที่ใช้นมเป็นวัตถุดิบหลัก และคีเฟอร์น้ำที่ไม่ใช้นมเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้ที่แพ้ผลิตภัณฑ์นม แพ้แล็กโทส และผู้ที่บริโภคมังสวิรัติ นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพ ช่วยในการส่งเสริมสุขภาพและป้องกันโรคได้

คำสำคัญ : คีเฟอร์นม คีเฟอร์น้ำ จุลินทรีย์ ฤทธิ์ทางชีวภาพ

Kefir : fermented beverage products for human health

Wanida Pan-utai[1*], Soisuda Pornpukdeewattana[2], Masnavee Adam[3], Rattinan Romrattaphan[3], and Charisa Yodbumpreng[3]

[1]Department of Applied Microbiology,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
[2]Division of Fermentation Technology, School of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[3]Division of Food Science and Technology, School of Food Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
[*]Corresponding author, e-mail : ifrwdp@ku.ac.th
Received 3 July 2023; **Revised** 7 September 2023; **Accepted** 28 November 2023

Highlights

- Kefir products are highly effective at promoting human health
- Milk kefir and water kefir are usually produced by unique probiotic
- The two different kefir-fermented beverages have different physical, chemical and microbiological characteristics

Abstract

Consumers are paying more attention to healthy alternative food, especially during the COVID-19 epidemic. Food and beverage products that contain probiotics that contribute to the balance of the digestive system and strengthen the immune system are becoming popular. Kefir is a fermented product that is a healthy alternative food. Different tastes and nutrition depend on raw materials and microorganism groups in fermentation. There are divided into milk and water kefir, which uses milk and non-dairy as the raw materials, respectively. Water kefir is an alternative product for people with dairy allergies, lactose intolerance, and vegetarians. In addition, kefir products are biologically active. It helps to promote health and prevent disease.

Keywords : milk kefir, water kefir, microorganism, biological activities

บทนำ

ผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวคีเฟอร์ หรือ คีเฟอร์นม (milk kefir) มีมานานหลายศตวรรษและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ปัจจุบันผู้บริโภคจำนวนมากสนใจการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ และมีจุลินทรีย์โพรไบโอติก อีกทั้งเป็นผลมาจากความต้องการของตลาดผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแล็กโทสต่ำ เนื่องด้วยในผลิตภัณฑ์คีเฟอร์นม น้ำตาลแล็กโทสถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมัก นอกจากนี้คีเฟอร์ได้รับการรับรองให้เป็นส่วนหนึ่งใน “เก้าเทรนด์อาหารที่น่าจับตามองในปี 2021” โดยสถาบันนักเทคโนโลยีอาหาร (Institute of Food Technologies, IFT) จากสถานการณ์การระบาดใหญ่ของโควิด-19 ทำให้ผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น และมองหาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกัน คาดการณ์การตลาดของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์จะเพิ่มขึ้น 456 ล้านเหรียญสหรัฐระหว่างปี พ.ศ. 2564-2568[1] คีเฟอร์นมเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่มีความเป็นกรดและปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบยุโรปตะวันออกและเอเชียกลาง โดยมีต้นกำเนิดในเทือกเขาคอเคซัส (Caucasus) เมื่อหลายพันปีก่อน ตั้งแต่นั้นมาคีเฟอร์ได้รับการบริโภคอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติที่ดี และช่วยส่งเสริมสุขภาพของมนุษย์[2] และมีการเผยแพร่ไปยังประเทศอื่น ๆ โดยประเทศที่นิยมบริโภค ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส บราซิล และญี่ปุ่น[3] ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมัก คีเฟอร์นม (milk kefir) และคีเฟอร์น้ำ (water kefir) ผลิตได้จากจุลินทรีย์โพรไบโอติกแตกต่างกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นกลุ่มเจลาติน ซึ่งเรียกว่า เมล็ดคีเฟอร์นม (milk kefir grains) และเมล็ดคีเฟอร์น้ำ (water kefir grains) โดยเครื่องดื่มหมักทั้งสองชนิดมีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน รวมถึงเป็นแหล่งของโพรไบโอติกและมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่เพื่อสุขภาพแตกต่างกันด้วย โดยที่คีเฟอร์นมมีปริมาณโปรตีนสูง เป็นแหล่งของโพรไบโอติกและพรี-ไบโอติก ขณะที่คีเฟอร์น้ำเป็นแหล่งโพรไบโอติก พรีไบโอติกและสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญต่อสุขภาพ เหมาะสำหรับผู้รับประทานมังสวิรัติและผู้บริโภคที่แพ้ผลิตภัณฑ์จากนม ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มหมักนี้[4] จึงเป็นเครื่องดื่มหมักที่เป็นแหล่งของโพรไบโอติกที่มีความหลากหลาย และมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ

คีเฟอร์ (Kefir)

โดยทั่วไปคีเฟอร์สามารถแบ่งได้ตามวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการหมัก คือ นมเปรี้ยวคีเฟอร์ หรือ คีเฟอร์นม โดยใช้นมเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการหมัก (Figure 1) ขณะที่คีเฟอร์น้ำ (water kefir, sugary kefir, non-dairy kefir) ใช้วัตถุดิบที่ไม่ใช่นมเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในกระบวนการหมัก (Figure 2) ร่วมกับเมล็ดคีเฟอร์ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลาย แบ่งเป็นเมล็ดคีเฟอร์นม (milk kefir grains) และเมล็ดคีเฟอร์น้ำ (water kefir

grains) เป็นหัวเชื้อในการผลิตผลิตภัณฑ์หมักคีเฟอร์ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ที่ผลิตได้จากนมได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากกว่าประเภทอื่น แต่เนื่องด้วยผลิตภัณฑ์จากนมอาจไม่เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้แล็กโทส ผู้บริโภคมังสวิรัติ และผู้แพ้ผลิตภัณฑ์จากนม[5] ดังนั้นผลิตภัณฑ์คีเฟอร์น้ำจึงเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภค

Figure 1 Main formulation of milk kefir production

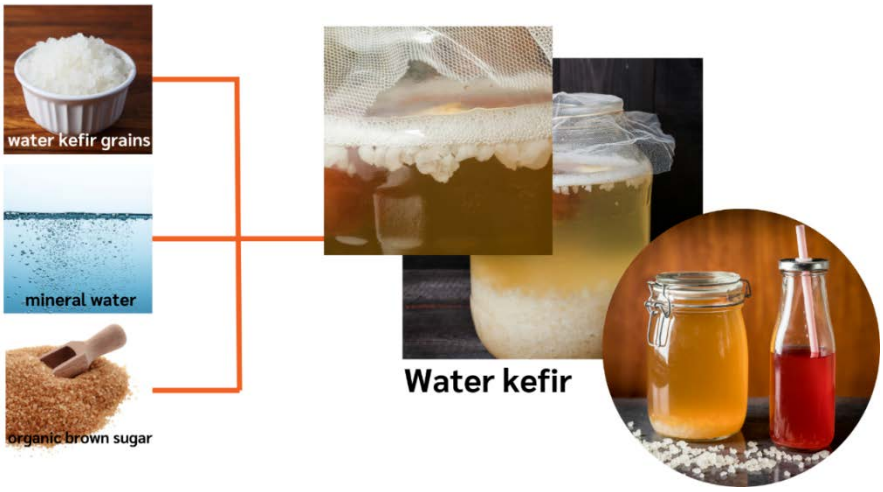


Figure 2 Main formulation of water kefir production

คีเฟอร์นม (milk kefir)

คีเฟอร์นมเป็นผลิตภัณฑ์หมักที่มีค่าความเป็นกรด มีปริมาณแอลกอฮอล์เกิดขึ้นเล็กน้อยจากกระบวนการหมัก นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบยุโรปตะวันออกและเอเชียกลาง มีต้นกำเนิดในเทือกเขาคอเคซัส (Caucasus) บริเวณจุดเชื่อมกลางระหว่างยุโรปและเอเชียเมื่อหลายพันปีก่อน ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ได้รับความนิยม

เนื่องจากรสชาติที่ดีและมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการส่งเสริมสุขภาพ[1] คีเฟอร์นมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมกับเมล็ดคีเฟอร์นม โดยที่เมล็ดคีเฟอร์นมมีรูปร่างเป็นเม็ดขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1-2.0 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายกับดอกกะหล่ำขนาดเล็กหรือข้าวโพดคั่ว และมีสีขาวจนถึงสีครีม โดยทั่วไปเมล็ดคีเฟอร์นม ประกอบด้วยปริมาณน้ำร้อยละ 86 และปริมาณของแข็งร้อยละ 14 ซึ่งส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วย พอลิแซ็กคาไรด์ประมาณร้อยละ 58 โปรตีนร้อยละ 30 ไขมันร้อยละ 7 และเถ้าร้อยละ 5 องค์ประกอบทางเคมีดังกล่าวอาจมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเมล็ดคีเฟอร์นม[4] และในการหมักแต่ละครั้งจะมีปริมาณชีวมวลของเมล็ดคีเฟอร์นมเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 3.0-3.5 ขึ้นอยู่กับปัจจัยในการหมัก[6]

กระบวนการผลิตคีเฟอร์นมแบบดั้งเดิม ทำได้โดยใช้น้ำนมเป็นวัตถุดิบตั้งต้น สามารถเตรียมได้จากแหล่งวัตถุดิบนมที่หลากหลาย ได้แก่ นมโค แพะ แกะ อูฐ และควาย ทำการฆ่าเชื้อวัตถุดิบนมด้วยการพาสเจอไรซ์ และทำให้เย็นลงในอุณหภูมิที่เหมาะสม นำเมล็ดคีเฟอร์นมเติมลงในน้ำนมร้อยละ 1-20 ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง ในระหว่างการหมักแล็กโทสจากนมจะถูกย่อยสลายกลายเป็นกรดแล็กติกด้วยเอนไซม์เบต้า-กาแล็กโตซิเดส (β-galactosidase) ที่ผลิตโดยแบคทีเรียกรดแล็กติกที่มีอยู่ในเมล็ดคีเฟอร์ ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดด่างลดลงอยู่ในช่วง 4.0-4.6 และในระหว่างการหมักจะเกิดเอทานอลที่ผลิตโดยยีสต์ประมาณร้อยละ 0.5–2.0 อีกทั้งยังเกิดสารให้กลิ่นจากแบคทีเรียกรดแล็กติก เช่น แอลดีไฮด์ ไดอะซีทิล กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก เป็นต้น เมื่อสิ้นสุดการบ่มทำการกรองแยกเมล็ดคีเฟอร์ออกจากคีเฟอร์ และสามารถนำไปใช้สำหรับการหมักครั้งต่อไปได้[7-8] อย่างไรก็ตามการผลิตคีเฟอร์เพื่อบริโภคในครัวเรือน หากมีการรักษาสุขอนามัยและการฆ่าเชื้อก่อนกระบวนการหมักไม่ดี อาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคจากการปนเปื้อนเชื้อก่อโรคได้[8] นอกจากนี้การผลิตคีเฟอร์ในเชิงพาณิชย์จะใช้เมล็ดคีเฟอร์แบบแช่เยือกแข็งหรือใช้วิธี “Russian back slopping” ซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง โดยเริ่มต้นด้วยการใช้เมล็ดคีเฟอร์ตามธรรมชาติเป็นเชื้อเริ่มต้นสำหรับกระบวนการหมักนม แม้ว่าคีเฟอร์จะสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบนมสัตว์ต่าง ๆ แต่คีเฟอร์ที่ทำจากนมวัวยังคงได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศแถบยุโรปตะวันออก และมีข้อระวังเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์นมหมักชนิดอื่น ๆ เนื่องจากคุณลักษณะของน้ำนมดิบมีความสำคัญต่อการผลิตคีเฟอร์ โดยทั่วไปน้ำนมดิบที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์ควรมีจำนวนแบคทีเรียก่อโรคปนเปื้อนในปริมาณต่ำ ไม่มียาปฏิชีวนะและยาฆ่าเชื้อหลงเหลืออยู่[9]

คีเฟอร์น้ำ (water kefir)

ผู้บริโภคที่มีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น ความเสี่ยงต่อโรคที่มีสัตว์เป็นพาหะ จำนวนผู้บริโภคที่แพ้แล็กโทสหรือแพ้โปรตีนจากนม และการรับประทานอาหารมังสวิรัติ เป็นต้น คีเฟอร์

น้ำจึงได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น คีเฟอร์น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักเมล็ดคีเฟอร์ด้วยสารละลายที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ผัก ผลไม้ และกากน้ำตาล เป็นต้น โดยสารละลายน้ำตาลทรายแดงเป็นสารตั้งต้นหลักที่เลือกใช้ในการหมักคีเฟอร์น้ำ โดยทั่วไปคีเฟอร์น้ำมักเตรียมได้จากวัตถุดิบจำพวกน้ำผลไม้ (แอปเปิล สับปะรด องุ่น มะตูม กีวี ลูกแพร์ ทับทิม แตง สตรอว์เบอร์รี มะเขือเทศ มะพร้าว) ผัก (ขิง หัวหอม ถั่วเหลือง ยี่หร่า แคร์รอต) กากน้ำตาล (อ้อย) และน้ำผึ้ง[10] ทั้งนี้สามารถสรุปภาพรวมชนิดของสารตั้งต้นหรือวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคีเฟอร์น้ำได้ใน Figure 3

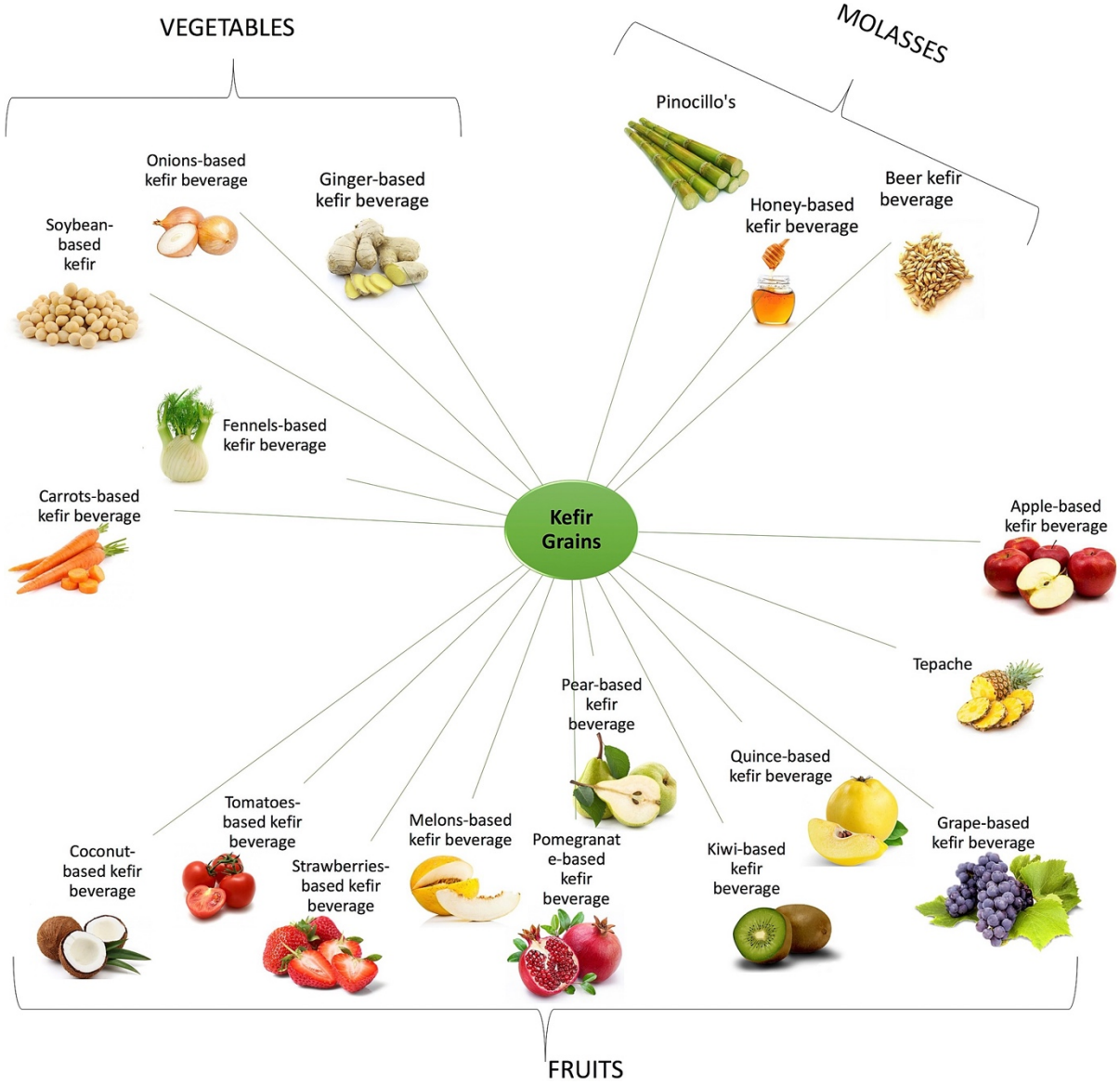


Figure 3 Non-dairy substrate for water kefir products[10]

ปัจจุบันมีรายงานการบริโภคคีเฟอร์น้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่เฉพาะตัวและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ประเทศที่มีการบริโภคเครื่องดื่มคีเฟอร์น้ำสูง ได้แก่ สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก แคนาดา ญี่ปุ่น ไทย มาเลเซีย ฝรั่งเศส กรีซ ตุรกี รัสเซีย สหราชอาณาจักร เนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ สวีเดน สเปน โปรตุเกส บราซิล ชิลี เปรู และอาร์เจนตินา[10-11] วิธีการผลิตคีเฟอร์น้ำแบบดั้งเดิมทำได้โดยการเติมเมล็ดคีเฟอร์น้ำลงในสารตั้งต้นที่ผ่านการพาสเจอไรซ์และทำให้เย็นลง บ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อการหมักเสร็จสิ้นเมล็ดคีเฟอร์จะถูกแยกจากผลิตภัณฑ์คีเฟอร์โดยการกรองตามด้วยการล้าง ทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง และเก็บรักษาไว้สำหรับขั้นตอนการหมักรอบถัดไป

องค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางประสาทสัมผัสของคีเฟอร์น้ำแตกต่างกันไปตามสารตั้งต้นที่ใช้ รวมถึงน้ำตาล (ซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส) กรดอินทรีย์ (กรดแล็กติก อะซิติก ซิตริก ทาร์ทาริก บิวทิริก มาลิก และกรดโพรพิโอนิก) แอลกอฮอล์ (เอทานอล เฮกซานอล และกลีเซอรอล) และเอสเทอร์ (เอทิล โพรพิโอเนต เฮกซาโนเอต ออคตาโนเอต และเดคาโนเอต) สารเมตาบอไลต์เหล่านี้มีคุณสมบัติด้านรสชาติที่โดดเด่นและแตกต่างกัน เช่น รู้สึกสดชื่น (เนื่องจากมีเอทานอล) มีกลิ่นหอมของผลไม้ (เนื่องจากมีเอสเทอร์) และมีเนื้อสัมผัส (เนื่องจากมีกลีเซอรอล) ซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจ[10]

เมล็ดคีเฟอร์ (kefir grains)

เมล็ดคีเฟอร์เป็นหัวเชื้อสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ เมล็ดคีเฟอร์นม (milk kefir grains) และเมล็ดคีเฟอร์น้ำ (water kefir grains) มีลักษณะปรากฏดัง Figure 4 โดยเมล็ดคีเฟอร์ทั้งสองชนิดมีความคล้ายคลึงกันในด้านโครงสร้าง จุลินทรีย์และกระบวนการเมแทบอลิซึมในระหว่างกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตามความหลากหลายของจุลินทรีย์ในเมล็ดคีเฟอร์ และปริมาณของสารเมตาบอไลต์ขั้นสุดท้ายอาจแตกต่างกันไปตามแหล่งคาร์บอน สารตั้งต้น และพลังงานที่ใช้ในการหมักเมล็ดคีเฟอร์[12] เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำสามารถแสดงได้ใน Table 1

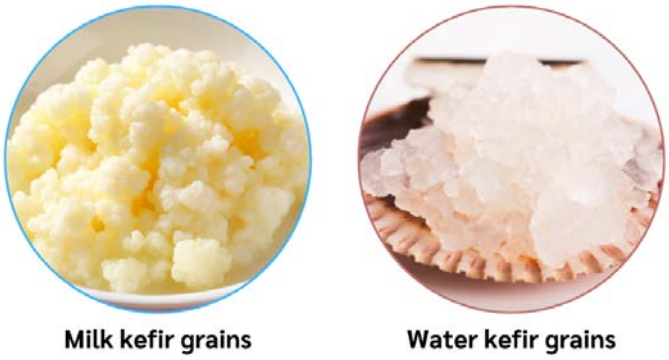


Figure 4 Appearance of milk and water kefir grains

Table 1 Comparison of milk kefir grains and water kefir grains for kefir fermented products[13]

Parameters	Milk kefir grains (MKG)	Water kefir grains (WKG)
Dimension	0.1–2.0 cm	Few mm to cm
Consistency	Resilient	Less resilient than MKG
Color	Creamy white	Transparent to colored depending on the fruit or vegetable medium
Average chemical composition	86% water, 14% dry matter, divided among polysaccharide (58%), protein (30%), fat (7%), and ash (5%)	Mostly unknown
Chemical structure	Kefiran, kefirose	Dextran, mannitol, mutan
Bacteria	*Lactobacillus paracasei, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus plantarum, and Lactobacillus kefiranofaciens* *Lactococcus* species usually found Acetic acid bacteria less important	*Lactobacillus casei/paracasei, Lactobacillus hordei, Lactobacillus hilgardii, and Lactobacillus nagelii* *Lactococcus* species rarely found Acetic acid bacteria important
Yeasts	*Candida* (dominant)	*Saccharomyces cerevisiae* (dominant)
Main aroma compounds	Aldehydes, ketones, acids	Esters
Biological effects	Many studies reporting several functional properties	Few studies reporting functional properties still needing to be assessed in humans
Production	Animal milk, vegetable “milk”, inoculated with MKG	Water with sugar and fruits, fruit/vegetable/cereal juices inoculated with WKG or MKG
Scale-up	Well established	Not achieved yet
Market share	Significant	Limited
Consumer	Unsuitable for lactose intolerant, dairy-allergic, vegetarian and vegan	Suitable for lactose intolerant, dairy-allergic, vegan and vegetarian. Higher flavor versatility, appealing for children

เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดคีเฟอร์ระหว่างเมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำในด้านรูปร่าง สีองค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง และอื่น ๆ พบว่า เมล็ดคีเฟอร์นมมีขนาดประมาณ 0.1-2.0 เซนติเมตร เป็นเม็ดละเอียดและมีรูปร่างคล้ายดอกกะหล่ำ มีสีขาวครีมและยืดหยุ่นได้ ในทางตรงกันข้ามเมล็ดคีเฟอร์น้ำ มีรูปร่างคล้ายผลึกที่มีเมือก มีขนาดตั้งแต่มิลลิเมตรจนถึงเซนติเมตร โดยมีสีแตกต่างกัน มีลักษณะโปร่งใสจนถึงทึบแสงขึ้นอยู่กับเมทริกซ์ของเหลวที่จะเป็นสารตั้งต้นในการหมัก (เช่น ผักและผลไม้ เป็นต้น) แม้ว่าจะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดคีเฟอร์น้ำแต่พบรายงานว่า เมล็ดคีเฟอร์น้ำประกอบด้วย ส่วนประกอบของน้ำเป็นหลัก (ร้อยละ 86 ของน้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีสัดส่วนของน้ำหนักแห้งประมาณร้อยละ 14 ของน้ำหนักทั้งหมด แบ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (ร้อยละ 58) โปรตีน (ร้อยละ 30) ไขมัน (ร้อยละ 7) และเถ้า (ร้อยละ 5)[4] ผลขององค์ประกอบจุลินทรีย์ที่หลากหลายในเมล็ดคีเฟอร์ และผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ส่งผลให้ลักษณะทางจุลชีววิทยา เคมีกายภาพ โภชนาการ และประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มคีเฟอร์เหล่านี้แตกต่างกัน[5]

เมล็ดคีเฟอร์นมประกอบด้วยแบคทีเรียและยีสต์ โดยโครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์ของแบคทีเรียเหล่านี้มีความจำเพาะต่อเมล็ดคีเฟอร์นม เรียกว่า "kefiran" ซึ่งประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์เคฟิแรน (kefiran) และเพนทาแซ็กคาไรด์เคฟิโรส (pentasaccharide kefirose) ซึ่งโครงสร้างเฮทเทอโรพอลิแซ็คคาไรด์ (heteropolysaccharide) ของเมล็ดคีเฟอร์นมนี้ เป็นโมเลกุลของกลูโคกา-แล็กแตน (glucogalactan) ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งประกอบด้วยกลูโคสและกาแล็กโทสในปริมาณที่เท่ากัน โดยมีหน่วยเฮกโซสประมาณ 127 หน่วย แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ (exopolysaccharide) ในเมล็ดคีเฟอร์นม ได้แก่ *L. kefiranofaciens*, *L. kefir*, *L. kefirgranum* และ *L. parakefir* ขณะที่เมล็ดคีเฟอร์น้ำประกอบด้วยโมเลกุลของเดกซ์แทรน (dextran) ซึ่งเมล็ดคีเฟอร์น้ำ สามารถเรียกได้แตกต่างกัน เช่น “sugary kefir grains” “Tibi”, “Tibico”, “Graines Vivantes” และ “ผลึกน้ำญี่ปุ่น” เป็นต้น โดยที่โครงสร้างเดกซ์แทรนของเมล็ดคีเฟอร์น้ำ เกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่าง α-D-(1-6) กับ (1-3) ของกลูโคไพราโนซิลเรซิดิว (glucopyranosyl residues) ส่วนแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ในเมล็ดคีเฟอร์น้ำประกอบด้วย *L. casei, L. mesenteroides, L. nagelii, L. hordei* และ *L. hilgardii* มีหน้าที่สร้างโครงสร้างเดกซ์แทรน โดยที่เมล็ดคีเฟอร์น้ำไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในนม เนื่องจาก *L. hilgardii* ไม่สามารถย่อยแล็กโทส ดังนั้นจึงไม่มีการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่จำเป็นสำหรับการเพิ่มมวลชีวภาพ ซึ่งโครงสร้างทางเคมีของพอลิแซ็กคาไรด์ของเมล็ดคีเฟอร์น้ำนมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำแสดงดัง Figure 5

นอกจากนี้เมล็ดคีเฟอร์ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลาย ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแล็กติก (Lactic Acid Bacteria, LAB) แบคทีเรียกรดอะซีติก (Acetic Acid Bacteria, AAB) และยีสต์ ซึ่งจุลินทรีย์สาย

พันธุ์ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันทางชีวภาพ พึ่งพาอาศัยกัน และขยายพันธุ์โดยใช้ชีวผลิตภัณฑ์เป็นแหล่งพลังงานหรือปัจจัยกระตุ้นการเจริญเติบโต จุลินทรีย์ที่พบได้ในเมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำสามารถแสดงได้ดัง Table 2

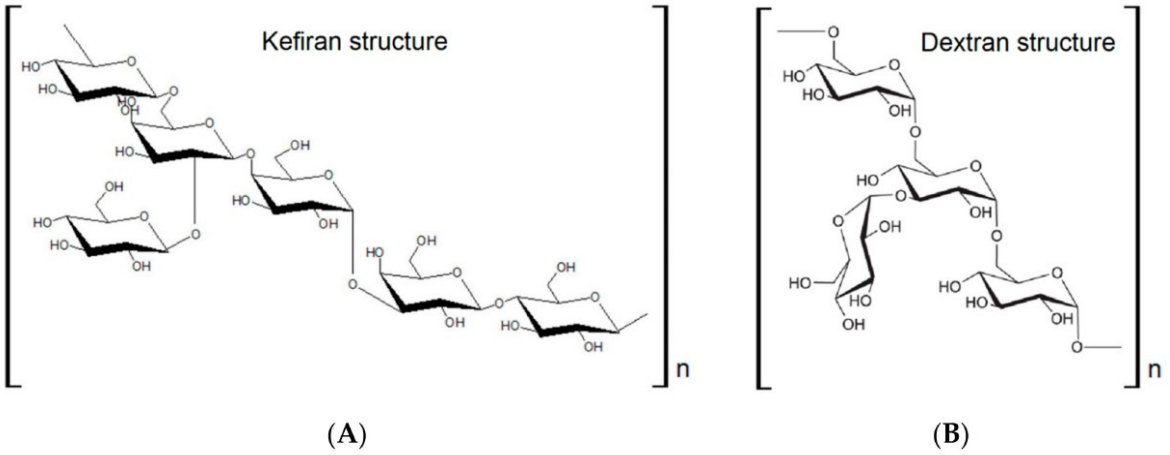


Figure 5 Structure of milk kefir grains (A) and water kefir grains (B) polysaccharides[14]

Table 2 Microorganisms related from milk and water kefir grains[10]

Microbial	Genus	Milk kefir grains	Water kefir grains
Bacteria	*Acetobacter*	*A. fabarium, A. orientalis, A. lovaniensis, A. aceti, A. rasens.*	*A. fabarium, A. orientalis, A. lovaniensis.*
	Lactobacillus	*L. acidophilus, L. brevis, L. buchneri, L. casei* subsp. *pseudoplantarum, L. delbrueckii, L. fermentum, L. helveticus, L. kefiranofaciens, L. kefiri, L. otakiensis, L. paracasei, L. parabuchneri, L. plantarum, L. rhamnosus, L. sake, L. sunkii.*	*L. brevis, L. buchneri, L. casei* subsp. *casei, L. casei* subsp. *rhamnosus, L. diolivorans, L. fermentum, L. harbinensis, L. hilgardii, L. hordeii, L. kefiranofaciens, L. kefiri, L. lactis, L. mali, L. nagelli, L. paracasei, L. parafarraginis, L. perolens, L. plantarum, L. satsumensis.*
	Leuconostoc	*L. mesenteroides.*	*L. citreum, L. mesenteroides.*
	Lactococcus	*L. cremoris, L. lactis, L. raffinolactis.*	nd.
	Pediococcus	*P. acidilactici, P. dextrinicus, P. pentosaceus.*	nd.
	Streptococcus	*S. durans, S. thermophilus*	nd.
	Other species	nd.	*Lysinibacillus sphaericus, Oenococcus kitaharae,*

Table 2 (ต่อ)

Microbial	Genus	Milk kefir grains	Water kefir grains
			Bifidobacterium psychraerophilum.
Yeast	*Candida*	*C. iconspicua, C. kefir, C. krusei, C. lambica, C. maris, C. humilis.*	nd.
	Saccharomyces	*S. cerevisiae, S. turicensis.*	*S. cerevisiae.*
	Pichia	*P. fermentans.*	*P. membranifaciens, P. kudriavzevii.*
	Lanchancea	*L. meyercii.*	*L. fermentati, L. meyercii.*
	Kluyveromyces	*K. lactis.*	*K. lactis, K. marxianus.*
	Kazachstania	*K. unispora, K. servazzii, K. aerobia, K. solicola.*	*K. aerobia, K. unispora.*
	Hanseniaspora	*H. guillermondi.*	*H. valbyensis, H. uvarum.*
	Other species	*Cryptococcus humicolus, Geotrichum candidium, Zygosaccharomyces fermentati.*	*Zygotorulaspora florentina, Issatchenkia orientalis, Zygosaccharomyces fermentati, Dekkera bruxellensis.*

เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของจุลินทรีย์ที่พบได้บ่อยในเมล็ดคีเฟอร์นมและเมล็ดคีเฟอร์น้ำ พบว่ายีสต์เป็นกลุ่มที่มีความหลากหลายสูงสุด ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าเมแทบอลิซึมของยีสต์ขึ้นอยู่กับแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในระหว่างการหมัก ปริมาณน้ำตาลซูโครสสูงอาจกระตุ้นการเจริญเติบโตของยีสต์ *Saccharomyces* ซึ่งสามารถเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นกลูโคสและฟรุกโตสโดยเอนไซม์อินเวอร์เตส นอกจากนี้ยีสต์ชนิดอื่น ๆ ที่มีความสามารถในการหมักสูงยังพบในคีเฟอร์น้ำ เช่น *Hanseniaspora, Pichia* และ *Lachancea* โดยทั่วไปแล้วยีสต์กลุ่มนี้จะมีความโดดเด่นในขั้นตอนแรกของการหมัก ก่อนที่ *S. cerevisiae* จะทำงาน ยีสต์ที่พบในเมล็ดคีเฟอร์น้ำเหล่านี้มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มกลุ่ม LAB ส่งเสริมกลิ่นและรสชาติที่มีความเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ ในทางกลับกัน น้ำตาลแล็กโทสไดแซ็กคาไรด์ที่มีอยู่ในนมจะกระตุ้นการเจริญเติบโตของยีสต์ในกลุ่มอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียกลุ่ม AAB ที่มีปริมาณสูงขึ้นในคีเฟอร์น้ำสัมพันธ์กับคีเฟอร์นม ซึ่งบ่งชี้ว่าเมแทบอลิซึมของ AAB ถูกกระตุ้นด้วยสารตั้งต้นที่มีน้ำตาลเปลี่ยนเป็นเอทานอลโดยยีสต์ เพื่อการเจริญเติบโตและเมแทบอลิซึมของกรดอะซิติก[10]

ผลของคีเฟอร์ต่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์หมักคีเฟอร์มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมถึงส่งผลต่อการป้องกันโรค และการรักษาบางชนิด ซึ่งผลเหล่านี้มาจากสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลายชนิด เช่น กรดอินทรีย์ อะซีตัล-

ดีไฮด์ และเปปไทด์ ที่ผลิตขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก รวมทั้งจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลายสูง เช่น แบคทีเรียกรดแล็กติกที่เป็นจุลินทรีย์ส่วนสำคัญในองค์ประกอบของคีเฟอร์ มีส่วนช่วยในการป้องกันมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคหัวใจและหลอดเลือด เบาหวานชนิดที่สอง โรคอ้วน โรคไต ช่วยในการปรับระบบภูมิคุ้มกันและจุลินทรีย์ในลำไส้ผ่านกลไกทางชีววิทยาที่แตกต่างกัน

ฤทธิ์ต้านมะเร็ง การรับประทานคีเฟอร์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโพรไบโอติก จึงเป็นทางเลือกในการลดการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ซึ่งมีรายงานศักยภาพการบริโภคคีเฟอร์เพื่อช่วยในการต้านมะเร็ง[15] นอกจากนี้คีเฟอร์ยังประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ที่มีส่วนช่วยในการต้านมะเร็ง เช่น เปปไทด์ พอลิแซ็กคาไรด์ และสฟิงโกลิพิด (sphingolipids) เป็นการรวมตัวของสฟิงโกซายน์ (sphingosine) กับกรดไขมันและหมู่ฟอสเฟต มีศักยภาพสูงในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนและการเหนี่ยวนำให้เกิดอะพอพโทซิสในเซลล์เนื้องอก และยังมีบทบาทสำคัญในเส้นทางการส่งสัญญาณและกระบวนการทางชีววิทยาของเซลล์ต่าง ๆ เช่น การตายของเซลล์ การเพิ่มจำนวน และการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ เป็นต้น คีเฟอร์มีคุณสมบัติในการออกฤทธิ์ต้านมะเร็งโดยการยับยั้งการหลั่งของ tumor growth factor จึงทำให้เกิดการตายของเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่า คีเฟอร์ทำให้ลดการดื้อยาลงและยังส่งเสริมฤทธิ์ต้านมะเร็งของด็อกโซรูบิซิน (DOX) ในเคมีบำบัด[5,16]

ลำไส้อักเสบ โรคลำไส้อักเสบและอาการลำไส้ใหญ่บวมเป็นแผล เป็นสาเหตุสำคัญของการเจ็บป่วยในประเทศที่พัฒนาแล้ว โรคเหล่านี้เป็นผลมาจากพันธุกรรมและปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมโดยรอบของแต่ละบุคคลซึ่งมีบทบาทสำคัญในการปรับองค์ประกอบของจุลินทรีย์[17] ภาวะความไม่สมดุลของจุลินทรีย์ (Dysbiosis) เป็นสาเหตุที่ทำให้ลำไส้อ่อนแอ และเกิดการกระตุ้นภูมิคุ้มกันในลำไส้ทำงานไม่เหมาะสม จึงทำให้เกิดอาการลำไส้ใหญ่บวมเป็นแผล ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ประกอบด้วยจุลินทรีย์โพรไบโอติกมากกว่า 50 ชนิด รวมทั้งแบคทีเรีย ยีสต์ และได้รับการยอมรับว่ามีบทบาทส่งเสริมสุขภาพหลายประการ จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพเหล่านี้เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถอยู่รอดได้นานในกระเพาะอาหาร ดังนั้นจึงสามารถทนสภาวะในระบบทางเดินทางอาหารได้ดีกว่าโพรไบโอติกสายพันธุ์ดั้งเดิมอื่น ๆ[2] โดยจุลินทรีย์กลุ่ม *Lactobacillus* ที่พบในคีเฟอร์สามารถอยู่รอดได้ดีกว่า *Lactococcus* โดยมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 97.2[18] การเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแล็กติกส่วนใหญ่ทำให้สภาพแวดล้อมในลำไส้เป็นกรดเพื่อเพิ่มจำนวนแบคทีเรียและเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์ โดยที่เอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์สามารถต้านจุลชีพอื่น ๆ ได้ ซึ่งมีส่วนในการป้องกันการเกิดโรค เช่น ช่วยลดจำนวนของจุลินทรีย์ก่อโรค *Enterobacteriaceae* เป็นต้น จึงเป็นการป้องกันสุขภาพของผู้บริโภค[19]

ฤทธิ์ในการลดระดับน้ำตาลในเลือด

โรคเบาหวานเป็นภาวะที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการหลั่งอินซูลินไม่เพียงพอ การรักษาด้วยอินซูลินมีต้นทุนสูง การรักษาด้วยยาหรืออาหารทางเลือกที่มีฤทธิ์ต้านเบาหวานที่คล้ายคลึงกับอินซูลินจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ[20] โดยกลไกการออกฤทธิ์ต้านเบาหวานของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์เกิดจากโพรไบโอติก ซึ่งการบริโภคโพรไบโอติกช่วยลดปริมาณแบคทีเรียแกรมลบในลำไส้เล็กส่งผลให้การผลิตไลโปพอลิแซ็กคาไรด์ (lipopolysaccharide, LPS) ลดลง การดูดซึม LPS ที่ลดลงยังช่วยลดระดับการอักเสบของโรคเบาหวาน ซึ่งช่วยฟื้นฟูการทำงานของตัวรับอินซูลินซึ่งนำไปสู่การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีขึ้น[2] นอกจากการช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดแล้ว ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์ยังช่วยลดระดับของ glycated hemoglobin และฟอสฟอรัส ซึ่งส่งผลต่อการชะลอภาวะไตเสื่อมในผู้ป่วยโรคเบาหวานอีกด้วย[20] ดังนั้นคีเฟอร์จึงได้รับการยอมรับว่าเป็นอาหารบำบัดที่มีประสิทธิภาพที่สามารถจัดการโรคเบาหวานได้ ทั้งนี้สามารถสรุปผลต่อสุขภาพของผลิตภัณฑ์คีเฟอร์นมและคีเฟอร์น้ำได้ดัง Figure 6

Figure 6 Human health effects of milk kefir and water kefir[4]

บทสรุป

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่มีแบคทีเรียกรดแล็กติก หรือจุลินทรีย์โพรไบโอติกกำลังได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์โรคระบาด โควิด 19 และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ[13] เนื่องจากผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสนใจในสุขภาพส่วนบุคคลมากขึ้นและคาดหวังว่าอาหารที่บริโภคจะส่งผลดีต่อสุขภาพหรือสามารถช่วยป้องกันโรคได้ ผลิตภัณฑ์คีเฟอร์เป็นหนึ่งใน

เครื่องดื่มนมหมักแบบดั้งเดิมที่มีการบริโภค และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ในเมล็ดคีเฟอร์จะมีจุลินทรีย์หลายชนิดอยู่ร่วมกัน ส่งเสริมให้เกิดผลิตภัณฑ์คีเฟอร์มีลักษณะเฉพาะตัว[15] ข้อจำกัดที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์นมหมักคือ ผู้ที่แพ้ผลิตภัณฑ์นม แพ้แล็กโทส ผู้ที่บริโภคมังสวิรัติ และผู้ที่กังวลเกี่ยวกับปริมาณคอเลสเตอรอลจะไม่สามารถบริโภคได้[21] จึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกที่ไม่ใช้นม เช่น คีเฟอร์น้ำที่มีการใช้ผลไม้เป็นสารตั้งต้นในการหมัก ซึ่งมีข้อได้เปรียบทั้งทางด้านรสชาติและสารอาหารที่แตกต่างกันไปตามชนิดของผลไม้ที่ใช้[22] แต่มีข้อควรระวังในการบริโภคคือ คีเฟอร์น้ำเป็นเครื่องดื่มที่มีน้ำตาล (ซูโครส) เป็นหลัก จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงระดับน้ำตาลที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคน้ำตาลมากเกินไป[23] ผลิตภัณฑ์หมักคีเฟอร์สามารถทำได้โดยวิธีพื้นบ้านดั้งเดิม ซึ่งอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค[9] อย่างไรก็ตามเมล็ดคีเฟอร์นั้นมีอายุการเก็บรักษาสั้นและมีโครงสร้างซับซ้อน ยังไม่เหมาะสำหรับการผลิตเชิงพาณิชย์ซึ่งต้องการความเสถียรของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากที่จะรักษาคุณภาพในการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน จึงมีการใช้เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ที่แยกจากเมล็ดคีเฟอร์ในการผลิตคีเฟอร์ เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการสร้างมาตรฐานการผลิตคีเฟอร์และควบคุมคุณสมบัติได้ตามต้องการ[15]

เอกสารอ้างอิง

1. Gonzalez-Orozco BD, Garcia-Cano I, Jimenez-Flores R, Alvarez VB. Invited review: Milk kefir microbiota-Direct and indirect antimicrobial effects. J Dairy Sci. 2022;105(5):3703-15.
2. Rosa DD, Dias MMS, Grzeskowiak LM, Reis SA, Conceicao LL, Peluzio M. Milk kefir: nutritional, microbiological and health benefits. Nutr Res Rev. 2017;30(1):82-96.
3. Fiorda FA, de Melo Pereira GV, Thomaz-Soccol V, Rakshit SK, Pagnoncelli MGB, Vandenberghe LPS, et al. Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation - A review. Food Microbiol. 2017;66:86-95.
4. Guzel-Seydim ZB, Gökırmaklı Ç, Greene AK. A comparison of milk kefir and water kefir: Physical, chemical, microbiological and functional properties. Trends Food Sci Technol. 2021;113:42-53.
5. Bengoa AA, Iraporda C, Garrote GL, Abraham AG. Kefir micro-organisms: their role in grain assembly and health properties of fermented milk. J Appl Microbiol. 2019;126(3):686-700.
6. Guzel-Seydim Z, Kok-Tas T, Ertekin-Filiz B, Seydim AC. Effect of different growth conditions on biomass increase in kefir grains. J Dairy Sci. 2011;94(3):1239-42.
7. Azizkhani M, Saris PEJ, Baniasadi M. An in-vitro assessment of antifungal and antibacterial activity of cow, camel, ewe, and goat milk kefir and probiotic yogurt. J Food Meas Charact. 2020;15(1):406-15.
8. Garofalo C, Ferrocino I, Reale A, Sabbatini R, Milanovic V, Alkic-Subasic M, et al. Study of kefir drinks produced by backslopping method using kefir grains from Bosnia and Herzegovina: Microbial dynamics and volatilome profile. Food Res Int. 2020;137:109369.
9. Azizi NF, Kumar MR, Yeap SK, Abdullah JO, Khalid M, Omar AR, et al. Kefir and Its Biological Activities. Foods. 2021;10(6).

10. Fiorda FA, de Melo Pereira GV, Thomaz-Soccol V, Rakshit SK, Pagnoncelli MGB, Vandenberghe LPdS, et al. Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation - A review. Food Microbiology. 2017;66:86-95.
11. Leite AMdO, Miguel MAL, Peixoto RS, Rosado AS, Silva JT, Paschoalin VMF. Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage. Braz J Microbiol. 2013;44:341-9.
12. Fiorda FA, de Melo Pereira GV, Thomaz-Soccol V, Medeiros AP, Rakshit SK, Soccol CR. Development of kefir-based probiotic beverages with DNA protection and antioxidant activities using soybean hydrolyzed extract, colostrum and honey. LWT - Food Sci Technol. 2016;68:690-7.
13. Spizzirri UG, Loizzo MR, Aiello F, Prencipe SA, Restuccia D. Non-dairy kefir beverages: Formulation, composition, and main features. J Food Compos Anal. 2023;117.
14. Cottet C, Ramirez-Tapias YA, Delgado JF, de la Osa O, Salvay AG, Peltzer MA. Biobased Materials from Microbial Biomass and Its Derivatives. Materials. 2020;13(6):1263.
15. Yilmaz B, Sharma H, Melekoglu E, Ozogul F. Recent developments in dairy kefir-derived lactic acid bacteria and their health benefits. Food Bioscience. 2022;46:101592.
16. Sharifi M, Moridnia A, Mortazavi D, Salehi M, Bagheri M, Sheikhi A. Kefir: a powerful probiotics with anticancer properties. Med Oncol. 2017;34(11):183.
17. Ramos GP, Papadakis KA. Mechanisms of Disease: Inflammatory Bowel Diseases. Mayo Clin Proc. 2019;94(1):155-65.
18. Kim DH, Jeong D, Kim H, Seo KH. Modern perspectives on the health benefits of kefir in next generation sequencing era: Improvement of the host gut microbiota. Crit Rev Food Sci Nutr. 2019;59(11):1782-93.
19. Jeong D, Kim DH, Kang IB, Kim H, Song KY, Kim HS, et al. Modulation of gut microbiota and increase in fecal water content in mice induced by administration of Lactobacillus kefiranofaciens DN1. Food Funct. 2017;8(2):680-6.
20. Sharma H, Ozogul F, Bartkiene E, Rocha JM. Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. Crit Rev Food Sci Nutr. 2021:1-23.
21. Gupta S, Abu-Ghannam N. Probiotic fermentation of plant based products: possibilities and opportunities. Crit Rev Food Sci Nutr. 2012;52(2):183-99.
22. Mendes RML, Andrade RHCd, Marques MdFF, Andrade ERd. Potential use of the passion fruit from caatinga in kefir. Food Biosci. 2021;39.
23. Lynch KM, Wilkinson S, Daenen L, Arendt EK. An update on water kefir: Microbiology, composition and production. Int J Food Microbiol. 2021;345:109128.

อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชัน

ณฐิฒา รอดขวัญ

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrnir@ku.ac.th
รับเมื่อ 8 พฤษภาคม 2566 **แก้ไขเมื่อ** 6 ตุลาคม 2566 **ตอบรับเมื่อ** 28 พฤศจิกายน 2566

จุดเด่น

- ตลาดอาหารฟังก์ชันมีแนวโน้มขยายตัวอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย
- กระบวนการผลิตอาหารส่งผลกระทบต่อสารอาหาร สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์
- หลักเกณฑ์และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องสำหรับการกล่าวอ้างทางสุขภาพและการกล่าวอ้างเชิงหน้าที่

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น โดยในช่วงสถานการณ์โควิด-19 ระบาด จะเห็นได้ว่าผู้บริโภคได้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค โดยสนใจทั้งเรื่องความปลอดภัยของอาหารและสินค้าที่มีฟังก์ชันอื่น เช่น ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกันและการป้องกันโรค เป็นต้น ดังนั้นอาหารฟังก์ชัน (functional foods and beverages) จึงเป็นอาหารกลุ่มที่ได้รับความนิยมในตลาดมากขึ้น โดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization, FAO) ได้ให้นิยามของอาหารฟังก์ชัน คือ อาหารที่มีประโยชน์นอกเหนือจากโภชนาการขั้นพื้นฐาน มีประโยชน์ด้านสุขภาพที่สามารถป้องกันและรักษาโรคได้ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันต้องคำนึงถึงปริมาณและความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ลักษณะทางประสาทสัมผัสและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับส่วนผสมและกระบวนการผลิต รวมถึงยังต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัย อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ หลักเกณฑ์และข้อกำหนดต่าง ๆ ของแต่ละประเทศในการกล่าวอ้างทางสุขภาพ (health claims) และการกล่าวอ้างเชิงหน้าที่ (foods with function claims)

คำสำคัญ : อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชัน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การกล่าวอ้างเชิงหน้าที่ของอาหาร

Functional foods and beverages

Natita Rodkwan

Department of Food Processing and Preservation,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrnir@ku.ac.th
Received 8 May 2023; **Revised** 6 October 2023; **Accepted** 28 November 2023

Highlights

- The market for functional foods with added bioactive compounds and enhanced health benefits is the largest and fastest growing
- Food processing techniques affect nutrients, bioactive compounds, and the shelf life of the products
- Guidelines and regulations for health claims and foods with function claims

Abstract

Nowadays, consumers are becoming more conscious about health. Because of COVID-19, consumers have changed their consumption behavior. They are interested in both food safety and potential health benefits of products such as boosting the immune system and preventing disease. Therefore, functional foods and beverages are dominating the market. The Food and Agriculture Organization (FAO) defined functional foods as “foods or dietary components that may provide a health benefit beyond basic nutrition,”. However, in the development formulation of functional foods product, the stability of bioactive compounds need to be retained in products to play their role as functional nutrients. The sensory and physical properties of foods depend on the ingredients and food processing. Including safety, shelf-life, regulations, and guidelines on health claims and foods with function claims.

Keywords : functional foods and beverages, bioactive compounds, functional property claims of food

บทนำ

อาหารฟังก์ชัน (functional foods) คือ อาหารที่มีส่วนประกอบที่มีฟังก์ชันหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่มีผลต่อร่างกายนอกเหนือจากสารอาหารปกติที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย โดยคำว่าอาหารฟังก์ชันมีการใช้ครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 1980 ต่อมาในปี ค.ศ. 1991 กระทรวงสาธารณสุขแรงงานและสวัสดิการของประเทศญี่ปุ่น (Ministry of Health, Labour and Welfare) ได้จัดทำกฎหมายที่เกี่ยวกับอาหารฟังก์ชันที่เรียกว่า foods for specified health uses (FOSHU)[1] โดยหลายองค์กรมีการให้คำนิยามของอาหารฟังก์ชัน เช่น International Food Information Council (IFIC) ได้ให้คำนิยามของอาหารฟังก์ชัน คือ อาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายนอกเหนือจากสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยอาหารฟังก์ชันช่วยทำให้สุขภาพดีขึ้น ป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรค ส่วนองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้ให้ความหมายว่าอาหารที่มีประโยชน์นอกเหนือจากโภชนาการขั้นพื้นฐานมีประโยชน์ด้านสุขภาพที่สามารถป้องกันและรักษาโรคได้[2] จากช่วงสถานการณ์โควิด-19 ผ่านมาจะเห็นได้ว่าผู้บริโภคได้มีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภค มีความสนใจอาหารทั้งเรื่องความปลอดภัยและสินค้าที่ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกันและการป้องกันโรคมากขึ้น ซึ่งอาหารฟังก์ชันมีหลากหลายกลุ่ม เช่น ผักและผลไม้ เครื่องดื่มให้พลังงาน กลุ่มธัญพืช ถั่วเหลือง และขนมขบเคี้ยว เป็นต้น ดังแสดง Figure 1 และสำหรับในกลุ่มเครื่องดื่มฟังก์ชันพบว่า มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเครื่องดื่มมีส่วนผสมของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ มีสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น กรดไขมันโอเมก้า 3 วิตามิน กรดอะมิโนใยอาหาร พรีไบโอติกและโพรไบโอติก เป็นต้น โดยเครื่องดื่มฟังก์ชันมีหลายกลุ่ม เช่น เครื่องดื่มให้พลังงาน เครื่องดื่มโพรไบโอติก เครื่องดื่มผักและผลไม้ และผลิตภัณฑ์นม เป็นต้น[3]

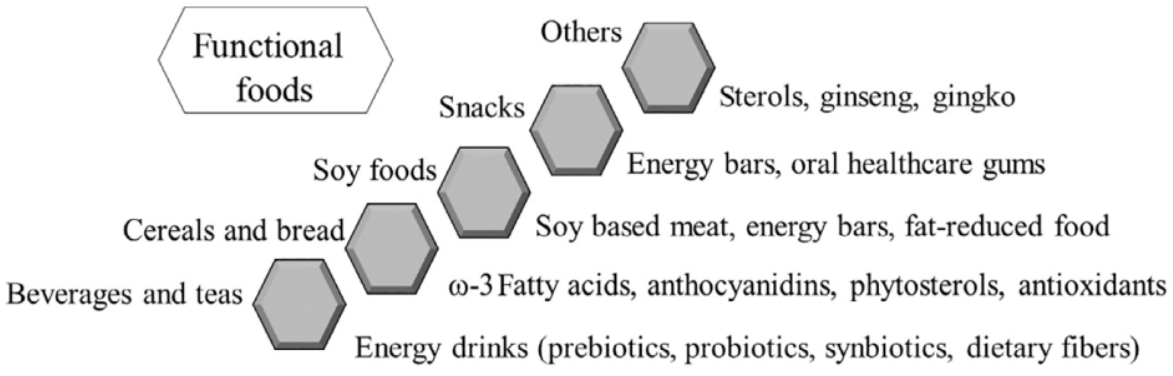


Figure 1 Different types of functional foods and their examples[4]

อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชัน

จากการสำรวจตลาดพบว่า อาหารฟังก์ชันมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้นโดยคาดว่ามีการขยายตัวของอัตราการเติบโตต่อปีที่ 8.5% จากปี ค.ศ. 2022 ถึงปี ค.ศ. 2030 สืบเนื่องมาจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 ที่ผ่านมา ส่งผลให้ความต้องการอาหารฟังก์ชันและอาหารเพื่อสุขภาพมีปริมาณเพิ่มขึ้น เช่น ต้องการอาหารที่ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น รวมถึงในปัจจุบันผู้บริโภคมีความตระหนักเกี่ยวกับสุขภาพมากขึ้น ให้ความสำคัญกับการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นจึงทำให้อาหารในกลุ่มนี้เป็นที่ต้องการเพิ่มขึ้น ทางด้านอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการเพิ่มสารอาหารต่าง ๆ ดัง Figure 2 เช่น เส้นใยอาหาร กรดไขมันโอเมก้า 3 วิตามิน เกลือแร่ พรีไบโอติกและโพรไบโอติก เป็นต้น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น[5]

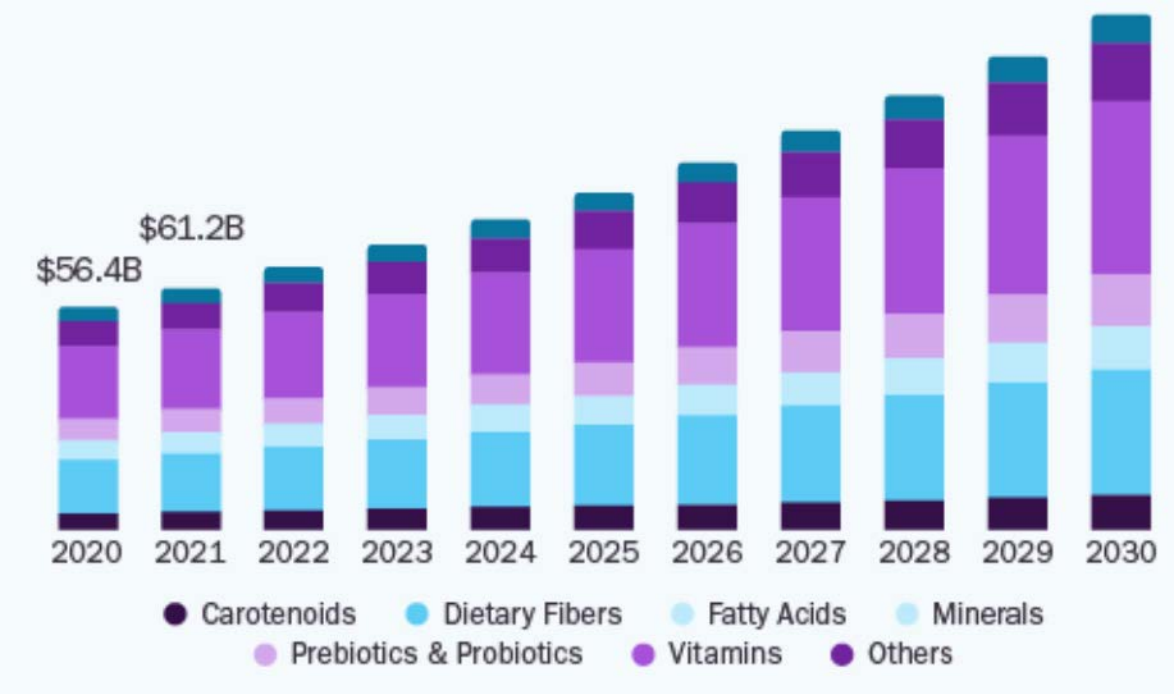


Figure 2 U.S. functional foods market size, by ingredient[5]

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มสุขภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ผู้บริโภคมีความต้องการเครื่องดื่มเพื่อดูแลด้านสุขภาพ รูปร่างและความแข็งแรง โดยเครื่องดื่มฟังก์ชันเป็นเครื่องดื่มที่มีการเติมสารอาหารที่มีประโยชน์เฉพาะและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เพื่อช่วยในเรื่องการชะลอวัย (antiaging) การให้พลังงาน (energy supplying) ช่วยผ่อนคลายและเครื่องดื่มสุขภาพและความงาม โดยเครื่องดื่มฟังก์ชันอาจมีส่วนประกอบของสมุนไพร วิตามิน เกลือแร่ กรดอะมิโน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound)

ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเครื่องดื่มฟังก์ชันสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ เช่น เครื่องดื่มที่ให้พลังงาน (energy drinks) เครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย (sports drinks) เครื่องดื่มนิวทราซูติคอล (nutraceutical drinks) ผลิตภัณฑ์นม (dairy-based beverages) และเครื่องดื่มผักและผลไม้ (vegetable and fruit functional drinks) เป็นต้น[6]

เครื่องดื่มที่ให้พลังงาน (energy drinks)

เครื่องดื่มที่ให้พลังงานจัดเป็นเครื่องดื่มฟังก์ชันชนิดหนึ่ง โดยจะมีส่วนผสมที่มีผลต่อการทำงานของจิตใจและช่วยกระตุ้นพลังงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย เช่น ทอรีน (taurine) คาเฟอีน (caffeine) วิตามิน และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมีการใช้สารสกัดจากพืช เช่น ชาเขียว กัวรานา (guarana) โสม (ginseng) ใบแปะก๊วย (ginko biloba leaf) มิลค์ทิสเซิล (milk thistle) โดยในสารสกัดกัวรานา และสารสกัดชาเขียว มีคาเฟอีนในปริมาณสูง จึงมีการนำมาผสมในเครื่องดื่มที่ให้พลังงาน และอาจมีการผสมน้ำผลไม้ เช่น น้ำส้ม เพื่อเพิ่มสารต่าง ๆ เช่น โปรไซยานิดิน (procyanidins) แคมพ์เฟอรอล (kaempferol) วิตามินซีและวิตามินบี[7] ในปัจจุบันมีเครื่องดื่มกาแฟผสมกับน้ำผลไม้ เช่น น้ำสับปะรด น้ำแอปเปิล รวมถึงมีการเติมวิตามิน โปรตีน ใยอาหาร และสารอาหารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระช่วยชะลอวัย และช่วยเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน เป็นต้น[8] โดยการบริโภคกาแฟช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งตับ (liver cancer) โรคเบาหวาน (diabetes) โรคพาร์กินสัน (parkinson disease) และช่วยต้านการอักเสบ เป็นต้น ส่วนโสม เป็นพืชสมุนไพรที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ ทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย และช่วยในเรื่องความจำ มีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) เช่น จินเซนโนไซด์ (ginsenoside) ไตรเทอร์ปีนซาโปจินิน (triterpene sapogenins) เป็นต้น ซึ่งมีส่วนช่วยในการกระตุ้นความจำและบำรุงสมอง[9]

เครื่องดื่มสำหรับผู้ออกกำลังกาย (sports drinks)

เครื่องดื่มในกลุ่มนี้นิยมพัฒนาสูตรสำหรับผู้ที่สูญเสียน้ำหลังออกกำลังกาย โดยจะมีส่วนผสมของน้ำตาล วิตามินบี และเกลือแร่ต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม คลอไรด์ แมกนีเซียม และฟอสเฟต โดยอาจมีการเติมกรดซิตริกและกลิ่นธรรมชาติหรือกลิ่นสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์ เช่น กลิ่นเลมอน สตรอว์เบอร์รี มะม่วง และเสาวรส เป็นต้น เครื่องดื่มประเภทนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ไอโซโทนิค (isotonic) ไฮเปอร์โทนิก (hypertonic) และไฮโปโทนิก (hypotonic) โดยไอโซโทนิค (isotonic) เป็นเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลและความเข้มข้นของอิเล็กโทไลต์ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณในเลือด นักกีฬาส่วนใหญ่นิยมดื่มเครื่องดื่มชนิดนี้และเหมาะสมมากที่สุด ไฮเปอร์โทนิก (hypertonic) เป็นเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลและความเข้มข้นของอิเล็กโทไลต์สูงกว่าในเลือด ไม่ควรดื่มในปริมาณมากระหว่างการออกกำลังกายแต่เหมาะกับ

นักกีฬาที่ต้องแข่งขันเป็นระยะเวลาหลายวันติดต่อกัน ส่วนไฮโปโทนิก (hypotonic) เป็นเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลและความเข้มข้นของอิเล็กโทไลต์ต่ำกว่าในเลือด ซึ่งเหมาะสำหรับกีฬาเบา ๆ ทดแทนของเหลวที่สูญเสียไปจากเหงื่อออกได้อย่างรวดเร็ว

เครื่องดื่มนิวทราซูติคอล (nutraceutical drinks)

เครื่องดื่มนิวทราซูติคอล เป็นเครื่องดื่มที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มาจากผัก ผลไม้ และพืชต่าง ๆ เช่น ชา กาแฟ โกโก้ และถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เช่น นมและผลิตภัณฑ์ของนม เป็นต้น โดยในปัจจุบันผู้บริโภคสนใจเครื่องดื่มนิวทราซูติคอลที่มีประโยชน์ต่อร่างกายหลากหลายมากขึ้น เช่น สำหรับบำรุงสมอง การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และเครื่องดื่มที่ดีต่อสุขภาพและความงาม เป็นต้น[10] ในชาเขียวพบสารกลุ่มคาเทชิน (catechins) ได้แก่ (–)-epicatechin, (–)-epicatechin gallate, (–)-epigallocatechin, และ (–)-epigallocatechin gallate (EGCG)[11] ซึ่งการบริโภคชาช่วยป้องกันโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วน (antiobesity) โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น โดยพบว่า การรับประทานสารสกัดชาเขียว ปริมาณ 379 มิลลิกรัม ทุกวันเป็นเวลา 3 เดือน ส่งผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงและรักษาระดับอินซูลินในเลือดของผู้ป่วยโรคอ้วน นอกจากนี้พบว่า ยังช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล (cholesterol) คอเลสเตอรอลชนิด LDL (LDL cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)[12-13] ในน้ำส้มมีวิตามินซีในปริมาณที่สูง มีกรดโฟลิค (folic acid) วิตามินบี 1 (thiamine) แคลเซียม โพแทสเซียม มีการศึกษาพบว่า การรับประทานน้ำส้ม ปริมาณ 200 มิลลิตรต่อวัน ช่วยต้านอนุมูลอิสระและปกป้องหลอดเลือด และการรับประทานน้ำองุ่นเป็นระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งมีสารฟลาวาโนน (flavanones) ช่วยลดภาวะการแข็งตัวของหลอดเลือดแดง (arterial stiffness) ของสตรีวัยหมดประจำเดือน[14] สำหรับในผักและผลไม้ประกอบด้วยสารพฤกษเคมี เช่น สารที่ทำให้ผักผลไม้มีสีต่าง ๆ และยังประกอบด้วยสารอาหาร เช่น วิตามินเอ วิตามินซี เกลือแร่ และใยอาหาร ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ในกะหล่ำปลี ดอกกะหล่ำ บรอกโคลี ซึ่งมีสารสำคัญกลุ่มไอโซ-ไธโอไซยาเนต (isothiocyanate) มีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง (anticarcinogenic)

แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน

การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันสำหรับผู้บริโภคเพื่อส่งเสริมให้มีสุขภาพที่ดีขึ้นและช่วยในการป้องกันโรคต่าง ๆ ยังต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัย อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ข้อกำหนดและกฎหมายต่าง ๆ ของแต่ละประเทศ สำหรับแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นอาหารฟังก์ชันสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลัก ๆ ได้ดังนี้ การพัฒนาเพื่อกำจัดสารบางชนิดที่ส่งผลเสียต่อผู้บริโภค เช่น โปรตีนที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ การเพิ่มปริมาณสารที่พบโดยธรรมชาติในอาหารเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น การเพิ่มสารที่มีประโยชน์ที่ไม่ใช่สารอาหารหลักและอาจจะไม่พบในอาหารปกติ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) พรีไบโอติก การใช้สารทดแทน

สารอาหารหลักบางชนิดหรือใช้สารทดแทนอื่นที่มีประโยชน์ เช่น การใช้สารทดแทนไขมัน และการพัฒนาเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดซึมและความคงตัวของสารเพื่อช่วยลดและป้องกันการเกิดโรค[15]

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์และลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับส่วนผสมและเทคโนโลยีการผลิต ซึ่งกระบวนการผลิตมีผลต่อปริมาณและความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย รวมถึงอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อน เช่น การลวก การต้ม การทอด และการสเตอริไลซ์ เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยเนื่องจากยับยั้งจุลินทรีย์ ทั้งแบคทีเรีย ยีสต์และรา จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น แต่เนื่องจากความร้อนทำให้เกิดการสูญเสียวิตามิน สารประกอบฟีนอลิกและแคโรทีนอยด์ ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการหรือกระบวนการที่ช่วยให้สารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความคงตัว กระบวนการผลิตที่ไม่ใช้ความร้อน เช่น การใช้ความดันสูง (high hydrostatic pressure; HHP) การใช้พัลส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (pulsed electric field; PEF) คลื่นอัลตร้าซาวด์ (ultrasound) การใช้รังสียูวี (ultraviolet light; UV) และการฉายรังสี (irradiation) เป็นต้น[16] ซึ่งผลของการใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ใช้ความร้อนมีผลต่อชนิดอาหารแสดงดัง Table 1 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ความดันสูงในการผลิต เช่น น้ำแตงโมผสมน้ำเลมอน น้ำมะพร้าว เครื่องดื่มโสมผสมน้ำผสมผลไม้ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น การใช้พัลส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าผลิตน้ำผลไม้พบว่าสารแอนโทไซยานินและแคโรทีนอยด์มีความคงตัวในระหว่างการเก็บมากขึ้น นอกจากนี้การใช้รังสียูวีในน้ำสับปะรดผสมมะม่วงพบว่า มีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำสับปะรดผสมมะม่วงสด[17]

Table 1 Effects of technologies on different food components[18]

Technologies	Food	Results
high pressure processing	egg yolk and strawberry coulis	a significant reduction of vitamin C, but no significant losses of vitamins B1 and B6 after the treatment
	orange juice	higher retention of vitamin C compared to pasteurization
	broccoli	hydrolysis of glucosinolates and recovery of isothiocyanates
ultrasounds	barley	increased ultrasound intensity resulted in highest recovery yield and smaller β-glucan molecules
	pomegranatre peels	increase of polyphenols yield

Table 1 (ต่อ)

Technologies	Food	Results
γ-irradiation	potatoes	reduction in vitamin C
	garlic and onion	no effect on vitamin C content at early stages of storage
pulsed electric field	broccoli	increased yields of glucobrassicin and decreased yields in aliphatic glucosinolate contents
	beet roots	extraction of higher sucrose yield and more clarified concentrate

Adapted from Galanakis, C.M.

อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันมีสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่เนื่องจากร่างกายอาจมีการดูดซึมสารเหล่านั้นได้เล็กน้อยหรือไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้เลย แนวโน้มของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคตจึงต้องคำนึงเกี่ยวกับการดูดซึมสารที่มีประโยชน์เข้าสู่ร่างกาย รวมไปถึงการป้องกันการสูญเสียสารที่มีประโยชน์ระหว่างกระบวนการผลิตโดยอาจต้องมีการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การใช้เทคโนโลยีการกักเก็บสาร (encapsulation technology) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยให้ร่างกายมีการดูดซึมสารได้ดีขึ้น ป้องกันการสูญเสียสารสำคัญระหว่างการผลิต และสำหรับเครื่องดื่มฟังก์ชันที่น่าสนใจและมีแนวโน้มความต้องการของตลาดสูงขึ้น ได้แก่ เครื่องดื่มจากพืช (plant based milk) เครื่องดื่มจากธัญพืช (cereal grain-based milk) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสำหรับผู้ที่แพ้นมวัว รวมถึงเครื่องดื่มที่ลดปริมาณน้ำตาล เครื่องดื่มที่ปราศจากน้ำตาล (sugar free) เครื่องดื่มที่มีการเติมโพรไบโอติก พรีไบโอติก และเครื่องดื่มหมักต่าง ๆ เป็นต้น

หลักเกณฑ์และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องสำหรับอาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชัน

กระทรวงสาธารณสุข แรงงาน และสวัสดิการของประเทศญี่ปุ่น (Ministry of Health, Labour and Welfare) ได้จัดทำกฎหมายที่เกี่ยวกับอาหารเพื่อสุขภาพที่เรียกว่า foods for specified health uses (FOSHU) ในปี ค.ศ. 1991 ซึ่ง FOSHU คือ อาหารจำเพาะเพื่อสุขภาพที่มีการเติมส่วนผสมที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพิ่มเติม เพื่อช่วยในการควบคุมและป้องกันการเกิดโรค เช่น ช่วยควบคุมความดันโลหิต ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ต้องได้รับการประเมินความปลอดภัยและประสิทธิภาพของสารที่เติมลงไป และต้องรับการอนุมัติกล่าวอ้างจากกระทรวงสาธารณสุข แรงงาน และสวัสดิการ โดยข้อกำหนดในการอนุมัติเป็น FOSHU คือ ต้องมีประสิทธิภาพต่อร่างกายอย่างชัดเจน มีความปลอดภัย โดยมีการทดสอบความเป็นพิษในสัตว์และผลการทดสอบเมื่อใช้ในปริมาณสูงเกินไป ใช้ส่วนผสมที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ไม่ใช้เกลือ

ในปริมาณสูงเกินไป รับประกันความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ต่อระยะเวลาบริโภคตามที่ได้ระบุไว้ และมีการกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ส่วนผสม กระบวนการผลิตและวิธีการทดสอบ[19] กลุ่มอาหารที่สามารถขออนุญาตเป็นผลิตภัณฑ์ FOSHU ได้ เช่น

- อาหารที่ช่วยปรับการทำงานของระบบทางเดินอาหาร
- อาหารที่ช่วยลดระดับไตรกลีเซอร์ไรด์
- อาหารที่ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด
- อาหารที่ช่วยลดระดับความดันโลหิต
- อาหารที่ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด
- อาหารที่เกี่ยวข้องกับสุขอนามัยช่องปาก
- อาหารที่เกี่ยวข้องกับการดูดซึมแร่ธาตุ

ต่อมาในปี ค.ศ. 2015 ประเทศญี่ปุ่นได้มีการจัดทำกฎหมายเกี่ยวกับระบบการกล่าวอ้างเชิงหน้าที่ของอาหารที่เรียกว่า Foods with function claims (FFC) ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่มีความผ่อนคลายกว่าระบบ FOSHU เนื่องจากระบบ FFC สามารถกล่าวอ้างเชิงหน้าที่ได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านการประเมินและอนุญาตจากภาครัฐ แต่ต้องมีผลการทดสอบทางคลินิกและข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์แสดงความปลอดภัยต่อสุขภาพ โดยได้มีการเพิ่มประเภทการกล่าวอ้างเชิงสุขภาพเพิ่มขึ้น เช่น การลดความเหนื่อยล้า การลดความความเครียด การช่วยเรื่องการมองเห็น การเพิ่มประสิทธิภาพของสมองและความจำ การช่วยเรื่องการนอนหลับ การทำงานของข้อต่อและกล้ามเนื้อ เป็นต้น[1]

สำหรับประเทศไทยการผลิตอาหารจำเป็นต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขแต่ละฉบับตามประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารชนิดนั้น ๆ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและมาตรฐานเพื่อขอยื่นเลขสารบบอาหารได้อย่างถูกต้อง โดยสำหรับอาหารฟังก์ชันหรืออาหารสุขภาพที่อาจมีการแต่งเติมสารที่มีประโยชน์ในร่างกาย ซึ่งอาจเป็นสารที่มีการใช้อยู่แล้วหรือสารสกัดต่าง ๆ ที่ผ่านการวิจัยแต่อาจจะยังไม่เคยมีการบริโภคหรือนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารมาก่อน ดังนั้นการใช้สารเสริมต่าง ๆ ในผลิตภัณฑ์อาหารขั้นแรกจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับรายชื่อของพืชหรือส่วนผสมที่จะนำมาใช้เพื่อดูข้อกำหนดในทางกฎหมายว่าอนุญาตให้ใช้ได้หรือไม่ ซึ่งหากไม่เคยมีการบริโภคมาก่อนหรือมีประวัติการบริโภคเป็นอาหารน้อยกว่า 15 ปี ต้องมีการประเมินความปลอดภัยอาหารใหม่ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 376 เรื่องอาหารใหม่ (Novel Food) โดยต้องมีการศึกษาความปลอดภัยของอาหารใหม่ เช่น มีผลการศึกษาความเป็นพิษในสัตว์ทดลอง ผลการวิจัยทางคลินิก (clinical trials) และผลการศึกษาลักษณะทางชีวเคมี เป็นต้น

ซึ่งในประเทศไทยยังไม่ได้มีประกาศกระทรวงสาธารณสุขเฉพาะที่เป็นอาหารฟังก์ชัน แต่หากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่ต้องการกล่าวอ้างทางโภชนาการบนฉลากอาหารสามารถปฏิบัติตามหลักเกณฑ์การกล่าวอ้างได้ตามประกาศกระทรงสาธารณสุข ฉบับที่ 182

เรื่อง ฉลากโภชนาการ ซึ่งในประกาศได้ให้คำนิยามการกล่าวอ้างทางโภชนาการ หมายถึง การแสดงข้อความหรือข้อมูลใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโภชนาการของอาหารนั้น เช่น การระบุถึงปริมาณของพลังงาน โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ตลอดจนวิตามินหรือเกลือแร่ต่าง ๆ การกล่าวอ้างทางโภชนาการแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การกล่าวอ้างปริมาณสารอาหาร (nutrient content claim) การกล่าวอ้างปริมาณโดยเปรียบเทียบ (comparative claim) และการกล่าวอ้างหน้าที่ของสารอาหาร (nutrient function claim)[20]

ในส่วนของผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการกล่าวอ้างทางสุขภาพ (health claims) มีข้อกำหนดคือ ผู้ที่ประสงค์จะกล่าวอ้างทางสุขภาพของอาหารหรือส่วนประกอบของอาหาร ต้องยื่นขอประเมินการกล่าวอ้างต่อสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาก่อนและต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์และเงื่อนไขของการขอประเมินการกล่าวอ้างทางสุขภาพ ซึ่งทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้มีการจัดทำคู่มือสำหรับประชาชนในการขอประเมินการกล่าวอ้างทางสุขภาพ[21] โดยได้ให้คำนิยามของการกล่าวอ้างทางสุขภาพ หมายถึง การแสดงรูป รูปภาพ รอยประดิษฐ์เครื่องหมาย เครื่องหมายการค้า หรือข้อความใด ๆ บนฉลาก ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร ส่วนประกอบของอาหาร หรือสารอาหารที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพทั้งทางตรงและทางอ้อม จำแนกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

1. การกล่าวอ้างหน้าที่ของสารอาหาร (nutrient function claims)

2. การกล่าวอ้างหน้าที่อื่น (other function claims)

3. การกล่าวอ้างการลดความเสี่ยงของการเกิดโรค (reduction of disease risk claims)

โดยหลักเกณฑ์การกล่าวอ้างทางสุขภาพของอาหาร คือ ต้องมีความปลอดภัยและมีคุณภาพมาตรฐานเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด และต้องแสดงฉลากโภชนาการ นอกจากนี้ยังมีเงื่อนไขการกล่าวอ้างทางสุขภาพที่จำเป็นต้องปฏิบัติตาม เช่น การกล่าวอ้างทางสุขภาพต้องอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องและเป็นปัจจุบัน และต้องเพียงพอในการยืนยันผลของการกล่าวอ้างนั้น ๆ กับความสัมพันธ์ต่อสุขภาพ ซึ่งการกล่าวอ้างจำเป็นต้องมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ คือ

- การกล่าวอ้างหน้าที่ของสารอาหาร ต้องยื่นเอกสารการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบหรือข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับหรือรายงานผลการศึกษาในมนุษย์ที่มีการออกแบบอย่างดีที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารที่น่าเชื่อถือ

- การกล่าวอ้างหน้าที่อื่นและการกล่าวอ้างการลดความเสี่ยงของการเกิดโรค ต้องยื่นเอกสารรายงานผลการศึกษาในมนุษย์ที่มีการออกแบบอย่างดีที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารที่น่าเชื่อถือ และการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบหรือข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับอย่างใดอย่างหนึ่ง

ประเทศไทยมีโครงการ Food Innovation & Regulation Network (FIRN) ซึ่งเป็นโครงการที่

ดำเนินงานภายใต้สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย (Food Science and Technology Association of Thailand หรือ FoSTAT) ได้จัดทำระบบการกล่าวอ้างเชิงหน้าที่ของอาหารหรือเรียกว่า Foods with function claims (FFC) ของประเทศไทย ซึ่งเป็นระบบรับรองการกล่าวอ้างเชิงสุขภาพในสินค้าเกษตรและอาหาร ส่วนประกอบเชิงหน้าที่ (functional ingredient) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและผลิตภัณฑ์สมุนไพร โดยผู้ประกอบการทุกระดับสามารถยืนยันการกล่าวอ้างเชิงสุขภาพด้วยเอกสารหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบออนไลน์ โดย FFC ของประเทศไทยจะคลอบคลุมผลผลิตทางการเกษตร และอาหารปรุงสด ที่ผ่านการวิจัยและยืนยันแล้วว่ามีสารสำคัญจริงและมีผลต่อสรีระวิทยาของร่างกายบนพื้นฐานงานวิจัยและการตรวจรับรอง โดยต้องมีหลักฐานการตรวจสอบกระบวนการ ขั้นตอน การจัดการ เพื่อคงไว้ซึ่งความปลอดภัยและสรรพคุณ มีการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ หรือมีผลการศึกษาทางคลินิกที่ได้รับการตีพิมพ์หรือพิสูจน์การกล่าวอ้างทางสุขภาพของสารสำคัญ ซึ่งระบบ FFC จะช่วยทำให้ผู้ประกอบการรู้แนวทางและขั้นตอนในการจัดเตรียมเอกสารเพื่อขอกล่าวอ้างทางสุขภาพทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถออกสู่ตลาดได้ ในส่วนของผู้บริโภคจะได้รับประโยชน์จากระบบ FCC เช่นกัน เนื่องจากสามารถเข้าถึงข้อมูลของอาหารทำให้สามารถตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้เข้าถึงข้อมูลความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และมีความมั่นใจในผลิตภัณฑ์มากขึ้น[22]

บทสรุป

อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันป็นอาหารที่มีส่วนประกอบที่มีฟังก์ชันหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ที่มีผลต่อร่างกายนอกเหนือจากสารอาหารปกติที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มีส่วนช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ฟื้นฟูสภาพร่างกาย ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดคอเลสเตอรอล ป้องกันโรคเบาหวาน โรคกระเพาะและลำไส้ โรคหลอดเลือดแข็ง และโรคมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ทำให้แนวโน้มของตลาดอาหารฟังก์ชันในอนาคตมีเพิ่มขึ้น ซึ่งการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มฟังก์ชันเพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้นและช่วยในการป้องกันโรคต่าง ๆ แล้วยังต้องคำนึงถึงเรื่องความปลอดภัย กระบวนการผลิต อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ข้อกำหนดและกฎหมายต่าง ๆ ของแต่ละประเทศในการผลิตอาหารและการกล่าวอ้างทางสุขภาพที่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

1. S Iwatani, N Yamamoto. Functional food products in Japan: A review. Food Science and Human Wellness. 2019;(8):96–101.
2. FAO term portal [Internet]. Food and agriculture organization of the United Nation. [cited 2023 Aug 25]. Available from: https://www.fao.org/faoterm/viewentry/en/?entryId=170967
3. Functional Beverages Market [Internet]. Precedence research; 2022 [cited 2023 Aug 25]. Available from: https://www.precedenceresearch.com/functional-beverages-market

4. Raman Maya, Ambalam Padma, Doble Mukesh. Probiotics, Prebiotics, and Fibers. Nutritive and Functional Beverages: Elsevier Publisher; 2019. 12 vol.
5. Functional Foods Market Size, Share & Trends Analysis Report by Ingredient (Carotenoids, Prebiotics & Probiotics, Fatty Acids, Dietary Fibers), By Product, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2022 - 2030 [Internet]. Grand view research; 2022 [cited 2023 Aug 25]. Available from: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/functional-food-market/methodology
6. Nazhand A, Souto EB, Lucarini M, Souto SB, Durazzo A, Santini A. Ready to use therapeutically beverages: focus on functional beverages containing probiotics, prebiotics and synbiotics. Beverages. 2020;6(2):26.
7. Scalese M, Denoth F, Siciliano V, Bastian L, Cotichini R, Cutilli A, Molinaro S. Energy drink and alcohol mixed energy drink use among high school adolesents: association with risk taking behavior, social characteristics. Addict Behav. 2017;72:939.
8. Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. Polyphenols: antioxidants and beyond. Am J Clin Nutr. 2005;81(1):215S-217S.
9. Chung IM, Lim JJ, Ahn MS, Jeong HN, An TJ, Kim SH. Comparative phenolic compound profiles and antioxidative activity of the fruit, leaves, and roots of Korean ginseng (Panax ginseng Meyer) according to cultivation years. J Ginseng Res. 2016;40(1):68-75.
10. Shahidi F, Weerasinghe DK. Nutraceutical beverages: An overview: American Chemical Society; 2004.
11. Prateeksha BNS, Rawat AKS, Bhagat RM, Singh BR. Black tea: phytochemicals, cancer chemoprevention, and clinical studies. Crit Rev Food Sci Nutr. 2017;57(7):1394-410.
12. Bogdanski P, Suliburska J, Szulinska M, Stepien M. Green tea extract reduces blood pressure, inflammatory biomarkers, and oxidative stress and improves parameters associated with insulin resistance in obese, hypertensive patients. Nutr Res. 2012;32(6):421-7.
13. Suliburska J, Bogdanski P, Szulinska M, Stepien M. Effects of green tea supplementation on elements, total antioxidants, lipids, and glucose values in the serum of obese patients. Biol Trace Elem Res. 2012;149(3):315-22.
14. Connelly AE, Tucker AJ, Tulk H, Catapang M, Chapman L, Sheikh N, Yurchenko S, Fletcher R, Kott LS, Duncan AM, Wright AJ. High-rosmarinic acid spearmint tea in the management of knee osteoarthritis symptoms. J Med Food. 2014;17(12):1361-7.
15. Henry CJ. Functional foods. Eur J Clin Nutr. 2010;64(7):657-9.
16. Yilmaz-Akyuz Elvan, Ustun-Aytekin Ozlem, Bayram Banu, Tutar Yusuf. Nutrients, Bioactive Compounds, and Health Benefits of Functional and Medicinal Beverages. Nutritive and Functional Beverages: Elsevier Publisher; 2019. 12 vol.
17. Carbonell-Capella JM, Buniowska M, Barba FJ, Grimi N, Vorobiev, Esteve MJ, Frígola A. Changes of antioxidant compounds in a fruit *juice-Stevia rebaudiana* blend processed by pulsed electric technologies and ultrasound. Food Bioprocess Technol. 2016;9:1159-68.
18. Galanakis CM. Functionality of food components and emerging technologies. Foods. 2021;10(1):128.
19. Food for Specified Health Uses (FOSHU) [Internet]. Ministry of Health, Labor and Welfare; [cited 2023 Aug 5]. Available from: http://www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/fhc/02.html
20. กองอาหาร [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2566. ประกาศกระทวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ; 2566 [เข้าถึงเมื่อ 5 ส.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=5092902519195801 6&name=P182.PDF
21. กองอาหาร [อินเทอร์เน็ต]. นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2566. คู่มือสำหรับประชาชน การขอประเมินการกล่าวอ้างทางสุขภาพของอาหาร; 2566 [เข้าถึงเมื่อ 5 ส.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://food.fda.moph.go.th/media.php?id=5125186193857003 52&name=9.2.pdf
22. Food Innovation & Regulation Network [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: Food Innovation & Regulation Network; 2566. FFC Thailand (Foods with Function Claim) เครื่องมือขับเคลื่อนเชิงนโยบายเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรและอาหารของประเทศ; 2566 [เข้าถึงเมื่อ 5 ส.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://firn.or.th/2022/02/23/ffc-01/

แนวทางการบริโภคอาหารสำหรับผู้ที่มีภาวะลองโควิด

ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrnwl@ku.ac.th
รับเมื่อ 5 กรกฎาคม 2566 **แก้ไขเมื่อ** 15 สิงหาคม 2566 **ตอบรับเมื่อ** 28 พฤศจิกายน 2566

จุดเด่น

- การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 สามารถส่งผลกระทบโดยตรงหรือส่งผลทางอ้อมต่อภาวะโภชนาการได้
- ภาวะลองโควิดเป็นอาการต่อเนื่องระยะยาวที่พบได้ในผู้ที่เคยติดเชื้อไวรัสโควิด-19
- อาหารที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การเสริมสารอาหาร และโภชนเภสัช ช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยลองโควิดได้

บทคัดย่อ

การแพร่ระบาดของโรคติดต่อเชื้อไวรัสโคโรน่า 2019 (โควิด-19) ทำให้พฤติกรรมของมนุษย์มีความเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว เช่น การมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น นำไปสู่ความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอ้วนและความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ นอกจากนี้โควิด-19 สามารถส่งผลต่อภาวะโภชนาการโดยตรงผ่านการกระตุ้นให้เกิดภาวะอักเสบในร่างกาย การได้รับสารอาหารและประสิทธิภาพการดูดซึมสารอาหารลดลง ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง และเพิ่มความเสี่ยงของการติดเชื้อและความรุนแรงของโรคที่เพิ่มขึ้น ในผู้ที่หายจากการติดเชื้อโควิด-19 ก็ยังคงต้องติดตามอาการของตนเอง เนื่องจากอาจมีภาวะลองโควิด ซึ่งมักพบเจอร่วมกับการมีภาวะทุพโภชนาการ การสูญเสียมวลรวมของร่างกาย ยกเว้นส่วนไขมัน และมีภาวะการอักเสบแบบอ่อน (low grade inflammation) แฝงอยู่ในร่างกาย บทความนี้ชี้ให้เห็นถึงแนวทางการบริโภคอาหารที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การเสริมสารอาหาร และการใช้โภชนเภสัชเพื่อช่วยต่อต้านภาวะลองโควิด

คำสำคัญ : โควิด-19 ภาวะลองโควิด-19 ภาวะโภชนาการ สารอาหาร

Dietary recommendations for Long COVID-19

Nuttawut Lainumngen

Department of Nutrition and Health,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrnwl@ku.ac.th
Received 5 July 2023; **Revised** 15 August 2023; **Accepted** 28 November 2023

Highlights

- The COVID-19 pandemic can directly or indirectly impact nutritional status
- Long COVID refers to long term symptoms that can be experienced by individuals who have previously been infected with the COVID-19
- Food that contains bioactive compounds, nutritional supplements, and nutraceuticals can improve the quality of life in patients with Long COVID

Abstract

The COVID-19 affects lifestyle behavioral changes that can potentially impact health, both in the short and long term. For example, weight gain effect may increase the risk of obesity and cardiovascular diseases. Additionally, COVID-19 can directly affects nutrition by promoting inflammation, reducing nutrient intake, and absorption efficiency which can reduce the immune system and increase the risk of infection and severity of diseases. Even in those who have recovered from COVID-19, they still need to monitor their health as they may experience Long COVID, often accompanied by malnutrition, loss of body mass except fat, and underlying low grade inflammation. This article demonstrates many strategies for consuming bioactive substances, nutritional supplements, and the use of nutraceuticals to help counteract the effect of Long COVID.

Keywords : COVID-19, Long COVID-19, nutritional status, nutrients

บทนำ

โรคโควิด-19 เกิดจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา ซึ่งเป็นไวรัสในสัตว์ มีหลายสายพันธุ์ ปกติจะไม่ก่อโรคในมนุษย์ แต่เมื่อเกิดการกลายพันธุ์จึงเป็นสายพันธุ์ใหม่ที่สามารถก่อโรคในมนุษย์ในขณะที่มนุษย์ยังไม่รู้จักและไม่มีภูมิต้านทานจึงเกิดเป็นโรคระบาด ซึ่งเป็นโรคติดเชื้อที่ระบบทางเดินหายใจ โดยองค์การอนามัยโลกได้กำหนดชื่อโรคและชื่อไวรัสอย่างเป็นทางการขึ้นว่า โควิด-19 (Coronavirus disease 2019) หรือโรคที่เกิดจากไวรัสโคโรนาที่เริ่มในปี ค.ศ. 2019 และมีชื่อไวรัส คือ SARS-CoV-2 ย่อมาจาก severe acute respiratory syndrome coronavirus-2[1] สำหรับสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ในประเทศไทยพบว่า มีประชากรไทยติดเชื้อโควิดรวมทั้งสิ้น 4,744,677 คน (ข้อมูลตั้งแต่เริ่มระบาด - 25 มิถุนายน พ.ศ. 2566) ซึ่งพบว่า แนวโน้มของจำนวนผู้เจ็บป่วยรายใหม่และจำนวนผู้เสียชีวิตลดน้อยลง[2] อย่างไรก็ตามการเจ็บป่วยด้วยโรคโควิด-19 นับว่าเป็นโรคที่ส่งผลกระทบทั้งระยะสั้นและระยะยาวต่อร่างกาย เชื้อไวรัสจะเดินทางเข้าสู่ปอดไปเกาะบริเวณเซลล์เยื่อบุผิวถุงลมและกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ส่งผลให้ร่างกายตอบสนองด้วยการหลั่งสารไซโต-ไคน์ชนิดต่าง ๆ ออกมาเพื่อฆ่าเชื้อไวรัส โดยฤทธิ์ของสารไซโตไคน์ทำให้โครงสร้างอื่นของปอดเกิดความเสียหาย ทำให้เนื้อปอดสูญเสียความยืดหยุ่น ปอดขยายตัวลำบาก ปริมาตรอากาศที่ไหลเข้าสู่ปอดลดลง เกิดภาวะเลือดพร่องออกซิเจนและเนื้อเยื่อขาดออกซิเจน ผู้ป่วยจะมีอาการเหนื่อยหอบ หายใจเร็วสั้น จนทำให้เกิดภาวะหายใจลำบากเฉียบพลัน (acute respiratory distress syndrome; ARDS) ซึ่งสามารถนำไปสู่การเกิดภาวะล้มเหลวของหลายอวัยวะ (multiorgan failure) และเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต นอกจากนี้เมื่อมีการติดตามในกลุ่มผู้ป่วยที่หายจากโควิดไปแล้วพบว่า มีอาการหรือกลุ่มอาการผิดปกติที่ยังคงแสดงอยู่ต่อเนื่อง หรืออาจพบอาการแสดงผิดปกติที่เกิดขึ้นใหม่เป็นระยะเวลานานกว่า 4 สัปดาห์ โดยไม่ได้เกิดจากการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 กลายพันธุ์สายใหม่ซ้ำและไม่ได้เกิดจากไวรัสที่ถูกกระตุ้นให้กลับมาแสดงอาการซ้ำ เรียกว่า ภาวะโพสท์โควิด (Post-Covid condition) หรือภาวะลองโควิด (Long COVID) โดยอาการที่สำคัญได้แก่ มีไข้ต่ำ ปวดหัว เวียนศีรษะ แน่นหน้าอก ไอ หายใจหอบ อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย ปวดท้อง ท้องเสีย เบื่ออาหาร สูญเสียการได้กลิ่นหรือการรับรส ปวดกล้ามเนื้อและข้อ เกิดผื่นขึ้นตามตัว และหากอาการแสดงดังกล่าวยังคงอยู่นานกว่า 12 สัปดาห์ ภายหลังการติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 จะเรียกว่า โควิดเรื้อรัง (Chronic COVID) หรือภาวะโพสท์โควิด-19 (Post-COVID-19 syndrome)[3] ด้วยเหตุนี้ แม้ผู้ป่วยจะรักษาหายจากโรคโควิด-19 แล้ว แต่ยังคงต้องมีการสังเกตอาการของตนเองร่วมกับการประเมินภาวะลองโควิดและหาแนวทางการฟื้นฟูสภาพร่างกายเพื่อให้กลับมามีสุขภาพดีและใช้ชีวิตประจำวันได้เป็นปกติ

ร่างกายของมนุษย์มีระบบภูมิคุ้มกันเพื่อคอยปกป้องจากเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอม ทำให้ร่างกายยังคงความแข็งแรงอยู่ได้ ซึ่งประสิทธิภาพ

การทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของแต่ละคนก็มีความแตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุว่าทำไมเมื่อร่างกายรับเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าไปแล้ว บางคนแสดงอาการเจ็บป่วยโดยทันที แต่ในบางคนกลับพบว่าไม่มีอาการ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คืออาหารที่เลือกบริโภคในแต่ละวันมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายของเรา และมีส่วนช่วยในกระบวนการฟื้นฟูร่างกายภายหลังจากการติดเชื้อโควิด-19

ปัญหาและการจัดการด้านโภชนาการในผู้ที่มีภาวะลองโควิด

อาหารและโภชนาการมีบทบาทในการฟื้นฟูสุขภาพของผู้ที่มีภาวะลองโควิด โดยมีแง่มุมหลักที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การฟื้นฟูมวลกล้ามเนื้อ (muscle mass restoration) และป้องกันภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่มีอายุมาก ควรรับประทานอาหารที่มีโปรตีนและกรดอะมิโนลิวซีนซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญในการเสริมสร้างและชะลอการสลายของมวลกล้ามเนื้อ ทั้งนี้นอกจากวิธีการสังเกตตนเองร่วมกับการประเมินรูปแบบการบริโภคอาหารแล้ว ผู้ป่วยสามารถประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยวิธี bioelectrical impedance analysis (BIA)

2. การเสริมสร้างสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากผู้มีภาวะลองโควิดจะมีสมดุลจุลินทรีย์ที่ผิดปกติโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการใช้ยาปฏิชีวนะซึ่งจะส่งผลต่อร่างกายในระยะสั้นและระยะยาว อาหารที่ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารจึงเป็นสิ่งที่แนะนำสำหรับผู้ที่มีภาวะลองโควิด เช่น อาหารที่มีโพรไบโอติกและพอลิฟีนอล หลีกเลี่ยงอาหารที่มีไขมันสูงเพราะลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ดีในระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น

3. อาการอ่อนเพลียเรื้อรัง (chronic fatigue syndrome; CFS) สัมพันธ์กับการขาดสารอาหารบางชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินบี แมกนีเซียม สังกะสี เป็นต้น เนื่องจากผู้ที่มีภาวะลองโควิดจะขาดสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระและสารต้านอนุมูลอิสระ (oxidative stress) ซึ่งกระตุ้นให้เซลล์ในร่างกายเกิดการอักเสบและเกิดความเสียหาย การบริโภคสารอาหารที่มีส่วนช่วยในการต่อต้านการอักเสบและกำจัดอนุมูลอิสระจึงสามารถบรรเทาอาการอ่อนเพลียเรื้อรังได้

4. ความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์เชิงสุขภาพของอาหารฟังก์ชันและบทบาทหน้าที่ของสารอาหาร เช่น การรับประทานอาหารเมดิเตอร์-เรเนียนซึ่งเน้นธัญพืชไม่ขัดสี ผักผลไม้และอาหารที่มีกรดไขมันโอเมก้า 3 ช่วยลดการอักเสบ เป็นต้น

กรดอะมิโน

กรดอะมิโนเป็นหน่วยย่อยของโปรตีน มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ในร่างกายและควบคุมกระบวนการทางชีววิทยาในหลาย ๆ กลไก เช่น กลไกการอักเสบ การรักษาสมดุลระดับน้ำตาลในเลือด การรักษาสมดุลของปฏิกิริยารีดอกซ์ในร่างกาย ซึ่งมักพบความผิดปกติของกระบวนการเหล่านี้ในผู้ที่หายจากโควิด-19 หรือมีภาวะลองโควิด นอกจากนี้กรดอะมิโน

ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันได้อีกด้วย เมื่ออายุมากขึ้นร่วมกับมีความเสื่อมทางด้านร่างกายก็จะยิ่งมีความต้องการกรดอะมิโนเพิ่มมากขึ้นเพื่อใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำรองในกระบวนการที่สำคัญต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น กระบวนการซ่อมแซม การเสริมสร้างและฟื้นฟู ด้วยเหตุนี้กรดอะมิโนจึงเป็นสารอาหารสำคัญสำหรับผู้ที่เคยได้รับเชื้อไวรัสโควิด-19 เนื่องจากช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันและป้องกันการเสื่อมสลายของกล้ามเนื้อหรือป้องกันการเกิดภาวะทุพโภชนาการในผู้ที่มีประวัติการเจ็บป่วยจากเชื้อไวรัสโควิด-19 ตัวอย่างกรดอะมิโนที่สำคัญ ได้แก่

1. กลูตามีน (glutamine) เป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่ร่างกายสามารถสร้างเองได้ และสามารถพบได้ในอาหารทั้งจากพืชและสัตว์ เช่น ผักโขม กะหล่ำปลี เนื้อสัตว์ นม ไข่ เป็นต้น กลูตามีนมีส่วนช่วยในกระบวนการเผาผลาญและให้พลังงานแก่เซลล์ ช่วยในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้กลูตามีนเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูตาไธโอน (glutathione) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญที่ช่วยปกป้องเซลล์จากการเกิดออกซิเดชัน[4] กลูตาไธโอนจึงทำหน้าที่ในการปกป้องเนื้อเยื่อไม่ให้ถูกทำลายโดยสารอนุมูลอิสระที่สะสมอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

2. กรดอะมิโนชนิดบรานช์เชน (branched chain amino acids; BCAAs) คือ กรดอะมิโนที่มีโครงสร้างเรียงตัวเป็นกิ่งก้าน ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็น 3 ชนิด คือ ลิวซีน (leucine) ไอโซลิวซีน (isoleucine) และวาลีน (valine) ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ พบได้ในอาหารที่มีโปรตีนสูง เช่น ไข่ เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์นม เวย์โปรตีน โดยกรดอะมิโน BCAAs จะช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อและลดการสลายของกล้ามเนื้อ เกี่ยวข้องกับการควบคุมระดับสมดุลน้ำตาลในเลือด ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน[5] นอกจากนี้ลิวซีนเมื่อเกิดการเมแทบอไลต์จะได้เป็นสารเบต้า-ไฮดรอกซี-เบต้า-เมทิลบิวทิเรต (beta-hydroxy-beta-methyl butyrate; HMB) ซึ่งเป็นสารที่มีการศึกษาอย่างกว้างขวางในทางวิทยาศาสตร์การกีฬาว่าช่วยเสริมสร้างและชะลอความเสื่อมของมวลกล้ามเนื้อ ช่วยป้องกันการเกิดภาวะทุพโภชนาการ

3. อาร์จินีน (arginine) เป็นกรดอะมิโนกึ่งจำเป็นที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ เช่น เป็นสารตั้งต้นในการผลิตไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้หลอดเลือดขยายตัว มีส่วนช่วยให้ระบบการไหลเวียนของโลหิต การขนส่งสารอาหารและออกซิเจนดียิ่งขึ้น ช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน มีฤทธิ์ต่อต้านไวรัส[6-7] นอกจากนี้อาร์จินีนยังมีฤทธิ์ช่วยต่อต้านการอักเสบโดยชะลอกระบวนการ leukocyte recruitment[8] กรณีที่ร่างกายมีระดับอาร์จินีนน้อยอาจทำให้การทำงานของที-เซลล์ (T-cells) ลดลง โดย ที-เซลล์ ทำหน้าที่กำจัดเซลล์ที่ติดเชื้อและกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย[9]

วิตามินและแร่ธาตุ

วิตามินและแร่ธาตุ คือ สารอาหารที่ร่างกายต้องการในปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น แต่ร่างกายขาดไม่ได้ แม้ไม่ได้ให้พลังงานเหมือนสารอาหารในกลุ่มหลักแต่มีความสำคัญต่อกระบวนการทำงานต่าง ๆ

ของร่างกาย ได้แก่ สารอาหารกลุ่มวิตามินและแร่ธาตุ มักพบการขาดสารอาหารในกลุ่มวัยผู้ใหญ่ การขาดสารอาหารในกลุ่มนี้สัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคที่เกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบประสาท นอกจากนี้วิตามินและแร่ธาตุบางชนิด มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ตัวอย่างสารอาหารในกลุ่มนี้ที่สำคัญและจำเป็นสำหรับผู้ที่มีภาวะลองโควิดได้แก่

1. เหล็ก (Iron, Fe) เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเหล็กทำงานร่วมกับโปรตีนหลายร้อยชนิดซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการพื้นฐานทางชีววิทยาของมนุษย์ เช่น การขนส่งออกซิเจนไปพร้อมกับเม็ดเลือดแดงเพื่อส่งให้แก่เซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการเมแทบอลิซึมของพลังงาน เป็นต้น ธาตุเหล็กพบมากในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ ผักใบเขียว และถั่วเมล็ดแห้ง ธาตุเหล็กจะถูกสะสมในร่างกายหลายส่วน ได้แก่ เม็ดเลือดแดง ตับ กล้ามเนื้อ ไข กระดูก และเม็ดเลือดขาวชนิดแมคโครฟาจ (macrophage) ซึ่งหากร่างกายมีภาวะขาดธาตุเหล็กจะส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของระบบภูมิคุ้มกัน ทั้งระบบภูมิคุ้มกันโดยกำเนิด (innate immunity) และระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (adaptive immunity) โดยทำให้จำนวนเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดที-เซลล์ลดลงเพราะเกิดความบกพร่องของกระบวนการเพิ่มจำนวน (cell proliferation)[10] ทั้งนี้การมีระดับธาตุเหล็กในร่างกายต่ำหรือภาวะขาดธาตุเหล็กมีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะหายใจล้มเหลว การล้มเหลวของอวัยวะหลายระบบแบบเฉียบพลันและการเสียชีวิตในผู้ป่วยติดเชื้อโควิด-19 ด้วยเหตุนี้ตัวแปรซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดระดับธาตุเหล็กในร่างกาย เช่น เฟอร์ริติน (ferritin) ทรานส์เฟอร์ริน (transferrin) และเฮปซิดิน (hepcidin) จึงเป็นค่าเชิงตัวเลขที่อาจใช้พยากรณ์ความรุนแรงของโรคโควิด-19 ได้[11] จากหลักฐานในปัจจุบันการเสริมธาตุเหล็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่อายุมากและมีระดับธาตุเหล็กและฮีโมโกลบินต่ำ สามารถช่วยลดระดับการอักเสบในร่างกาย ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และช่วยบรรเทาอาการลองโควิด เช่น อาการเหนื่อยล้า อ่อนเพลีย อาการหายใจลำบาก เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเสริมธาตุเหล็กในรูปแบบผลิตภัณฑ์เสริมอาหารโดยไม่มีการปรึกษาแพทย์อาจเสี่ยงต่อการได้รับปริมาณธาตุเหล็กที่มากเกินไปและเกิดผลข้างเคียงต่อร่างกายได้ ดังนั้นจึงควรปรึกษาแพทย์ก่อนการรับประทานธาตุเหล็กเสริม

2. สังกะสี (Zinc, Zn) มีบทบาทช่วยเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน รักษาสมดุลของเซลล์และการเจริญเติบโตของระบบสืบพันธุ์ อาหารที่มีธาตุสังกะสี เช่น ข้าวกล้อง เนื้อไก่ เนื้อหมู เครื่องใน ตับ อาหารทะเล เช่น กุ้ง ปู หอย โดยเฉพาะหอยนางรมจะพบแร่ธาตุสังกะสีมาก การขาดแร่ธาตุสังกะสีมักพบว่า มีความสัมพันธ์กับการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่ผิดปกติทั้งระบบภูมิคุ้มกันโดยกำเนิดและระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ การขาดธาตุสังกะสีมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียการรับกลิ่น (anosmia) และการรับรส (dysgeusia)[12] ซึ่งเป็นอาการผิดปกติที่พบได้บ่อย

ในผู้ป่วยที่หายจากการติดเชื้อโควิด-19 จากผลการวิจัยในหลอดทดลองและการเพาะเลี้ยงเซลล์ พบว่า สังกะสีอาจช่วยยับยั้งการแบ่งตัวของเชื้อไวรัสได้[13] อย่างไรก็ตามการเสริมแร่ธาตุสังกะสีในมนุษย์ยังมีผลการศึกษาวิจัยที่ไม่เพียงพอต่อการสรุปผลและยังต้องการการศึกษาเกี่ยวกับการเสริมแร่ธาตุสังกะสีร่วมกับวิตามินและแร่ธาตุชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่ออธิบายประสิทธิภาพกลไกการทำงานและประสิทธิผลของการเสริมแร่ธาตุสังกะสีในผู้ที่มีภาวะลองโควิดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. แมกนีเซียม (Magnesium, Mg) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyze) ในกลุ่มเอนไซม์ที่ใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น กระตุ้นเอนไซม์ในการสร้างพลังงาน กระดูก กล้ามเนื้อ ช่วยต่อต้านการอักเสบและต่อต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น อาหารกลุ่มที่มีแมกนีเซียมสูง เช่น สาหร่ายสีน้ำตาล หอยนางรม ผักใบเขียวเข้ม ธัญพืชและถั่วต่าง ๆ แม้ว่าจำนวนของผู้ที่มีภาวะขาดแมกนีเซียมจะพบได้น้อยมาก แต่ผู้ที่มีภาวะแมกนีเซียมต่ำ (hypomagnesemia) สามารถพบได้บ่อยในกลุ่มผู้ป่วยที่อยู่ในภาวะวิกฤติในห้องไอซียู โดยสัมพันธ์กับอัตราการเสียชีวิตที่สูงขึ้น ความต้องการในการใช้เครื่องช่วยหายใจที่เพิ่มขึ้น ความเสี่ยงในการติดเชื้อและระยะเวลาการรักษาที่โรงพยาบาลเป็นเวลานาน[14] แม้การศึกษาความสัมพันธ์ของสมดุลแมกนีเซียมในร่างกายต่อความเสี่ยงของการติดเชื้อโควิด-19 ยังมีไม่มากนัก แต่การขาดแมกนีเซียมอาจทำให้ความรุนแรงของการติดเชื้อ SARS-CoV-2 เพิ่มขึ้น เนื่องจากแมกนีเซียมช่วยป้องกันความเสียหายของอวัยวะและเนื้อเยื่อจากการทำลายของเชื้อไวรัสผ่านทางหลายกลไก[15] นอกจากนี้จากการทบทวนเอกสารอย่างเป็นระบบ (systematic reviews) และการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) พบว่า การเสริมแมกนีเซียมช่วยป้องกันความเสี่ยงของการเกิดลิ่มเลือดอุดตัน (thromboembolism) ในผู้ป่วยโควิด ช่วยป้องกันอาการระยะยาวที่มักพบในผู้ป่วยลองโควิด[16] รวมทั้งอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยรุนแรงและการเสียชีวิตอันเนื่องมาจากโควิด-19 ได้[17]

4. ซีลีเนียม (Selenium, Se) เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย มักพบในรูปของซีลีโนโปรตีน (selenoproteins) ทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์กลูตาไธโอน เพอร์ออกซิเดส (GPX) และเอนไซม์ไธโอรีดอกซินรีดักเตส (TXNRD) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่าง ๆ ที่ทำอันตรายต่อเซลล์ และสามารถทำหน้าที่ป้องกันไวรัสด้วย[18] งานวิจัยในมนุษย์ ในสัตว์ทดลองและในการเพาะเลี้ยงเซลล์สนับสนุนว่าซีลีเนียมมีบทบาทสำคัญในการต่อสู้กับเชื้อไวรัสที่เป็นสาเหตุของการก่อโรคทางระบบทางเดินหายใจผ่านทางกลไกการควบคุมสมดุลรีดอกซ์และการอักเสบ และหากมีภาวะขาดซีลีเนียมอาจทำให้ร่างกายติดเชื้อไวรัสได้ง่ายขึ้น[19] มีรายงานว่า ผู้ป่วยโควิด-19 มักจะมีระดับซีลีเนียมในร่างกายต่ำกว่าผู้ที่มีสุขภาพปกติและไม่ติดเชื้อโควิด-19 และการมีระดับซีลีเนียมในพลาสมาต่ำสัมพันธ์กับการที่เนื้อเยื่อถูกทำลาย อวัยวะล้มเหลวในผู้ป่วยโควิดและลองโควิดที่มีอาการรุนแรง[20-21] ซีลีเนียมสามารถพบได้ในอาหาร ได้แก่ ไข่ ธัญพืช ถั่ว ผักผลไม้บางชนิด เนื้อไก่ และอาหารทะเล โดยปริมาณซีลีเนียมในผัก

ผลไม้และธัญพืชอาจมีความแตกต่างกันขึ้นกับปริมาณซีลีเนียมในดินที่ใช้เพาะปลูกและการเก็บสะสมซีลีเนียมของผลผลิตทางการเกษตรเหล่านั้น

5. วิตามินดี (Vitamin D) ร่างกายสามารถสังเคราะห์ได้เองผ่านการกระตุ้นจากรังสียูวีบี เพื่อป้องกันการขาดวิตามินดี อาจต้องมีการสัมผัสแสงแดดบ้างโดยเฉพาะแสงแดดในตอนเช้า นอกจากนี้วิตามินดีสามารถได้รับผ่านการบริโภคอาหาร ได้แก่ เห็ด ปลานิล ปลาทับทิม ปลาแซลมอน ปลาทูน่า ปลาซาร์ดีน นอกจากนี้ยังพบในไข่แดงและนมที่มีการเติมวิตามินดี หรือการรับประทานวิตามินดีในรูปของอาหารเสริมในกรณีที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินชีวิตได้ ควรปรึกษาแพทย์และมีการตรวจวัดระดับวิตามินดีในเลือดก่อนเสริมวิตามินดี ในปัจจุบันวิตามินดีถูกกล่าวถึงความสัมพันธ์ต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น นอกเหนือจากเรื่องของโรคมวลกระดูกและความแข็งแรงของมวลกล้ามเนื้อ เช่น ความสัมพันธ์ต่อโรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคที่เกิดจากการเผาผลาญอาหารของร่างกายที่ผิดปกติ โรคติดเชื้อ โรคทางภูมิคุ้มกันและอัตราการเสียชีวิต เป็นต้น วิตามินดีมีส่วนช่วยในการเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันแบบทั่วไปผ่านการสร้างเปปไทด์ต้านจุลชีพ เช่น cathelicidins และ defensivins รวมถึงควบคุมสมดุลพายุสารอักเสบไซโตไคน์ (cytokine storm) ไม่ให้เซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันสร้างออกมามากเกินความจำเป็นจนอาจส่งผลร้ายต่อเซลล์ทำให้เกิดอวัยวะต่าง ๆ ล้มเหลวและลดการกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาวแมคโครฟาจที่ทำให้เกิดการอักเสบได้[22-23] การมีระดับวิตามินดีต่ำในร่างกายสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติในหลาย ๆ ระบบ เช่น โรคเบาหวาน โรคปลอกประสาทเสื่อม โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าอาจเกี่ยวข้องกับโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ โดยการขาดวิตามินดีสัมพันธ์กับการติดเชื้อ SARS-CoV-2 และการมีอาการรุนแรง[24] อย่างไรก็ตามจากการทบทวนเอกสารอย่างเป็นระบบ ยังไม่มีหลักฐานที่สามารถสรุปได้แน่ชัดถึงการใช้วิตามินดีเพื่อเป็นแนวทางการรักษาผู้ป่วยโควิด-19 หรือผู้ที่มีอาการลองโควิด เนื่องจากมีความแตกต่างของผลจากกระบวนการวิจัยในปัจจุบันที่ค่อนข้างหลากหลาย เช่น ลักษณะการเสริมวิตามินดี สูตรที่ใช้ ปริมาณที่ใช้ในการทดลอง ระดับวิตามินดีในอาสาสมัคร เป็นต้น จึงยังคงต้องการข้อมูลจากงานวิจัยจำนวนมากมาสนับสนุนเพิ่มเติม

พรีไบโอติกและโพรไบโอติก

พรีไบโอติก (prebiotics) เป็นสารที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยหรือดูดซึมในระบบทางเดินอาหารได้ อาหารเหล่านี้จึงเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ในรูปที่ไม่เปลี่ยนแปลงและเป็นแหล่งอาหารของโพรไบโอติก (probiotics) อาหารที่มีพรีไบโอติกพบได้ในผักผลไม้ และเมล็ดธัญพืชบางชนิด เช่น หัวหอม กระเทียม ถั่วเหลือง ถั่วแดง หัวอาร์ทิโชก กล้วย แอปเปิ้ล เป็นต้น ส่วนโพรไบโอติกเป็นจุลชีพไม่ก่อโรคที่สร้างประโยชน์ต่อร่างกาย คือ เมื่อบริโภคแล้วช่วยให้สุขภาพแข็งแรงและสามารถทำงานได้ดี ช่วยปรับสมดุลลำไส้ด้วยการลดปริมาณจุลินทรีย์ชนิดไม่ดีที่อาจก่อโรคในร่างกาย เมื่อมีจุลินทีย์ชนิดที่ดีมีจำนวนมากขึ้น ระบบภูมิคุ้มกันจึงทำงานดีขึ้น

นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่ายอีกด้วย อาหารที่มีส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในปริมาณที่สามารถส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคจะจัดเป็นอาหารโพรไบโอติก เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยว ในผู้ที่มีภาวะลองโควิดมักพบอาการผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร เช่น ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน และเบื่ออาหาร เนื่องจากการติดเชื้อไวรัสโควิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายที่มีอาการรุนแรง มักพบการเสียสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร (gut microbiome) และอาจทำให้เกิดภาวะลำไส้รั่ว (leaky gut) คือ มีการบวมของเซลล์เยื่อบุผิวลำไส้ ส่งผลให้เกิดช่องว่างตรงบริเวณเซลล์ดูดซึมสารอาหารของลำไส้เล็ก ที่เรียกว่า tight junctions ทำให้สารพิษเล็ดลอดผ่านผนังลำไส้เข้าไปสู่ระบบไหลเวียนเลือดและทำให้เกิดการอักเสบต่าง ๆ ภายในร่างกายตามมา[25] การนำโพรไบโอติกมาเสริมการรักษาผู้ป่วยโควิด-19 และผู้ป่วยลองโควิด ช่วยลดความเสี่ยงการติดเชื้อทุติยภูมิ (secondary infection) คือ การติดเชื้อที่เกิดขึ้นภายหลังหรือระหว่างการรักษาการติดเชื้อปฐมภูมิหรือเชื้อจุลชีพก่อโรคครั้งแรก (primary infection) และการบริโภคจุลินทรีย์สายพันธุ์ดีที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้แก่ *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* และ *Bifidobacterium lactis* ช่วยฟื้นฟูระบบทางเดินอาหารให้กลับมาเป็นปกติและลดความเสี่ยงการเกิดระบบหายใจล้มเหลวในผู้ป่วยโควิด[26]

บีทรูท

บีทรูทมีประโยชน์เชิงสุขภาพต่อร่างกายในหลายระบบเนื่องจากภายในน้ำบีทรูทมีไนเตรท (NO_3^-) สูง ซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นสารไนตริกออกไซด์ภายในร่างกายและมีผลต่อการขยายตัวของหลอดเลือด ช่วยลดระดับความดันโลหิต น้ำบีทรูทจึงดีต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และช่วยเสริมสมรรถภาพของปอด การดื่มน้ำบีทรูทช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและต่อต้านการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ[27] นอกจากไนเตรท บีทรูทยังประกอบด้วยสารพอลิฟีนอล แคโรทีนอยด์ และเบตาเลน (betalain) ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งสารที่เหนี่ยวนำกระบวนการอักเสบและช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระผ่านการกระตุ้น Nrf2/antioxidant response pathway โดยที่ Nrf2 เป็นโปรตีนทรานสคริปชันแฟคเตอร์ (transcription factor) ที่เกี่ยวข้องกับยีนที่ควบคุมระบบการต้านอนุมูลอิสระภายในร่างกาย (cytoprotective genes) ทำให้มีการแสดงออกของเอนไซม์ที่ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น น้ำบีทรูทจึงอาจมีส่วนช่วยต่อต้านอาการเจ็บป่วยจากโควิด-19 ได้[28-29]

โภชนเภสัช

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งทำหน้าที่หลักเกี่ยวข้องกับการลดการอักเสบ (immunosuppressants)

ได้แก่ สารกลุ่มพอลิฟีนอล เช่น สารเควอซิทิน (quercetin) ในหอมแดงซึ่งมีสรรพคุณในการลดความเสี่ยง ความรุนแรงหรือลดการอักเสบในการติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนบน สารเรสเวอราทรอล (resveratrol) ในองุ่นและผลไม้ตระกูลเบอร์รี สารคาเทชิน (catechin) ในผลไม้ตระกูลเบอร์รี เมล็ดโกโก้และใบชา รวมถึงเอ็น-อะเซทิลซิสเทอิน (N-acetylcysteine; NAC) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของกรดอะมิโนแอล-ซิสเทอีน (L-cysteine) มีฤทธิ์ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระ เป็นต้น นอกจากนี้สารออกฤทธิ์ชีวภาพที่ทำหน้าที่กระตุ้นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน (immunostimulators) ได้แก่ โปรตีนในนม เช่น bovine lactoferrin, lactoperoxidase, beta-lactoglobulin, alpha-lactalbumin เป็นต้น และโพรไบโอติก เช่น *Lactobacillus* และ *Bifidobacteria*[30] เป็นต้น

บทสรุป

ภาวะลองโควิดสามารถพบได้ในทุกกลุ่มอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ที่มีอายุมาก ซึ่งถือว่าเป็นกลุ่มเปราะบางและมีความเสี่ยงสูงที่จะพบอาการเจ็บป่วยที่รุนแรง การประเมินทางด้านโภชนาการเป็นหนึ่งในแนวทางการดูแลเฝ้าระวังผู้ที่มีภาวะลองโควิด เพราะอาหารและโภชนาการเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของร่างกายและสามารถปรับเปลี่ยนได้ โดยผู้ป่วยลองโควิด ควรบริโภคอาหารให้ครบ 5 หมู่ เลือกกินอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ อาหารที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และอาหารที่มีจุลินทรีย์โพรไบโอติก ร่วมกับอาหารที่มีใยอาหารสูงเพื่อเป็นอาหารให้แก่โพรไบโอติก เพื่อสร้างเสริมภูมิคุ้มกันและช่วยฟื้นฟูร่างกายให้แข็งแรง

เอกสารอ้างอิง

1. ทวิติยา สุจริตรักษ์. ประเด็นน่ารู้เกี่ยวกับไวรัส SARS-CoV-2: ไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคโควิด-19. สมาคมโรคติดเชื้อในเด็กแห่งประเทศไทย. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 15 ส.ค. 2566] เข้าถึงได้จาก: https://pidst.or.th/A966.html
2. กรมควบคุมโรค. สถานการณ์ผู้ป่วย COVID-19 ภายในประเทศ. กระทรวงสาธารณสุข. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 30 มิ.ย. 2566] เข้าถึงได้จาก: https://ddc.moph.go.th/covid19-dashboard/
3. ภัทิรา ตันติภาสวศิน, สิทธิชัย ตันติภาสวศิน. ภาวะโพสท์โควิด (ลองโควิด). วารสารโรงพยาบาลชลบุรี 2565;47(1):67-84.
4. Cruzat V, Rogero MM, Keane KN, Curi R, Newsholme P. Glutamine: metabolism and immune function, supplementation and clinical translation. Nutrients. 2018;10(11):1-31.
5. Kelly B, Pearce EL. Amino assets: how amino acids support immunity. Cell Metab. 2020;32(2):154-75.
6. Bogdan C. Nitric oxide and the immune response. Nat Immunol. 2001;2(10):907-16.
7. Zhivaki D, Kagan JC. Innate immune detection of lipid oxidation as a threat assessment strategy. Nat Rev Immunol. 2022;22(5):322-30.
8. Kolazkowska E, Kubes P. Neutrophil recruitment and function in health and inflammation. Nat Rev Immunol. 2013;13(3):159-75.
9. Geiger R, Rieckmann JC, Wolf T, Basso C, Feng Y, Fuhrer T, et al. L-arginine modulates T cell metabolism survival and anti-tumor activity. Cell. 2016;167(3):829-42.
10. Girelli D, Marchi G, Busti F, Vianello A. Iron metabolism in infections: focus on COVID-19. Semin Hematol. 2021;58(3):182-7.

11. Lv Y, Chen L, Liang X, Liu X, Gao M, Wang Q, et al. Association between iron status and the risk of adverse outcomes in COVID-19. Clin Nutr. 2021;40(5):3462-9.
12. Propper RE. Smell/Taste alteration in COVID-19 may reflect zinc deficiency. J Clin Biochem Nutr. 2021;68(1):3.
13. Velthuis AJW, Worm SHE, Sims AC, Baric RS, Snijder EJ, Hemert MJ. Zn2+ inhibits coronavirus and arterivirus RNA polymerase activity in vitro and zinc ionophores block the replication of these viruses in cell culture. PLos Pathog. 2010;6(11) doi: 10.1371/JOURNAL.PPAT.1001176.
14. Upala S, Jaruvongvanich V, Wijarnpreecha K, Sanguankeo A. Hypomagnesemia and mortality in patients admitted to intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. QJM. 2016;109(7):453-9.
15. Lotti S, Wolf F, Mazur A, Maier J. The COVID-19 pandemic: is there a role for magnesium? Hypotheses and perspectives. Magnes Res. 2020;33(2):21-7.
16. Mofrad MD, Djafarian K, Mozaffari H, Shab-Bidar S. Effect of magnesium supplementation on endothelial function: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Atherosclerosis. 2018;273:98-105.
17. Wallace TC. Combating COVID-19 and building immune resilience: a potential role for magnesium nutrition? J Am Coll Nutr. 2020;39(8):685-93.
18. กรุณา วงษ์กระจ่าง. บทบาทของซีลีเนียมในระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย. วารสารอาหาร 2564;51(4):26-35.
19. Bermano G, Meplan C, Mercer DK, Hesketh JE. Selenium and viral infection: are there lessons for COVID-19? Br J Nutr. 2021;125(6):618-27.
20. Carfì A, Barnabei R, Landi F. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19. JAMA. 2020;324(6):603-5.
21. Majeed M, Nagabhushanam K, Gowda S, Mundkur L. An exploratory study of selenium status in healthy individuals and in patients with COVID-19 in a south Indian population: the case for adequate selenium status. Nutritions. 2021:82. doi: 10.1016/J.NUT.2020.111053.
22. The vitamin D-antimicrobial peptide pathway and its role in protection against infection. Future Microbiol. 2009;4(9):1151.65.
23. Rak K, Bronkowska M. Immunomodulator effect of vitamin D and its potential role in the prevention and treatment of type 1 diabetes mellitus-a narrative review. Molecules. 2018;24(1) doi: 10.3390/MOLECULES24010053.
24. Baktasj V, Hosack T, Patel N, Shah S, Kandiah P, Abbeele KVD, et al. Vitamin D status and outcomes for hospitalized older patients with COVID-19. Postgrad Med J. 2021;97(1149):442-7.
25. Yeoh KY, Zuo T, Lui GCY, Zhang F, Liu Q, Li AY, et al. Gut microbiota composition reflects disease severity and dysfunctional immune responses in patients with COVID-19. Gut. 2021;70(4):698-706.
26. Tosato M, Ciciarello F, Zazzara MB, Pais C, Savera G, Picca A, et al. Nutraceuticals and dietary supplements for older adults with Long Covid-19. Clin Geriatr Med. 2022;(38)3:565-91.
27. Kroll JL, Werchan CA, Rosenfield D, Ritz T. Acute ingestion of beetroot juice increases exhaled nitric oxide in healthy individuals. PLos One. 2018;13(1) doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0191030.
28. Kuzniak VK, Paluszcak J, Szaefer H, Baer-Dubowska W. Betanin, a beetroot component, induces nuclear factor erythroid-2-related factor 2-mediated expression of detoxifying/antioxidant enzymes in human liver cell lines. Br J Nutr 2013;110(12):2138-49.
29. Volino-Souza M, Oliveira GV, Conte-Junior CA, Alvares TS. Covid-19 quarantine: impact of lifestyle behaviors changes on endothelial function and possible protective effect of beetroot juice. Front Nutr 2020;7 doi: 10.3389/FNUT.2020.582210.
30. Barrea L, Grant WB, Frias-Toral E, Vetrani C, Verde L, Alteriis GA, et al. Dietary recommendations for post-covid-19 syndrome. Nutrients. 2022;14(6) doi: 10.3390/NU14061305.

น้ำแข็งเหลวโอโซนกับการเพิ่มมูลค่าให้อาหารทะเล

สุมิตรา บุญบำรุง[1*]
จุฑา มุกดาสนิท[2]

[1]ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[2]ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*]ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล : ifrstb@ku.ac.th
รับเมื่อ 29 มิถุนายน 2566 **แก้ไขเมื่อ** 25 กันยายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 28 พฤศจิกายน 2566

จุดเด่น

- การใช้น้ำแข็งเหลวโอโซนเพื่อการชะลอการเสื่อมเสียให้กับอาหารทะเล
- การรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารทะเลด้วยน้ำแข็งเหลวโอโซน

บทคัดย่อ

การดูแลหลังการจับสัตว์น้ำเค็มเพื่อรักษาคุณภาพของสัตว์น้ำที่จับได้ ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของอาหารในห่วงโซ่อาหารจนถึงมือผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสัตว์น้ำที่จับได้ น้ำแข็งเหลว (Slurry Ice, SI) และน้ำแข็งเหลวโอโซน (Ozonized Slurry Ice, OSI) เป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อยกระดับมาตรฐานให้กับอาหารทะเล ซึ่งประเทศไทยมีศักยภาพในการเลี้ยง/การจับสัตว์น้ำจากธรรมชาติได้ในระดับหนึ่งในภูมิภาคแห่งนี้ ดังจะเห็นได้จากอาหารทะเลที่สดใหม่ จากฝั่งทะเลอันดามันและทะเลอ่าวไทย ไม่นับรวมสัตว์น้ำที่มีการเลี้ยงในบ่ออีกเป็นจำนวนมาก การนำเทคโนโลยีด้านการใช้ SI หรือ OSI มาประยุกต์เข้ากับขั้นตอนการดูแลหลังการจับสัตว์น้ำตลอดการขนส่งจนถึงมือผู้บริโภค นับว่าเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่สัตว์น้ำเหล่านั้น ผ่านคุณภาพที่ดีของอาหารทั้งในแง่ สี กลิ่น รสชาติที่ใกล้เคียงกับสัตว์น้ำที่มีคุณภาพเหมือนของสดใหม่ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั้งในด้านภาพลักษณ์ที่มีสีสัน สด ใส สวยตามธรรมชาติ และมีกลิ่นรสที่ได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีและผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานของอาหารทะเล

คำสำคัญ : น้ำแข็งเหลว โอโซน อาหารทะเล การดูแลหลังการจับ (สัตว์น้ำ)

Adding value to seafood products using ozonized slurry ice

Sumitra Boonbumrung[1*], and
Juta Mookdasanit[2]

[1]Department of Food Chemical and Physical,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
[2]Department of Fishery Products,
Faculty of Fisheries, Kasetsart University
[*]Corresponding author, e-mail : ifrstb@ku.ac.th
Received 29 June 2023; **Revised** 25 September 2023; **Accepted** 28 November 2023

Highlights

- Ozonized slurry ice application to preservation of seafoods
- Maintaining seafood products quality by ozonized slurry ice

Abstract

Saltwater harvesting maintenance for preservation of the quality of aquatic animals caught can slow down the qualitative deterioration of food chain to consumer and adds value to aquatic animals caught. Slurry Ice (SI) and Ozonized Slurry Ice (OSI) are technologies used to raise the standard of seafood. Thailand has the potential to raise/catch wild aquatic animals to a certain extent in this region. This can be seen from fresh seafood along both sides of the Andaman Sea and the Gulf of Thailand, not counting the adoption of a large number of cultures in the pond. If the technology of using SI or OSI are applied to the post-catch care process throughout the transportation to the consumer. It is considered to add value to those aquatic animals. Through the good quality of food in terms of color, smell and taste that are similar to fresh aquatic animals. It has been accepted by consumers in terms of images that are colorful, bright, and naturally beautiful iIncluding a good taste. All has been well received and meets the standards of fresh seafood as well.

Keywords : slurry ice, ozone, seafood, postharvest activity (aquatic animals)

บทนำ

น้ำแข็งเหลว (Slurry Ice, SI) เป็นของผสมระหว่างผลึกน้ำแข็ง น้ำ และสารเพิ่มเติมซึ่งอาจเป็นเกลือที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (nanoparticle) หรือแอลกอฮอล์ โดยสารเพิ่มเติมเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นสารทำความเย็นเพื่อลดจุดเยือกแข็ง โดยที่ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2 ถึง 0.8 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะเดียวกันค่าความจุพลังงานของ SI ต่อหน่วยปริมาตรจะมีค่าสูงกว่าน้ำเย็น เนื่องจากการเปลี่ยนสถานะของอนุภาคน้ำแข็ง SI ที่มีส่วนของน้ำแข็งอยู่ในช่วง 5-30% มีความสามารถในการเข้าถึงจุดเยือกแข็งมากขึ้น 5-6 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำเย็นทั่วไป นอกจากนี้ในระหว่างที่เก็บรักษาอาหาร SI มีโอกาสสัมผัสกับอาหารที่มากขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำแข็งทั่วไป ซึ่งทำให้มีผลในการเก็บรักษาอาหารที่ดีกว่า นอกจากนี้ด้วยความจุพลังงานที่สูงกว่าน้ำเย็นธรรมดา ระบบผลิต SI จึงสามารถลดขนาดของเครื่องปั๊มน้ำและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ จึงส่งผลให้สามารถลดต้นทุนของระบบการจัดการและการผลิตได้ กระบวนการผลิต SI จากน้ำทะเล โดยทั่วไปเริ่มจากการผ่านน้ำทะเลเข้าสู่ระบบการทำความเย็นที่เฉพาะเจาะจงซึ่งสามารถสร้างอนุภาคน้ำแข็งขนาดเล็ก จากนั้นน้ำแข็งนี้จะถูกผสมกับน้ำทะเลเพื่อสร้างเป็น SI โดย SI ที่ได้นั้นมีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับน้ำแข็งทั่วไป กล่าวคือมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นที่ดีขึ้น รวมถึงอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น และการลดความเสียหายในอาหารทะเลและผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมสภาพได้ง่ายชนิดอื่น ๆ ในระหว่างการขนส่ง ดังแสดงรายละเอียดใน Table 1 และ Figure 1 โดย SI ที่ผลิตจากน้ำทะเลมีความเหมาะสมเป็นพิเศษในอุตสาหกรรมการประมง เนื่องจาก SI ที่ผลิตจากน้ำทะเลสามารถใช้งานได้ง่ายในสภาพแวดล้อมทางทะเลและสามารถผลิตด้วยอุปกรณ์ที่เรียบง่าย อีกทั้ง SI มีประสิทธิภาพในการทำความเย็นมากกว่าน้ำแข็งทั่วไป จึงช่วยในการคงคุณภาพของอาหารทะเลทั้งด้านความสด สี กลิ่นและรสชาติของอาหารทะเลในระหว่างการขนส่งและเก็บรักษา ทำให้อาหารทะเลมีลักษณะปรากฏที่ดูสดใหม่ ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคสูงขึ้น[1-4]

การประยุกต์ใช้น้ำแข็งเหลว (Slurry Ice, SI) ในอาหารทะเล

สัตว์น้ำเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่ายมาก ตัวอย่างเช่น เมื่อปลาตายจะเริ่มเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว หากไม่มีการเก็บรักษาอย่างเหมาะสม จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยเอนไซม์และจุลินทรีย์ต่าง ๆ และเกิดการสูญเสียน้ำ มีผลให้อายุการเก็บรักษาลดลงอย่างรวดเร็ว กระบวนการเสื่อมนี้จะเกิดการสร้างสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ (volatile basic nitrogen, TVB-N) และสารไตร-เมทิลเอมีน (trimethylamine, TMA) ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ในเนื้อปลาและไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคเมื่อเก็บรักษาไว้นานกว่า 8 วัน ซึ่งมีรายงานว่า SI สามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาซาร์ดีนได้นานถึง 15 วัน เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาด้วยน้ำแข็งเกล็ดที่ทำจากน้ำจืด (Flake Ice, FI) ที่มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 8 วัน[5] ปลาคอดที่เก็บรักษาใน SI เป็นเวลา 3 วัน มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยอยู่ที่ 4% โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพ

ในทางกลับกันปลาคอดที่เก็บรักษาบนน้ำแข็งน้ำจืด (FI) ไม่มีเพิ่มน้ำหนักใด ๆ มีการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้ น้ำที่มีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์อยู่ในความเข้มข้นเท่ากับกับน้ำทะเลเพื่อผลิต SI แล้วใช้ SI ที่ผลิตขึ้นในการเก็บรักษาปลาทะเล ผลการทดลองพบว่า การเก็บรักษาปลาได้ดีขึ้นและทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ (myofibrillar proteins) มีความเสถียรมากขึ้นส่งผลให้ปลามีน้ำหนักมากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา[1,6] มีการศึกษาผลของการใช้ SI ต่อคุณภาพของกุ้ง (*Pandalus borealis*) ในระหว่างการเก็บรักษา โดยการประเมินคุณสมบัติทางรสชาติ จุลชีววิทยา ทางกายภาพ และทางเคมี จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ SI ในการเก็บรักษามีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของกุ้งได้มากกว่าการใช้น้ำแข็งแบบดั้งเดิมหรือการใช้น้ำผสมกับเกลือ โดยพิจารณาจากการประเมินทางจุลชีววิทยา (total viable count, TVC) และทางเคมี (TVB-N และ TMA)[7]

Table 1 Comparison of properties of slurry ice with normal flake ice[8]

Slurry Ice; (SI)	Normal Flake Ice; (FI)
Produced from seawater. The ice crystals are small and soft in texture	Produced from freshwater. The ice crystals are large and hard in texture
Temperature in the range of -0.5 to -2°C	Temperature in the range of 0.5°C or higher
It can quickly reduce the temperature of aquatic animals. The aquatic animals will have a temperature in the range of 0 to -1°C during storage	Aquatic animals will have temperature in the range of 1°C or higher during storage
Preserves the color, smell and taste of marine fish well	The color, smell and taste of marine fish change rapidly
Reduce damage/tear of aquatic animal skin during storage and transportation	There is a chance of damage/tear of aquatic animal skin during storage and transportation

A B

Figure 1 A-slurry ice (SI) and B-temperature of slurry ice[8]

ในขณะที่อัตราการเสื่อมสภาพของปลาจะชะลอลงอย่างมีนัยสำคัญใน SI มีรายงานว่า ปลาบางสายพันธุ์ เช่น ปลากะพงแดง เป็นตัวอย่างที่พบว่า มีตาขุ่นเมื่อเก็บรักษาใน SI ที่มีเกลือ ซึ่งมีผลกระทบต่อลักษณะและคุณภาพของปลาด้านลบ อาจเกิดจากการตกตะกอนของส่วนประกอบของตาในอุณหภูมิต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นระดับอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในระบบ SI ในปัจจุบัน SI ที่ผลิตจากน้ำทะเลอาจสร้างปัญหาการสะสมเกลือในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่ยาวนานของปลาบางสายพันธุ์ เช่น ปลาผิวน้ำ (pelagic fish) ความท้าทาย คือ การระบุเงื่อนไขการทำความเย็นและการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ปลาแต่ละชนิด แล้วออกแบบระบบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความเค็มของน้ำแข็ง SI ให้อยู่ในระดับที่ต้องการสำหรับแต่ละการใช้งานอย่างแม่นยำ[1]

ระบบการผลิตน้ำแข็ง SI แบบที่สามารถควบคุมให้คุณสมบัติเป็นตามที่ต้องการถูกออกแบบมาใช้กับอุตสาหกรรมประมง การออกแบบการเก็บรักษาน้ำแข็ง SI ทำให้สามารถแยกผลึกน้ำแข็งออกจากน้ำเค็มภายในถังเก็บน้ำแข็งได้ ดังแสดงใน Figure 2 อนุภาคน้ำแข็งที่สะสมที่ด้านบนของถังจะถูกปล่อยลงมาผสมกับปริมาณน้ำเย็นหรือสารน้ำเค็มที่ควบคุมได้เพื่อสร้างน้ำแข็ง SI ที่สามารถสูบด้วยปั๊มได้และมีความเข้มข้นของน้ำแข็งและความเค็มตามที่ต้องการ

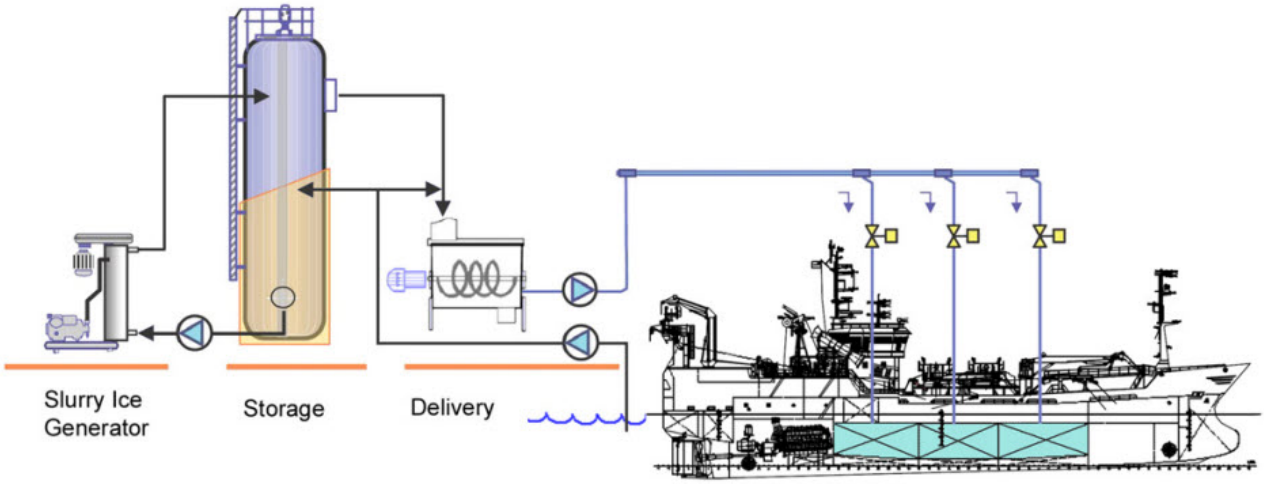


Figure 2 Slurry ice production system on fishing boats[2]

การประยุกต์ใช้น้ำแข็งเหลวโอโซน (Ozonized Slurry Ice, OSI) ในอาหารทะเล

โอโซนถูกใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในน้ำแบบดั้งเดิม ด้วยประสิทธิภาพของการออกซิไดซ์ที่ดี โอโซนจึงสามารถนำมาใช้ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นสารฆ่าเชื้อสำหรับระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดและการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสและอายุการเก็บรักษาของปลา มีรายงานผลการฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วยโอโซนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ค่า pH และการมีอยู่ของสารอินทรีย์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) ได้พิจารณาให้โอโซนเป็นสารเคมีที่ผ่านการรับรองว่าสามารถใช้ในอาหารได้

อย่างปลอดภัย (generally recognized as safe, GRAS) สำหรับใช้ในอาหารประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีการใช้เพิ่มขึ้นทั่วโลก[9] มีรายงานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้น้ำแข็งเหลวโอโซน (OSI) ในปลาซาร์ดีน พบว่า ปลาซาร์ดีนมีอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 19 วัน ในขณะที่ปลาซาร์ดีนที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเหลว (SI) และน้ำแข็งน้ำจืด (FI) มีอายุการเก็บรักษา 15 และ 8 วัน ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 3[5]

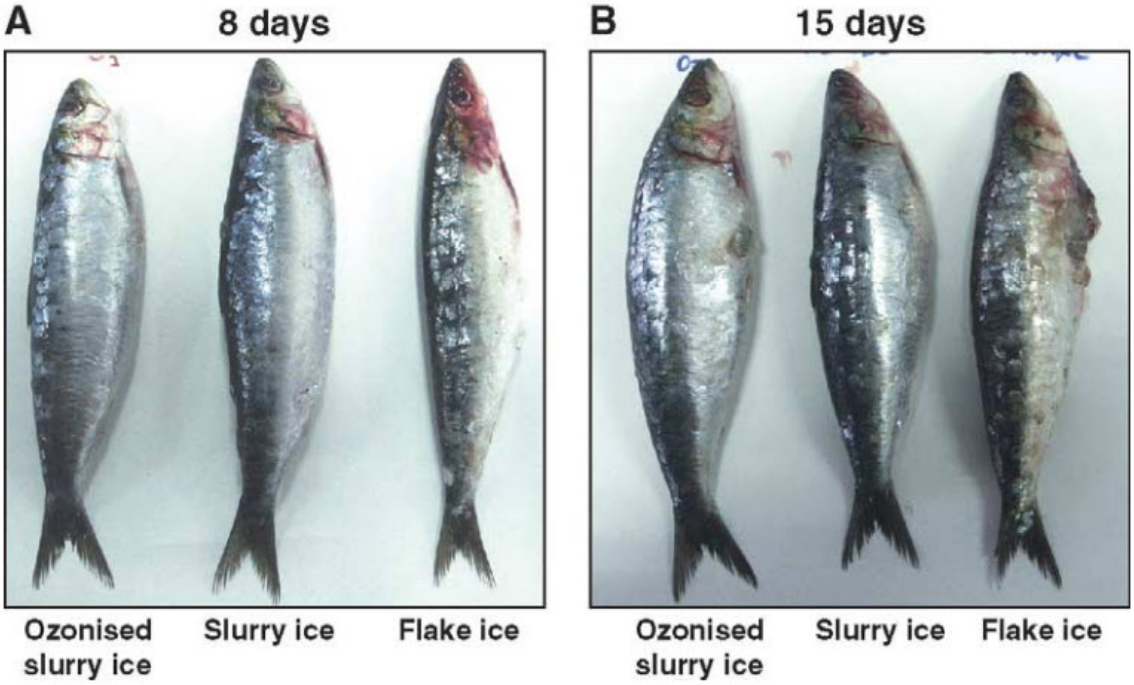


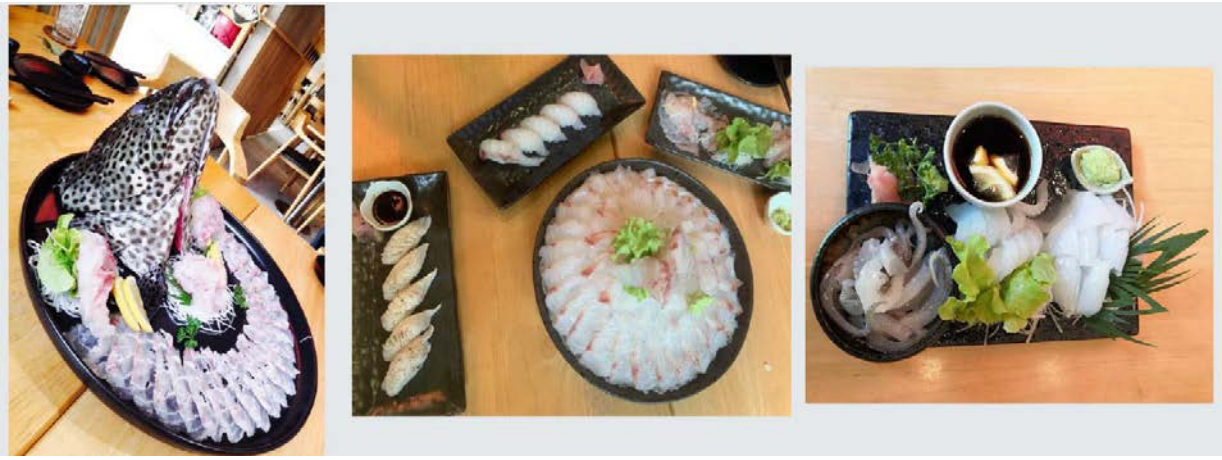
Figure 3 Sardines stored in ozonized slurry ice, slurry ice, and flake ice at 8 and 15 days[5]

มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง OSI, SI และ FI ต่ออายุการเก็บรักษาปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) พบว่า เมื่อการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ตัวอย่างที่เก็บรักษาใน OSI, SI และ FI ผู้ทดสอบให้การยอมรับในระดับคุณภาพดี คุณภาพปานกลาง และไม่ยอมรับคุณภาพ ตามลำดับ เมื่อทดสอบปริมาณจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic mesophiles, psychrotrophic bacteria, Enterobacteriaceae และ proteolytic microorganisms ของปลาที่เก็บรักษาใน OSI มีปริมาณน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับปลาที่เก็บรักษาใน FI อีกทั้งเมื่อวัดคุณภาพด้านเคมีและชีวเคมีพบว่า ปลาที่เก็บรักษาใน OSI มีการสร้าง total volatile base-nitrogen (TVB-N) และ trimethylamine-nitrogen (TMA-N) น้อยกว่าปลาที่เก็บรักษาใน FI[10] มีรายงานเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษาปลา bighead croaker (*Collichthys niveatus*) ด้วย OSI ทีมวิจัยรายงานอายุการเก็บรักษาปลาโดยพิจารณาจากเกณฑ์ด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable count; TVC) พบว่า ปลาที่เก็บรักษาใน OSI, SI และ FI จะมีปริมาณ TVC ไม่เกินข้อกำหนดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18, 15 และ 9 วัน ตามลำดับ และเมื่อทดสอบด้วย SDS–polyacrylamide gel electrophoresis

analysis และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดพบว่า OSI ช่วยชะลอการสลายตัวของ myofibrillar proteins และชะลอการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างกล้ามเนื้อปลา[11] จากผลการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำแข็งเหลวโอโซน (OSI) สามารถเก็บรักษาความสดของปลากะพงระดับซาชิมิเกรดได้นานถึง 12 วัน OSI สามารถเก็บรักษาคุณภาพของปลากะพงได้นานกว่าการใช้เกล็ดน้ำแข็ง อีกทั้งทางคณะผู้วิจัยได้ทดลองเบื้องต้นโดยใช้ OSI ในการเก็บรักษาปลาหลายชนิด เช่น ปลากุดสลาด ปลาเก๋า ปลากะพงแดง ปลากะพงทอง (อังเกย) และหมึก เพื่อนำมาทำซาชิมิ จากการทดสอบคุณภาพโดยร้านอาหารญี่ปุ่นพบว่า ปลาที่กล่าวมาข้างต้นนี้ เมื่อเก็บรักษาด้วย OSI จะยังคงคุณภาพที่สามารถนำมาทำเป็นซาชิมิในระดับการค้าได้ ดังแสดงใน Figure 4 และ Figure 5[8]

A-Sea Bass B-Red Snapper C-Coral Grouper

Figure 4 Sea bass (A), red snapper (B), and coral grouper (C), preserved in ozonized slurry ice (OSI) 12, 12, 14 days respectively



D-Grouper E-Golden Snapper F-Squid

Figure 5 Grouper (D), golden snapper (E), and squid (F), preserved in ozonized slurry ice (OSI)

ทีมวิจัยของภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์ ได้ร่วมมือกับฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ทำการทดสอบรักษาความสดในกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงในน้ำทะเล โดยทำการขนส่งจากจังหวัดพังงามายังกรุงเทพมหานครโดยใช้น้ำแข็งเหลวที่ผลิตจากน้ำทะเล จากนั้นนำกุ้งที่ได้มาแปรรูปโดยเชฟมืออาชีพของร้านอาหารญี่ปุ่น ผลที่ได้ คือ กุ้งที่ส่งมาถึงร้านมีความสด ทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติ โดยเนื้อกุ้งมีความหวานตามธรรมชาติ กลิ่นรสของกุ้งชัดเจน สามารถทำอาหารได้หลากหลายเมนู เช่น เทมปุระ ซูชิ และกุ้งย่าง ดัง Figure 6 ทุกเมนูได้รับการยอมรับด้านคุณภาพ ทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ มีสีสัน สวย สด และทางด้านประสาทสัมผัสโดยการชิมพบว่า มีกลิ่นรสชาติ และเนื้อสัมผัสที่ดี โดยผู้ทดสอบชิมที่มีประสบการณ์ในเมนูอาหารนี้เป็นอย่างดี[12]

Figure 6 Food made from black tiger prawns transported using slurry ice from sea water

บทสรุป

ตลอดเวลากว่า 20 ปี ในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง SI และ OSI ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ไม่เพียงเทคโนโลยีที่ช่วยในการระบายความร้อนแบบที่ไม่เหมือนวิธีการใด แต่ยังเป็นวิธีการรักษาคุณภาพที่ยอดเยี่ยม SI และ OSI ได้รับการยอมรับ และนำเข้ามาใช้ ในคู่มือและกฎระเบียบการจัดการปลา เช่น คู่มือเกี่ยวกับคุณภาพอุตสาหกรรมอาหารทะเล มีคำแนะนำในการใช้ SI สำหรับปลาดังนี้

- การใช้ SI สำหรับปลาบางสายพันธุ์ เช่น ปลาทูน่า ที่มีกลุ่มเป้าหมายเป็นตลาดระดับพรีเมียม

- การใช้ SI จะช่วยให้ปลาเย็นลงอย่างรวดเร็วและทั่วถึงมากขึ้น เนื่องจากมีพื้นผิวการสัมผัสที่ดีกว่าน้ำแข็งแบบดั้งเดิมกับผิวของปลา ซึ่งช่วยลดอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และรักษาคุณภาพของสินค้าไว้ได้ดี ส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำหลังจากที่จับได้เป็นระยะเวลาที่นานขึ้น สำหรับ SI มีพื้นผิวที่มากกว่าและอุณหภูมิที่สม่ำเสมอกว่าน้ำแข็งแบบดั้งเดิม ทำให้มีประสิทธิภาพในการนำความร้อนออกจากตัวปลาได้ดีกว่า

- การใช้ SI ช่วยลดการเสียหายของปลาและสัตว์น้ำ เนื่องจาก SI มีผิวสัมผัสที่อ่อนนุ่มทำให้ลดความเสียหายต่อปลา อาหารทะเล และสัตว์น้ำ โดยผิวของปลาหรือสัตว์น้ำไม่เกิดการฉีกขาดระหว่างการขนส่งเมื่อเทียบกับน้ำแข็งแบบดั้งเดิมที่ทำให้เกิดความเสียหายของสัตว์น้ำระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง

- OSI สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านเคมีและชีวเคมี ส่งผลให้ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำให้นานขึ้น และเป็นผลดีด้านความปลอดภัยในอาหารประเภทสัตว์น้ำยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Piñeiro, C., J. Barros-Velázquez and S. P. Aubourg. Effects of newer slurry ice systems on the quality of aquatic food products: A comparative review versus flake-ice chilling methods. Trends in Food Science and Technology. 2004;15(12):575-82.
2. Kauffeld, M., M. J. Wang, V. Goldstein and K. E. Kasza. Ice slurry applications. International Journal of Refrigeration. 2010;33(8):1491-505.
3. Pan, C., S. Chen, S. Hao and X. Yang. Effect of low-temperature preservation on quality changes in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: a review. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019;99(14):6121-28.
4. Lyu, F., R. Zhu, W. Tang, Y. Ding and J. Liu. Progress of ice slurry in food industry: Application, production, heat and mass transfer. International Journal of Food Science and Technology. 2022;57(2):842-55.
5. Campos, C. A., O. Rodríguez, V. Losada, S. P. Aubourg and J. Barros-Velázquez. Effects of storage in ozonised slurry ice on the sensory and microbial quality of sardine (*Sardina pilchardus*). International Journal of Food Microbiology. 2005;103(2):121-30.
6. Herland, H., M. Esaiassen, M. Cooper and R. L. Olsen. Quality of farmed Atlantic cod: Effects of season and storage. Aquaculture Research. 2010;41(8):1203-10.
7. Qing, Z. Z., K. A. Thorarinsdottir and G. Olafsdottir. Quality changes of shrimp (*Pandalus borealis*) stored under different cooling conditions. Journal of Food Science. 2005;70(7):S459-S466.
8. จุฑา มุกดาสนิท และคณะ. นวัตกรรมน้ำแข็งเหลวรักษาคุณภาพเนื้อปลาสด. [อินเทอร์เน็ต]. 14 มิ.ย. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 25 มิ.ย. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.thaipbs.or.th/program/WanmaiVariety/watch/N9xrKO
9. Kim, J. G., A. E. Yousef and S. Dave. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. Journal of Food Protection. 1999;62(9):1071-87.
10. Aubourg, S. P., V. Losada, J. M. Gallardo, J. M. Miranda and J. Barros-Velázquez. On-board quality preservation of megrim (Lepidorhombus whiffiagonis) by a novel ozonised-slurry ice system. European Food Research and Technology. 2006;223(2):232-7.
11. Chen, J., J. Huang, S. Deng and Y. Huang. Combining ozone and slurry ice to maximize shelf-life and quality of bighead croaker (Collichthys niveatus). Journal of Food Science and Technology. 2016;53(10):3651-60.
12. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง Department of Fishery Products. การประยุกต์ใช้น้ำแข็งเหลวจากน้ำทะเลรักษาคุณภาพของกุ้งลาดำ. [อินเทอร์เน็ต]. 28 มิ.ย. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 28 มิ.ย. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.facebook.com/100080103653342/posts/pfbid034foimKSkwcoTGVTVEzZmZ433sXmEN2HueMcfkLUHyvS864cGYAtCwx93c5WFvSu6l/?mibextid=cr9u03
13. Campos, C. A., V. Losada, Ó. Rodríguez, S. P. Aubourg and J. Barros-Velázquez. Evaluation of an ozone-slurry ice combined refrigeration system for the storage of farmed turbot (Psetta maxima). Food Chemistry. 2006;97(2):223-30.
14. Okpala, C. O. R. Changes in some biochemical and microbiological properties of ozone-processed shrimps: Effects of increased ozone discharge combined with iced storage. Journal of Food and Nutrition Research. 2018;57(1):48-56.

นวัตกรรมของสารเพิ่มรสชาติในอาหารลดโซเดียม

วาสนา นาราศรี

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrwsn@ku.ac.th
รับเมื่อ 20 เมษายน 2566 **แก้ไขเมื่อ** 26 มิถุนายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 13 กรกฎาคม 2566

จุดเด่น

- การลดปริมาณโซเดียมในอาหาร
- สารเพิ่มรสชาติช่วยเพิ่มความเข้มของความรู้สึกเค็ม และให้รสอูมามิในอาหารลดโซเดียม
- นวัตกรรมของสารเพิ่มรสชาติ ได้แก่ กรด ผงชูรส กรดอะมิโน สารสกัดจากยีสต์ โปรตีนไฮโดรไลเสต สารประกอบจากพืช สาหร่ายทะเล สารสกัดจากเห็ด เวย์เปปไทด์ และ 5′ นิวคลีโอไทด์

บทคัดย่อ

การบริโภคอาหารที่มีโซเดียมสูงกว่าที่ควรจะได้รับในแต่ละวัน (2,000 มิลลิกรัม) จะเพิ่มความเสี่ยงทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด และไตวาย การลดปริมาณโซเดียมในอาหารส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส การยอมรับของผู้บริโภค อายุการเก็บรักษา และการเติบโตทางเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์อาหาร สารเพิ่มรสชาติช่วยเพิ่มความรู้สึกเค็มของอาหาร แต่เป็นสารที่ไม่มีรสเค็ม ช่วยปรับสมดุลของรสเค็มและกระตุ้นตุ่มรับรสในปาก เพื่อทดแทนปริมาณโซเดียมที่ลดลง ผงชูรสเป็นสารเพิ่มรสชาติที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อเพิ่มรสชาติอูมามิ เป็นวัตถุเจือปนอาหาร มีโซเดียมเป็นองค์ประกอบ ต้องจำกัดปริมาณการใช้ให้เหมาะสม และผู้บริโภคให้การยอมรับต่ำ ตัวอย่างสารเพิ่มรสชาติที่เกิดจากนวัตกรรม ได้แก่ กรด กรดอะมิโน สารสกัดจากยีสต์ โปรตีนไฮโดรไลเสต สารประกอบจากพืช สาหร่ายทะเลที่กินได้ สารสกัดจากเห็ด เวย์เปปไทด์ และสารประกอบนิวคลีโอไทด์

คำสำคัญ : สารเพิ่มรสชาติ โซเดียมในอาหาร การลดปริมาณโซเดียม

Flavor enhancer innovation in reduced sodium foods

Wassana Narasri

Department of Nutrition and Health,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrwsn@ku.ac.th
Received 20 April 2023; **Revised** 26 June 2023; **Accepted** 13 July 2023

Highlights

- Reducing sodium content in foods
- The flavor enhancer can enhance the intensity of saltiness sensation and provides an umami taste in low sodium foods
- Innovation of flavor enhancer are acids, monosodium glutamate (MSG), amino acids, yeast extracts, hydrolyzed protein, plant-based compounds, edible seaweeds, mushroom extracts, whey peptides, and 5′nucleotides

Abstract

The highly sodium consumption, which is exceeding recommended daily intake (2,000 mg) increases the risk of hypertension, cardiovascular diseases, and kidney failure. The reducing sodium content in foods affects the sensory characteristics, consumer acceptability, shelf life, and economic growth of food products. The flavor enhancer can promote the intensity of saltiness sensation in foods, even it does not present salty taste. This enhancer shows the potential to balance the salty taste by activating taste receptors in the mouth, due to reducing sodium content. Monosodium glutamate (MSG) is the most widely used as flavor enhancer for umami taste. MSG is a food additive which releases sodium ions and the excess release. The usage is limited and the consumer acceptance is low. The innovative flavor enhancers include acids, amino acids, yeast extracts, hydrolyzed protein, plant-based compounds, edible seaweeds, mushroom extracts, whey peptides, and nucleotides.

Keywords : flavor enhancer, sodium in food, reducing sodium

บทนำ

การบริโภคอาหารที่มีโซเดียมในปริมาณสูงเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง โดยเฉพาะโรคความดันโลหิตสูงและนำไปสู่การเกิดโรคไต โรคหลอดเลือดหัวใจ และหลอดเลือดสมอง องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ลดแหล่งของโซเดียมทั้งหมดในอาหาร รวมทั้งวัตถุเจือปนอาหาร และส่งเสริมการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีปริมาณโซเดียมต่ำ คนไทยบริโภคอาหารที่มีโซเดียมสูงเกินกว่าปริมาณที่องค์การอนามัยโลกกำหนดถึง 2 เท่า หรือประมาณ 4,350 มิลลิกรัมต่อวัน ประเทศไทยจึงมีเป้าหมายที่จะลดการบริโภคเกลือและโซเดียมลงร้อยละ 30 รวมถึงโรคความดันโลหิตสูงลดลงร้อยละ 25 ภายในปี พ.ศ. 2568[1] หรือบริโภคเกลือน้อยกว่า 5 กรัม/วัน หรือโซเดียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน[2] ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างอาหารและสุขภาพมากขึ้น โดยเลือกบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่ลดปริมาณโซเดียม ในอุตสาหกรรมอาหารได้พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ผงชูรสในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปการลดปริมาณโซเดียมในอาหารมีหลายวิธีและจะแตกต่างกันไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์อาหาร กระบวนการแปรรูป และส่วนผสมอื่น ๆ ที่มีอยู่แล้วในผลิตภัณฑ์นั้น เช่น การทดแทนเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) ด้วยเกลือคลอไรด์ชนิดต่าง ๆ การใช้สารเพิ่มรสชาติ การใช้เกลือที่มีโมเลกุลของผลึกขนาดเล็ก การใช้เกลือทะเล การใช้กลิ่นรสจากเครื่องเทศและสมุนไพร การห่อหุ้มเกลือด้วยการเคลือบเกลือไว้ภายในสารอีกชนิดหนึ่ง (encapsulation) การแปรรูปอาหารด้วยเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อนทั้งกระบวนการที่ใช้ความดันสูง เทคนิคพัลส์สนามไฟฟ้า (Pulsed Electric Field, PEF) เป็นต้น

การใช้สารเพิ่มรสชาติที่มาจากธรรมชาติเพื่อลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารกลุ่มนี้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถเทียบเท่ากับคุณค่าของอาหารที่ดีต่อสุขภาพ สำหรับการใช้สารทดแทนเกลือด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์และแมกนีเซียมคลอไรด์ เป็นที่ทราบกันดีว่าสารทดแทนเกลือทั้ง 2 ชนิด มีรสขมและไม่มีรสเค็ม ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียมที่ใช้สารดังกล่าวในท้องตลาดไม่ค่อยประสบความสำเร็จ[3] ประสิทธิภาพของสารเพิ่มรสชาติจากแหล่งธรรมชาติขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดกลูตามิกอิสระ ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีน พบได้ในวัตถุดิบอาหารต่าง ๆ เช่น สาหร่ายทะเล มะเขือเทศ หน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น ให้รสอูมามิหรือรสอร่อยและกลมกล่อม นอกจากนี้ก็มีกรดแอสพาร์ติกและนิวคลีโอไทด์ที่ทำให้มีรสอูมามิ ดังนั้นส่วนผสมของอาหารที่อุดมไปด้วยกรดกลูตามิก กรดแอสพาร์ติก และนิวคลีโอไทด์จะมีแนวโน้มต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารด้านรสชาติที่ดี[4]

สารเพิ่มรสชาติที่นิยมใช้เพื่อลดปริมาณโซเดียมในอาหาร

รสชาติจะเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ และบ่งชี้แนวโน้มการเติบโตในเชิงพาณิชย์ ทำให้การลด

ปริมาณโซเดียมในอาหารจำเป็นต้องอาศัยตัวกระตุ้นการรับรส หรือสารเพิ่มรสชาติที่สามารถเปลี่ยนหรือเพิ่มการรับรสเค็มในอาหาร แต่สารนั้นไม่มีรสเค็ม การใช้สารเพิ่มรสชาติในอาหารทำให้ได้รสชาติอูมามิที่ทดแทนปริมาณโซเดียมที่ลดลง ด้วยการปรับสมดุลของรสชาติโดยรวมเป็นการกระตุ้นตุ่มรับรสในปากและเพิ่มการรับรสเค็ม โดยอันตรกิริยาระหว่างเกลือกับอูมามิ[5] สารเพิ่มรสชาติส่วนใหญ่ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียม ได้แก่ กรด ผงชูรส (โมโนโซเดียมกลูตาเมต) กรดอะมิโน สารสกัดจากยีสต์ โปรตีนไฮโดรไลเสต 5′ นิวคลีโอไทด์ สารสกัดจากเห็ด สารสกัดจากสาหร่ายทะเลที่กินได้ และเวย์เปปไทด์ เป็นต้น[6] ทั้งนี้สารสกัดต่าง ๆ สามารถเพิ่มกลิ่นรสให้ดีขึ้นได้ด้วยปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งสารเพิ่มรสชาติเหล่านี้มีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตมาอย่างต่อเนื่องที่เป็นนวัตกรรมและมีรายละเอียดดังนี้

1. กรด การใช้กรดมาลิก กรดทาร์ทาริก กรดอะดิปิก และกรดซัคซินิกปริมาณต่ำ ๆ ในอาหารสามารถช่วยเสริมการรับรู้ถึงความเค็มได้เพิ่มขึ้น สำหรับโพแทสเซียมแล็กเตตก็สามารถช่วยเพิ่มรสเค็มโดยการแปรผันความเป็นกรดและทำให้เกิดรสเปรี้ยวในอาหาร ในทำนองเดียวกันการผสมกรดแล็กติกกับกรดซิตริกก็สามารถเพิ่มการรับรสเค็มได้[7]

2. ผงชูรส หรือโมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate) เป็นเกลือโซเดียมของกรดกลูตามิก ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมากที่สุดชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาวไร้กลิ่น นำมาใช้เพื่อเพิ่มรสชาติอูมามิในอาหาร มีกระบวนการผลิตด้วยการหมักวัตถุดิบจากพืช เช่น อ้อย หัวบีท มันสำปะหลัง และข้าวโพด โดยนำวัตถุดิบไปย่อยเป็นน้ำตาลกลูโคส บรรจุใส่ถังหมักเติมจุลินทรีย์ที่ใช้กลูโคสเพื่อผลิตกรดกลูตามิก เมื่อทำให้เป็นกลางจะได้สารละลาย จากนั้นจะถูกเปลี่ยนสีและกรองเพื่อให้ได้สารละลายบริสุทธิ์ ทำการตกผลึกโดยใช้เครื่องระเหย และทำให้แห้งเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายคือผงชูรส ผงชูรสถูกนำมาใช้เพื่อลดปริมาณโซเดียม และไม่ทำให้อาหารเสียรสชาติ โดยผงชูรสมีปริมาณโซเดียม 12% ส่วนเกลือ (โซเดียมคลอไรด์) มีโซเดียมประมาณ 40% การเติมผงชูรสทดแทนเกลือในอาหารจึงทำให้ปริมาณโซเดียมลดลงในขณะที่ยังคงรสชาติไว้[8-9]

ผลกระทบของผงชูรสต่อสุขภาพพบว่า มีความเชื่อมโยงกับการเกิดไมเกรน สมาธิสั้น คลื่นไส้อาเจียน และเป็นแหล่งของโซเดียม[10] ผลของผงชูรสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสต่อสุขภาพ ทำให้เกิด oxidative stress ซึ่งเป็นภาวะที่เกิดขึ้นในขณะที่ร่างกายขาดความสมดุลระหว่างอนุมูลอิสระ (free radicals) และสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) กระตุ้นให้เซลล์เกิดการอักเสบและเสียหาย เมื่อเป็นติดต่อกันอาจจะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เป็นพิษต่อตับ และเกิดการกระตุ้นให้เกิดเนื้องอก ผงชูรสอาจเพิ่มจำนวนเกล็ดเลือดเวลาเลือดออกส่งผลต่อการแข็งตัวของเลือด อีกทั้งส่งผลเสียต่อฮอร์โมนในร่างกาย ได้แก่ เทสโทสเตอโรน เอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน นอกจากนี้ส่งผลให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจนเป็นโรคอ้วน

ทั้งนี้สามารถลดผลกระทบของผงชูรสต่อสุขภาพเหล่านี้ได้ โดยการบริโภคอาหารที่มีส่วนผสมของกระเทียม ขิง และขมิ้น รวมถึงการบริโภคอาหารที่อุดมด้วยวิตามินซี อี และสารต้านอนุมูลอิสระ[11] แต่อย่างไรก็ตามผงชูรสเป็นวัตถุเจือปนอาหารประเภทวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร ต้องจำกัดปริมาณการใช้ให้เหมาะสม ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับน้อย

3. กรดอะมิโน มีความสำคัญต่อรสชาติอาหาร โดยกรดอะมิโนแต่ละชนิดมีรสชาติที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันจะมีผลอย่างมากในการกำหนดรสชาติอาหาร ส่วนโปรตีนไม่ค่อยมีรสชาติ การเติมกรดอะมิโน เช่น ฮีสทิดีน (histidine) อาร์จินีน (arginine) ไลซีน (lysine) และอื่น ๆ มีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารโซเดียมต่ำ สามารถเพิ่มความเข้มของรสชาติเค็มได้ แต่อาจจะต้องใช้สารปรุงแต่งเพิ่มเติมเพื่อช่วยกลบรสขม นอกจากนี้ยังมีสารเพิ่มรสชาติใหม่ที่ชื่อว่า Alapyridian เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการเสริมให้รับรสเค็มและรสอูมามิได้เร็วขึ้น โดยสารชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดของกลูโคสและกรดอะลานีน (alanine)[12]

กรดอะมิโนแต่ละชนิดให้รสชาติที่โดดเด่น (Table 1) โดยรสเปรี้ยวได้จากกรดแอสปาร์ติกและกรดกลูตามิก แต่เมื่ออยู่ในรูปเกลือโซเดียมของกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิด จะให้รสชาติอูมามิ[13] รสขมของกรดอะมิโนจะอยู่ในรูปแบบ L-amino acids ที่เป็นชนิดละลายในน้ำได้ยาก (hydrophobic) โดยเฉพาะฟีนิลอะลานีน ไทโรซีน ลิวซีน ไอโซลูซีน และวารีน แต่ถ้ากรดอะมิโนเหล่านี้อยู่ในรูปแบบ D-amino acids จะทำให้มีรสหวานมากกว่ารสขม โพรลีนและไลซีนให้ทั้งรสหวานและรสขม ในขณะที่อะลานีน ไกลซีน ซีรีน และทรีโอนีนให้รสหวาน

กรดอะมิโนอิสระเหล่านี้พบในอาหารส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำ จึงไม่มีผลต่อรสชาติของอาหาร อย่างไรก็ตามปริมาณของกรดอะมิโนอิสระอาจจะเพิ่มขึ้นได้ในอาหารหมักดอง หรือโปรตีนไฮโดร-ไลเสตที่ผลิตจากการใช้เอนไซม์ หรือแม้แต่ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เมื่อกรดอะมิโนอิสระมีปริมาณมากพอถึงจะมีบทบาทสำคัญต่อรสชาติของอาหาร[14-15]

Table 1 The predominant taste of amino acid[16]

predominant taste	amino acid
sour	aspartic acid, glutamic acid, asparagine
umami	glutamic acid-Na
salty and umami	aspartic acid-Na
sweet and umami	glutamine
bitter	histidine, methionine, valine, arginine, isoleucine, phenylalanine, tryptophan, leucine, tyrosine
sweet and bitter	lysine, proline
sweet	alanine, glycine, serine, threonine

4. สารสกัดจากยีสต์ ได้จากการกำจัดผนังเซลล์ที่ไม่ละลายน้ำออก เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของส่วนที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นของเหลว หรือไซโทพลาสซึมภายในเซลล์ยีสต์ มีลักษณะสีน้ำตาลที่ประกอบด้วยโปรตีน กรดอะมิโน กลูแคน นิวคลีโอไทด์ กลุ่มวิตามินบี และแร่ธาตุ มีกระบวนการผลิตแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ การหมัก การทำให้เซลล์แตก และการแยกสารสกัด (Figure 1) การหมักเริ่มจากการนำยีสต์ที่ผ่านการคัดเลือก โดยส่วนใหญ่ใช้ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งเป็นยีสต์ที่ใช้ในกระบวนการหมักทำอาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ เช่น ขนมปัง เบียร์ หรือไวน์ อาจจะเลือกยีสต์สายพันธุ์ที่ตรงกับการใช้งานในผลิตภัณฑ์อาหาร เพราะยีสต์แต่ละชนิดให้กลิ่นรสที่แตกต่างกันออกไป เติมน้ำตาลหรือกากน้ำตาล จากนั้นหมักด้วยการควบคุมอุณหภูมิและระดับออกซิเจน เพื่อให้อัตราการเจริญเติบโตของยีสต์เหมาะสมที่สุด และป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนที่จะส่งผลต่อกลิ่นรส สิ่งที่ได้จากขั้นตอนการหมัก เรียกว่า yeast cream

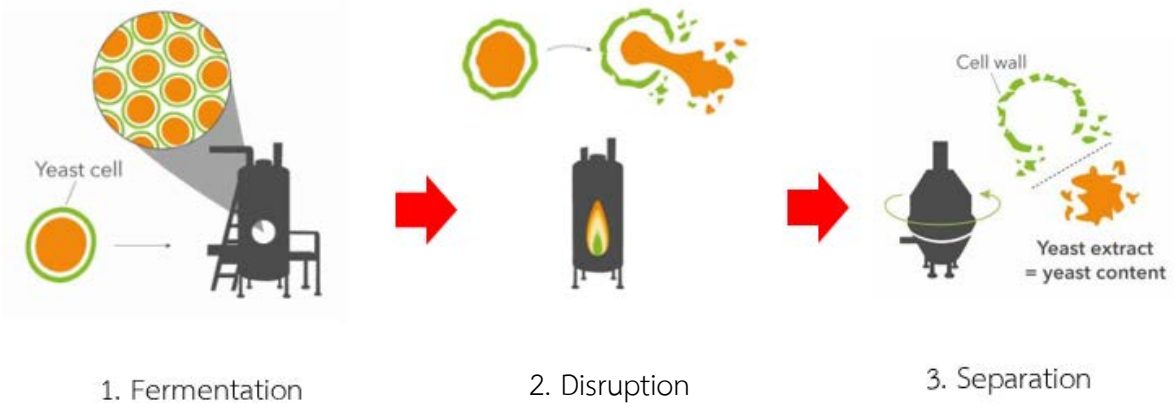


Figure 1 Yeast extracts in general are produced in three steps: fermentation, disruption and separation[17]

ขั้นตอนการทำให้เซลล์แตก ทำการหยุดการเติบโตของยีสต์ด้วยความร้อนและทำให้เย็นลง โดย yeast cream จะอยู่ในถังขนาดใหญ่ที่อุณหภูมิ 45-55 องศาเซลเซียส ในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนนี้ ผนังเซลล์จะแตกโดยเอนไซม์ภายในเซลล์ยีสต์ และปล่อยของเหลวภายในเซลล์ออกมา โมเลกุลขนาดใหญ่ของเซลล์ถูกตัดเป็นโมเลกุลที่เล็กลง เพื่อให้ได้ส่วนประกอบที่ให้รสอูมามิ ได้แก่ โปรตีน (เปปไทด์ กรดอะมิโนอิสระ เช่น กรดกลูตามิก) กรดนิวคลีอิก (กรดไรโบนิวคลีอิก) โอลิโกนิวคลีโอไทด์ นิวคลีโอไทด์ (5-inosine monophosphate และ 5-guanosine monophosphate (5-GMP) ซึ่งอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า 5-inosinate และ 5-guanylate) พอลิแซ็กคาไรด์ (น้ำตาล แมนแนน และกลูแคน) ทำการตรวจสอบการแตกตัวของยีสต์ เพื่อให้ได้ส่วนประกอบที่ให้รสอูมามิในอัตราส่วนที่ดี ซึ่งอุณหภูมิและค่า pH เป็นปัจจัยสำคัญส่งผลต่อคุณสมบัติของสารสกัดจากยีสต์ที่ได้

จากนั้นส่วนประกอบที่ให้รสอูมามิ จะถูกแยกออกจากผนังเซลล์ด้วยการหมุนเหวี่ยงและการล้าง จะได้เป็นสารสกัดจากยีสต์และส่วนใหญ่ยังคงมีสารอาหารตั้งต้นของยีสต์ สารสกัดจากยีสต์จะถูกทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยเอาน้ำออก เพื่อให้ได้สารสกัดจากยีสต์ที่ละลายน้ำได้ อาจนำไปทำให้แห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray dryer) สำหรับการเพิ่มอัตราการย่อยสลายตัวของยีสต์สามารถทำได้ ด้วยการเติมเอนไซม์ การทำให้เซลล์แตกด้วยการใช้ความดัน เป็นต้น

สารสกัดจากยีสต์ มีกลิ่นรสคล้ายกับเนื้อสัตว์ ส่วนใหญ่สารสกัดจากยีสต์จะผลิตอยู่ในรูปแบบผง ในปัจจุบันสารเพิ่มรสชาติชนิดนี้ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มกลิ่นรสและเสริมสารอาหาร โดยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป เพราะได้จากธรรมชาติ มีราคาถูกและให้รสชาติที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมสารสกัดจากยีสต์สามารถช่วยกลบรสขมของโพแทสเซียมคลอไรด์ได้และลดปริมาณเกลือ 20%

5. โปรตีนไฮโดรไลเสต เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบ เช่น เวย์โปรตีน นม ถั่วเหลือง และโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ[18] มาย่อยโปรตีนด้วยสารเคมีหรือเอนไซม์ ทำให้สายโพลีเปปไทด์ของโปรตีนถูกตัดเป็นกรดอะมิโนอิสระ หรือเปปไทด์สายสั้น ๆ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง สมบัติเชิงหน้าที่บางประการและคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนดั้งเดิม[19] โปรตีนไฮโดรไลเสตถูกนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ทั้งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มความสามารถในการละลาย การเกิดโฟม การเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ สมบัติการเกิดเจล และการใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส เพราะโปรตีนไฮโดรไลเสตมีผลต่อกลิ่นรส ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีและมีความเฉพาะ อีกทั้งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสตยังมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ

6. สารประกอบจากพืช พืชหลายชนิด เช่น เครื่องเทศ สมุนไพร พืชและผัก องุ่น และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากการผลิตไวน์ สามารถนำมาลดเกลือในอาหารได้ เครื่องปรุงรสที่ได้จากพืชเหล่านี้ให้รสชาติที่ดี และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร ให้ความคงตัว ส่งผลดีต่อสุขภาพโดยช่วยลดความดันโลหิตสูง สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในเครื่องเทศ เช่น สาร allicin ในกระเทียม สาร gingerol ในขิง สาร piperine สาร isopiperine และสาร peperamine ในพริกไทย ช่วยกระตุ้นการรับรสเค็ม และให้รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์[20] การทดแทนเกลือด้วยกระเทียมในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ พบว่า ลดปริมาณเกลือลงอย่างมีนัยสำคัญ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และนำไปสู่ระดับความดันโลหิตที่ลดลง จากผลการศึกษาวิจัยในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่เติมกระเทียมผงในอาหาร (1.5 กรัม/วัน) เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่า ความดันของเลือดสูงสุดขณะหัวใจห้องล่างบีบตัว (systolic blood pressure) และความดันเลือดที่ต่ำสุดขณะหัวใจห้องล่างคลายตัว (diastolic blood pressure) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เท่ากับ 7.6 และ 4.8 มิลลิเมตรปรอท ตามลำดับ[21]

เครื่องเทศและสมุนไพรสามารถใช้เพื่อลดปริมาณโซเดียม และเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระใน

มาการีนได้ โดยการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรผสม 2 กลุ่ม คือ A (ต้นหอม กระเทียม มาเจอร์แรม และใบไทม์) และ B (เลมอน ออริกาโน่ ใบโหระพา และใบไทม์) ในสูตรของมาการีนลดปริมาณโซเดียม 0-100% เมื่อนำมาการีนมาเป็นส่วนผสมของแครกเกอร์ และทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส (จำนวน 62 คน) พบว่า เครื่องเทศและสมุนไพรทั้งกลุ่ม A และ B สามารถใช้ลดปริมาณโซเดียมในมาการีนได้ 75% และ 50% ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ยังมีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นด้วย[22]

7. สารสกัดจากสาหร่ายทะเล เป็นอีกหนึ่งส่วนผสมที่ใช้ในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารลดปริมาณโซเดียม สาหร่ายทะเลมีส่วนประกอบของแร่ธาตุสูงจึงใช้เป็นสารทดแทนเกลือ การเติมสาหร่ายทะเลในอาหารยังก่อให้เกิดประโยชน์ทางโภชนาการหลายอย่าง เช่น เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ แคโรทีนอยด์ โอเมก้า-3 กรดไขมัน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ นอกจากนี้มีอัตราส่วนของโซเดียมต่อโพแทสเซียมในปริมาณต่ำ ทำให้เหมาะสำหรับการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง สารสกัดจากสาหร่ายทะเลต่าง ๆ เช่น sea mustard, wakame, marketed puresea และ algysalt ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ได้แก่ ไส้กรอก ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม meat emulsion และไส้กรอกชนิดที่มีส่วนผสมของเลือดหมูและธัญพืช (black pudding) โดยสารสกัดจากสาหร่ายช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างทำให้สุกและลดเกลือได้ถึง 20-30% โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีและมีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์[23-24]

8. สารสกัดจากเห็ด เห็ดที่กินได้มีกลิ่นรสเป็นเอกลักษณ์เกิดจากส่วนสำคัญหลายอย่างที่เป็นองค์ประกอบภายใน ได้แก่ น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ กรดอะมิโนอิสระ 5′ นิวคลีโอไทด์ เปปไทด์ และกรดอินทรีย์ เป็นแหล่งของสารประกอบที่ให้รสชาติอูมามิ และสารระเหยที่ให้เกิดกลิ่นหอม[25] โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เห็ดหอม (*Lentinula edodes*) จึงมีรสชาติและกลิ่นเป็นที่รู้จักทั่วไป สารประกอบที่ให้รสอูมามิมีบทบาทสำคัญในกระบวนการลดโซเดียมในอาหาร เนื่องจากช่วยเพิ่มการรับรู้รสเค็ม หลีกเลี่ยงการสูญเสียคุณภาพทางประสาทสัมผัส และทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเป็นที่ยอมรับ เห็ดที่กินได้โดยทั่วไปจึงเป็นแหล่งที่น่าสนใจสำหรับการผลิตสารสกัดจากเห็ด หรือโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ด

จากผลการศึกษาวิจัยการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ดหอม เห็ดนางรม เห็ดชิเมจิดำ และเห็ดเข็มทอง โดยใช้เอนไซม์โบรมิเลนความเข้มข้น 0.5% (m/m) ที่ pH 6.5 และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง พบว่า ได้ของเหลวที่เป็นสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสต อยู่ในช่วง 0.77–0.92% สารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ดชิเมจิดำมีสีอ่อนที่สุด ในขณะที่สารสกัดโปรตีนไฮโดร-ไลเสตจากเห็ดหอมมีสีเข้มที่สุด เมื่อนำสารสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสตจากเห็ดต่าง ๆ ไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใส่ในซุปไก่พบว่า ซุปที่ใส่โปรตีนสกัดจากเห็ดชิเมจิและเห็ดนางรม มีคะแนนเฉลี่ย

ด้านกลิ่นรส รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรควบคุมที่ไม่ใส่ผงเห็ดสกัดและไม่ใส่ผงชูรส แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเห็ดชิเมจิและเห็ดนางรมสามารถนำไปใช้เป็นสารเพิ่มรสชาติโดยให้รสอูมามิในอาหาร[26] สำหรับเห็ดฟางจัดเป็นเห็ดเศรษฐกิจ ที่นิยมรับประทานไม่ต่างจากเห็ดนางฟ้า เห็ดหอม และเห็ดนางรม ที่สำคัญเห็ดฟางมีรสชาติอูมามิสูงกว่าเห็ดอื่น ๆ โดยเฉพาะเห็ดในระยะเจริญเต็มที่หรือดอกเห็ดบาน (Table 2)

Table 2 Equivalent Umami Concentration (EUC) for fruit bodies[27]

fruit bodies	EUC (% dry wt)
Volvariella volvacea (flat cap)	4,465
Volvariella volvacea (stipe elongated)	2,593
Volvariella volvacea (volva broken)	2,198
Volvariella volvacea (egg shape)	1,181
Agaricus bisporus (Tainung 3)	1,144
Volvariella volvacea (bell shape)	1,048
Pleurotus citrinopileatus	511
Flammulina velutipes (yellow)	363
Hypsizygus marmoreus	272
Agrocybe cylindracea (brown)	164
Flammulina velutipes (white)	139
Agaricus blazei	136
Lentinus edodes	132

9. เวย์เปปไทด์ สามารถใช้เป็นสารทดแทนเกลือ และเป็นส่วนผสมเชิงหน้าที่ในอาหาร การเติมเวย์เปปไทด์ ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวสามารถลดความดันโลหิตสูงได้ เพราะยับยั้งเอนไซม์ angiotensin-converting enzyme (ACE) ที่จะเปลี่ยน angiotensin I เป็น angiotensin II อีกทั้งเป็นแหล่งของกรดอะมิโนจำเป็น รวมถึงกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว นอกจากนั้นการใช้เวย์เปปไทด์ความเข้มข้นต่ำ (2%) สามารถลดปริมาณเกลือลงได้ 30% โดยไม่ส่งกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส[24]

10. สารประกอบนิวคลีโอไทด์ เป็นสารประกอบที่เกิดจากน้ำตาลจับกับเบสด้วยพันธะไกลโคไซด์ และจับอยู่กับหมู่ฟอสเฟตด้วยพันธะเอสเทอร์ (ester bond) ตำแหน่งในโมเลกุลของน้ำตาลไรโบสและดีออกซีไรโบส สามารถเกิดพันธะเอสเทอร์กับกรดฟอสฟอริกได้หลายตำแหน่ง ถ้าเป็นน้ำตาลไรโบสจะเกิดได้ที่ตำแหน่ง 2′, 3′ และ 5′ หากเป็นน้ำตาลดีออกซีไรโบสจะเกิดได้เฉพาะที่ตำแหน่ง 3′ และ 5′ เท่านั้น สารประกอบนิวคลีโอไทด์แบ่งเป็น 2 ชนิด ตามน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ คือ ไรโบนิวคลีโอไทด์ (ribonucleotide)

และดีออกซีไรโบนิวคลีโอไทด์ (deoxyribonucleotide) นิวคลีโอไทด์ชนิด 5′-นิวคลีโอไทด์ ได้แก่ guanosine 5′–monophosphate (5′-GMP) และ inosine 5′–monophosphate (5′-IMP) สารประกอบนิวคลีโอไทด์จัดเป็นวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร โดยมีลักษณะเป็นผลึก ผงสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสชาติเป็นเอกลักษณ์ที่เฉพาะ และละลายน้ำได้ ปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร

การทำให้สารเสริมรสชาติมีกลิ่นรสเพิ่มขึ้น

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ถูกนำมาใช้เพื่อให้สารเสริมกลิ่นรสมีสี มีกลิ่นรสที่เพิ่มขึ้น มีคุณค่าทางโภชนาการ มีองค์ประกอบของโซเดียมต่ำ และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปฏิกิริยาเมลลาร์ดมีปัจจัยสำคัญในการสร้างกลิ่นรส คือ กรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์[28] ทำให้เกิดสารระเหย เช่น intermediate products, browning products และ fluorescent products พร้อมกับการก่อตัวของสารที่ให้กลิ่นรสเพิ่มขึ้น

การใช้สารเพิ่มรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียม

เป็นที่ทราบกันดีว่าสารเพิ่มรสชาติมีบทบาทต่อผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียมที่ทำให้รสชาติดีขึ้น และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยในแต่ละผลิตภัณฑ์อาหารจะใช้สารเพิ่มรสชาติที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของอาหาร กระบวนการผลิต และรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ผลการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการใช้สารเพิ่มรสชาติที่มีชนิด และปริมาณแตกต่างกันในแต่ละผลิตภัณฑ์อาหาร (Table 3) เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกสารเพิ่มรสชาติให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหาร และสามารถนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเดียวกันเพื่อผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ต่อไป เช่น ผลิตภัณฑ์ salted meat ที่ทดแทนเกลือบางส่วนในสูตรด้วยสารสกัดจากยีสต์ และไลซีนมีรสชาติตกค้างในปากน้อยลง ผลิตภัณฑ์กะปิลดโซเดียมด้วยวิธีการทดแทนเกลือบางส่วนด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ นอกจากปริมาณโซเดียมลดลงยังมีผลให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันลดลงด้วย

Table 3 Flavor enhancers applied in low sodium foods

food product	implementation	inferences	references
salted meat	partial replacement of NaCl by $CaCl_2$, KCl, lysine, and yeast extracts	significantly reduced the level of sodium content and the addition of yeast extracts and lysine minimized the after taste of sodium alternatives	(3)
frankfurter	partial replacement of NaCl with KCl, $CaCl_2$ and garlic derivatives	no significant difference in sensory characteristics was observed when compared to control and permitted reduction up to 50%	(29)

Table 3 (ต่อ)

food product	implementation	inferences	references
cheese crackers	complete replacement of regular salt with salt crystals of 1.5 μm particle size obtained by nano-spray drying techniqu	enhanced the saltiness perception, lowered the yeast counts and diminished the mold counts, and indicated nearly 25–50% salt reduction	(30)
cheese	use of different polysaccharides to influence the salt release	the addition of sodium alginate and low acyl gellan modified the casein network, texture, and porosity that influenced salt release	(31)
cooked rice	partial replacement of NaCl with KCl, MSG, and garlic	salt spice mix reported the feasibility of 50% NaCl replacement even though the samples reported decreased saltiness intensity and umami taste	(32)
tomato soup	reduction by combining KCl and amino acids	the flow behavior of soup with salt substitutes showed similar results to the reference sample. However, no formulations were significantly increased the saltiness perception	(33)
ham	yeast extract (2 g/kg) and glycine (1.6 g/kg) were used as flavor enhancers	reduction in sodium salt content was 22%. No significant differences existed between intensity sensory attributes and instrumental characteristics, and the mean overall acceptability was 8.7% higher	(34)
kapi	KCl (57 and 114 g/kg) was used as sodium salt alternative	reduction in sodium salt content was 25% and 50%. The lipid oxidation reduced by around 41%	(35)
beef patties (1.3% salt)	salt reduction 50% and 75% by *Lentinula edodes* water extract (5%, 12.5% and 20%)	extract (20%) was effective as taste enhancer in salt reduction of 50% with better acceptance incolor, aroma, texture, flavor, and overall impression	(36)

คุณภาพของอาหารได้รับการประเมินโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างกัน เพื่อระบุลักษณะเฉพาะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส โดยส่วนใหญ่ใช้การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพราะแสดงให้เห็นถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหาร อย่างไรก็ตามการทดสอบทางประสาทสัมผัสมักได้รับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกต่าง ๆ สภาวะร่างกาย และสภาพจิตใจของผู้ทดสอบ จึงต้องใช้ผู้

ทดสอบจำนวนมากเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ[37] ดังนั้นการประเมินรสชาติของอาหารแบบไม่มีอคติและรวดเร็วมีความสำคัญมากซึ่งอาจจะใช้วิธีการหาช่วงความเข้มข้นของรสชาติในผลิตภัณฑ์อาหารด้วยเครื่องตรวจสอบรสชาติ (electronic tongue) เพื่อควบคุมคุณภาพด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์อาหาร[38]

บทสรุป

โซเดียมเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย และควรได้รับในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อเป็นผลดีต่อสุขภาพ แต่หากร่างกายได้รับปริมาณโซเดียมมากเกินไป จะมีผลต่อการเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการเลือกรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพ และจากคำแนะนำขององค์การอนามัยโลกในการบริโภคอาหารให้มีโซเดียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน จึงทำให้ภาคอุตสาหกรรมอาหารพยายามปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารที่มีอยู่ให้มีปริมาณโซเดียมลดลง สารเพิ่มรสชาติมีความสำคัญมากต่อกระบวนการลดโซเดียมในอาหาร การวิจัยและพัฒนาสารเพิ่มรสชาติให้มีสีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีองค์ประกอบของโซเดียมต่ำ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้จริง ปลอดภัย และราคาไม่แพง โดยสารเพิ่มรสชาติจากแหล่งวัตถุดิบธรรมชาติที่ผู้บริโภคให้การยอมรับอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์อาหารลดโซเดียมเป็นเพียงส่วนหนึ่งที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายตามคำแนะนำดังกล่าว ดังนั้นจะต้องอาศัยหลายวิธีรวมกันทั้งการพัฒนากระบวนการแปรรูปอาหาร การใช้เทคโนโลยีในการลดโซเดียม และการให้ความรู้กับผู้บริโภคเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพของการบริโภคอาหารโซเดียมสูง

เอกสารอ้างอิง

1. อรรถเกียรติ กาญจนพิบูลวงศ์, ภานุวัฒน์ คำวังสง่า, สุธิดา แก้วทา, บรรณาธิการ. รายงานสถานการณ์โรค NCDs เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง 2562. [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพ ฯ: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2563 [เข้าถึงเมื่อ 5 ม.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://cutt.ly/UBI0Td6
2. World Health Organization (WHO). Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2013-2020 [Internet]. 2013 [cited 2023 Jan 10]. Available from: https://www.who.int/publications/i/item/9789241506236
3. Vidal VAS, Paglarini CS, Freitas MQ. Coimbra LO, Esmerino EA, Pollonio MAR, *et al.* Q Methodology: An interesting strategy for concept profile and sensory description of low sodium salted meat. Meat Science. 2020;161.
4. Wang S, Tonnis BD, Wang ML, Zhang S, Adhikar K. Investigation of Monosodium Glutamate Alternatives for Content of Umami Substances and Their Enhancement Effects in Chicken Soup Compared to Monosodium Glutamate. Journal of Food Science. 2019.
5. Beeren C, Groves K, Titoria PM. Reducing salt in foods. Woodhead Publishing; 2019.
6. Wang S, Adhikari K. Consumer perceptions and other influencing factors about monosodium glutamate in the United States. J. of Sensory Studies, 2018;33, e12437.
7. Hsueh C, Tsai M, Liu T. Enhancing saltiness perception using chitin nano fibers when curing tilapia fillets. 2017;86:93–8.
8. อรุณี อนุดล. การใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมต. วารสารโภชนาการ. 2565;57(2)63-78.

9. ผงชูรสคืออะไรและทำอย่างไร [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 5 ม.ค. 2566]. เข้าถึงได้จาก https://www.ajinomoto.com/th/msg/what-is-msg-and-how-is-it-made
10. Kilcast D, Angus F. Reducing salt in foods: Practical strategies. Elsevier. 2007.
11. Airaodion AI, Ogbuagu EO, Osemwowa EU, Ogbuagu U, Esonu CE, Agunbiade AP, *et al*. Toxicological Effect of Monosodium Glutamate in Seasonings on Human Health. Global Journal of Nutrition & Food Science. 2019;1(5):1-9.
12. Soldo T, Frank O, Ottinger H, Hofmann T. Systematic studies of structure and physiological activity of alapyridaine. A novel food-born taste enhancer. Molecular Nutrition & Food Research. 2004;48(4):270-81.
13. Linden G, Lorient D. Amino acids and peptides. In*:* G Linden, D Lorient, editors. New Ingredients in Food Processing. Biochemistry and Agriculture;1999.p.315-36.
14. Kato H, Rhue MR, Nishimura T. Role of free amino acids and peptides in food taste. In: Teranishi R, Buttery RG, Shahidi F, editors. Flavor Chemistry Trends and Developments;1989.p.158-74.
15. Itou K, Kobayashi S, Ooizumi T, Akahane Y. Changes of proximate composition and extractive components in *narezushi*, a fermented mackerel product, during processing. Fish Sci. 2006;72(6):1269-76.
16. Fuke S. Taste - active components of seafoods with special reference to umami substances. In: F Shahidi, JR Botta, editors. Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality;1994.p.115-39.
17. Biospringer by resaffre. How to make yeast extract [Internet] . [cited 2023 Apr 12] . Available from: https://biospringer.com/en/how-to-make-yeast-extract/
18. Neklyudov AD, Ivankin AN, Berdutina AV. Properties and uses of protein hydrolysates. Appiled Biochemistry and Microbiology. 2000;36:452-9.
19. ทิพย์วลี จุลมัญลิก และศศิธร คงเรือง. สมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้โปรตีนไข่ขาวไฮโดรไลเสต. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 2562;14(1):69-87.
20. Szallasi A, Cortright DN, Blum CA, Eid SR. The vanilloid receptor TRPV1: 10 years from channel cloning to antagonist proof-of-concept. Nature Reviews Drug Discovery. 2007;6(5):357-72.
21. Nugrahani G, Afifah DN. Effect of garlic as a spice on salt preferences of hypertensive individuals. Pakistan Journal of Nutrition. 2016;15(7):633-8.
22. Lopes CO, Barcelos MFP, Dias NAA, Carneiro JDS, Abreu WC. Effect of the addition of spices on reducing the sodium content and increasing the antioxidant activity of margarine. Food Science and Technology. 2014;58:63-70.
23. Triki M, Khemakhem I, Trigui I, Salah RB, Jaballi S, Ruiz-Capillas C, *et al*. Free-sodium salts mixture and AlgySalt®use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population. Meat Science. 2017;133:194-203.
24. Vinitha K, Sethupathy P, Moses JA, Anandharamakrishnan C. Conventional and emerging approaches for reducing dietary intake of salt. Food Research International. 2022;152, 110933.
25. Harada-Padermoa SS, Dias-Facetob LS, Selanic MM, Alvimd ID, Flohe EIS, Macedoe AF, *et al.* Umami Ingredient: Flavor enhancer from shiitake (Lentinula edodes) byproducts. Food Research International. 2020;137,109540.
26. Ang SS, Rashedi M, Fitry I. Production of Different Mushroom Protein Hydrolysates as Potential Flavourings in Chicken Soup Using Stem Bromelain Hydrolysis. Food Technol. Biotechnol. 2019;57(4):472-80.
27. Mau JL. The Umami Taste of Edible and Medicinal Mushrooms. International Journal of Medicinal Mushrooms. 2005;7:119-25.
28. Su G, Zheng L, Cui C, Yang B, Ren J, Zhao M. Characterization of antioxidant activity and volatile compounds of Maillard reaction products derived from different peptide fractions of peanut hydrolysate. Food Res Int. 2011;44:3250-8.

29. Horita CN, Barbosa TS, Esmerino EA, Cruz AG, Bolini HMA, Meireles MAA, *et al*. The antimicrobial, antioxidant and sensory properties of garlic and its derivatives in Brazilian low-sodium frankfurters along shelf-life. 2016;84:1-8.
30. Moncada M, Astete C, Sabliov C, Olson D, Boeneke C, Aryana K. Nano spray-dried sodium chloride and its effects on the microbiological and sensory characteristics of surface-salted cheese crackers. Journal of Dairy Science, 2015;98.
31. Benjamin O, Shpigelman A, Rytwo G. Utilization of polysaccharides to modify salt release and texture of a fresh semi hard model cheese. Food Hydrocolloids. 2017.
32. Rodrigues DM, de Souza VR, Mendes JF, Nunes CA, Pinheiro ACM. Microparticulated salts mix: An alternative to reducing sodium in shoestring potatoes. LWT - Food Science and Technology, 2016;69:390-9.
33. Akgun B, Genc S, Cheng Q, Isik O. Impacts of sodium chloride reduction in tomato soup system using potassium chloride and amino acids. 2019;(2):93-8.
34. Delgado Pando G, Allen P, Kerry JP, O'Sullivan MG and Hamill RM. Optimising the acceptability of reduced-salt ham with flavourings using a mixture design. Meat Sci. 2019;156:1-10.
35. Nitipong J. Effects of low sodium chloride substitutes on physico-chemical and sensory properties of Kapi, a fermented shrimp paste, during fermentation. J. Microbiol., Biotechnol. Food Sci. 2020;9(4):695-9.
36. Mattar TV, Gonçalves CS, Pereira RC, Faria MA, Souza VR, Carneiro JDS. A shiitake mushroom extract as a viable alternative to NaCl for a reduction in sodium in beef burgers: A sensory perspective. Br. Food J. 2018;120:1366-80.
37. Yang Y, Chen Q, Shen C, Zhang S, Gan Z, Hu R, *et al*. Evaluation of monosodium glutamate, disodium inosinate and guanylate umami taste by an electronic tongue. Journal of Food Engineering. 2013;116(3):627-32.
38. Wang K, Zhuang H, Bing F, Chen D, Feng T, Xu Z. Evaluation of eight kinds of flavor enhancer of umami taste by an electronic tongue. Food Sci Nutr. 2021;9:2095-104.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

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

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

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาพิมพ์ในวารสารแยกเป็น 2 ประเภท

1. บทความวิจัย (Research article)

1.1 Research article : เป็นงานเสนอผลการวิจัย ที่ผู้เขียนและคณะเป็นผู้ดำเนินการศึกษาวิจัย

2. บทความวิชาการ (Review article)

2.1 Review article : บทความลักษณะการรวบรวมและทบทวนวรรณกรรม รวมถึงการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอออภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

การเตรียมบทความต้นฉบับเพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

1. บทความวิจัย (Research article)

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

1.2 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและอังกฤษ ควรกะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นต้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

1.3 ชื่อ สกุล ผู้เขียน (Author) Email และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

1.4 จุดเด่น (Highlights) ของบทความวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 3-5 หัวข้อ

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

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

1.7 เนื้อหา (Text) ควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

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

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

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

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

หมายเหตุ: ผลการทดลองและวิจารณ์สามารถรวมเป็นหัวข้อเดียวกันได้

(5) สรุป (Conclusion) เป็นการสรุปสาระสำคัญและแนวทางที่จะนำผลไปใช้ประโยชน์ รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยในอนาคต

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

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

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

1.8 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือ แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย

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

1.10 บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิลม์ สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

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

2. บทความวิชาการ (Review article)

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

2.2 ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นต้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

2.3 ชื่อ สกุล ผู้เขียน (Author) Email และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.4 จุดเด่น (Highlights) ของบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 3-5 หัวข้อ

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

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

2.7. เนื้อหา ประกอบด้วย คำนำ เนื้อเรื่อง และบทสรุป

2.7.1 คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **Table** เช่น **Table 1** Effect of... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **Figure** เช่น **Figure 1** Effect of... แล้วต่อท้ายด้วยหมายเลขเอกสารอ้างอิง กำหนดให้ชื่อและเนื้อหาของตารางและรูปภาพเป็นภาษาอังกฤษ หากมีหมายเหตุท้ายรูปหรือตารางให้ใช้คำว่า **Note:**

2.7.2 คำภาษาอังกฤษที่ใช้บรรยายในเนื้อความ ให้ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ คำย่อ ถ้าคำภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

2.7.3 กรณีที่มีการอ้างอิงในส่วนเนื้อหาเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล ให้ใช้รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style)

2.8 เอกสารอ้างอิงให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง**

2.9 บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิลม์ สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

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

การเขียนเอกสารอ้างอิง

เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งผู้อ่านสามารถไปสืบค้นเอกสารที่มาได้

การเขียนเอกสารอ้างอิงใช้รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style)

รูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style) โดยการอ้างอิงประกอบด้วย 2 แบบ คือ การอ้างอิงในเนื้อหาและการอ้างอิงท้ายบทความ

การอ้างอิงในเนื้อหา รูปแบบแวนคูเวอร์จะใช้การอ้างอิงระบบลำดับหมายเลข โดย

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

ตัวอย่างการอ้างอิงในส่วนของเนื้อความ

การอ้างอิงที่ผู้เขียนเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหา ให้ใส่ตัวเลขลำดับการอ้างอิงตามหลังชื่อผู้เขียน

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

การอ้างอิงที่ผู้เขียนไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหา ให้ใส่ตัวเลขลำดับการอ้างอิงตามหลังข้อความที่อ้างอิง

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

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

การอ้างอิงท้ายบทความ

การอ้างอิงที่อยู่ท้ายบทความหรือที่เรียกว่า เอกสารอ้างอิง (References) มีหลักการอ้างอิงดังนี้

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

ตัวอย่างการอ้างอิงจากวารสารในส่วนท้ายบทความ

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

ตัวอย่างการอ้างอิงจากหนังสือในส่วนท้ายบทความ

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

หลักเบื้องต้นในการอ้างอิงข้อมูลแต่ละส่วน

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

1.1 กรณีเป็นผู้แต่งเป็นคนไทย ให้ใช้ชื่อและนามสกุลตามลำดับ โดยเว้น 1 วรรค

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพุทธกุล. รชฏ ขำบุญ.

1.2 กรณีเป็นผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ใช้ชื่อสกุลขึ้นก่อน เว้น 1 วรรค ตามด้วยอักษรย่อของชื่อตัวและชื่อกลางโดยไม่ต้องเว้นวรรคหรือมีเครื่องหมายใดใดคั่น

ตัวอย่าง Chin YL. Guth LM.

1.3 กรณีที่ผู้แต่งมีจำนวนมากกว่า 1 คน

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

ตัวอย่าง เปมิกา สิทธิพุทธกุล, รชฏ ขำบุญ, วิลาศิณี เกิดสมบุญ.

Rüfer CE, Kulling SE, Guth LM.

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

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

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

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

ตัวอย่าง คณะกรรมการอาหารและยา

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

1.5 ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ให้ใช้ชื่อหนังสือหรือชื่อบทความแทนตำแหน่งชื่อผู้แต่ง

ตัวอย่าง 84 เมนู อาหารผู้สูงอายุเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร;2555.

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

2. ชื่อหนังสือ/ ชื่อวารสาร/ ชื่อบทความ

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

ตัวอย่าง 84 เมนู อาหารผู้สูงอายุเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร;2555.

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

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

2.2 ชื่อวารสาร กรณีเป็นวารสารภาษาไทย ให้ใช้ชื่อตามที่ปรากฏ กรณีเป็นวารสารภาษาอังกฤษ ให้ใช้ชื่อย่อ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5. เมืองที่พิมพ์

5.1 ใส่ชื่อเมืองที่สำนักพิมพ์ตั้งอยู่ หากมีชื่อเมืองมากกว่า 1 ชื่อ ให้ใช้ชื่อเมืองแรก ตามด้วยเครื่องหมายทวิภาค (:)

5.2 กรณีที่ชื่อเมืองไม่เป็นที่รู้จัก ให้ใส่ชื่อรัฐหรือประเทศไว้ในวงเล็บกลมตามหลังชื่อเมือง

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

ตัวอย่าง	กรุงเทพฯ:	[ม.ป.ท.]:
	New York:	[place unknown]:

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

กรณีสำนักพิมพ์เป็นหน่วยงานที่มีทั้งหน่วยงานใหญ่และหน่วยงานย่อย ให้ใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) หลังชื่อหน่วยงานใหญ่ เว้น 1 วรรค แล้วตามด้วยชื่อหน่วยงานย่อย

6.1 กรณีไม่ปรากฏสำนักพิมพ์: ใช้ชื่อสถาบันที่ผู้แต่งสังกัดแทน

6.2 กรณีไม่ปรากฏหน่วยงานใด ๆ: ให้ลงชื่อโรงพิมพ์ที่พิมพ์หนังสือนั้น โดยระบุคำว่า “โรงพิมพ์” ไว้ด้วย

6.3 กรณีเป็นสิ่งพิมพ์รัฐบาล: ให้ลงชื่อหน่วยราชการที่รับผิดชอบเป็นสำนักพิมพ์ แม้ว่าในหนังสือจะมีการระบุชื่อสำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์ก็ตาม

6.4 กรณีที่ชื่อสำนักพิมพ์เป็นชื่อเดียวกับชื่อผู้แต่ง ให้เขียนย่อ เช่น

ชื่อผู้แต่ง คือ กระทรวงการคลัง สำนักพิมพ์ให้ใส่ว่า กระทรวง

ชื่อผู้แต่ง คือ American Occupational Therapy Association สำนักพิมพ์ให้ใส่ว่า The Association

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

ตัวอย่าง สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง;

สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย;

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะอุตสาหกรรมเกษตร;

[ม.ป.พ.];

Williams & Wilkins;

Mcgraw-Hill, Health Professions Division;

7. ปีพิมพ์

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

7.2 หากไม่มีปีพิมพ์ ให้ใส่ปีลิขสิทธิ์ได้ โดยใส่ “c” กำกับไว้ด้วย เช่น c2022 เป็นต้น

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

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

8. ปี เดือน เล่มที่ และฉบับที่ ของวารสาร

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

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

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

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

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

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

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

ตัวอย่าง หน้า 7-29 ให้ใส่ 7-29.
หน้า 980-983 ให้ใส่ 980-3.
หน้า 325A-329A ให้ใส่ 325A-329A.
หน้า 20-29 ให้ใส่ 20-9.
หน้า xi-xii ให้ใส่ xi-xii.
หน้า 2, 4, 7 ให้ใส่ 2, 4, 7.

10. การระบุความเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนรายการอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้เขียนตามประเภทของเอกสารนั้น ๆ และเพิ่มเติมข้อมูลที่แสดงความเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์หลัก ๆ 3 ส่วน ได้แก่

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

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

กรณีที่แหล่งข้อมูลมีการแจ้งวันที่ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด สามารถเพิ่มข้อมูลดังกล่าวไว้ในวงเล็บเหลี่ยมข้างต้น โดยให้ระบุเพิ่มไว้ด้านหน้า ตามด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) เว้น 1 วรรค ดังนี้ [ปรับปรุงเมื่อ วัน เดือน ปี; เข้าถึงเมื่อ วัน เดือน ปี] สำหรับภาษาไทย หรือ [updated ปี เดือน วัน; cited ปี เดือน วัน] สำหรับภาษาอังกฤษ

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

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

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

การอ้างอิงตามประเภทของเอกสาร

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

หนังสือ

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

ตัวอย่าง

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

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

หนังสือที่มีทั้งผู้แต่งและบรรณาธิการหรือผู้แปล

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

ตัวอย่าง

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

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

หนังสือที่มีเฉพาะบรรณาธิการ

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

ตัวอย่าง

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

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

หนังสือรวมบทความ

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

ตัวอย่าง

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

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

บทความวารสาร

1. วารสารที่ใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี

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

ตัวอย่าง

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

2. วารสารที่ไม่ได้ใช้เลขหน้าต่อเนื่องกันทั้งปี

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

*กรณีเป็นวารสารภาษาไทย ให้ใส่วัน (ถ้ามี) เดือน ปีที่พิมพ์

ตัวอย่าง

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

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

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

ตัวอย่าง

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

ปริญญานิพนธ์

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

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

ตัวอย่าง

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

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

หนังสือประกอบการประชุม/รายงานการประชุม

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

*กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ประชุม

ตัวอย่าง

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

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

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

บทความที่นำเสนอในการประชุม

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

*กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใส่วัน เดือน ปีที่ประชุม

ตัวอย่าง

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

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

สิทธิบัตร

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

*กรณีเป็นภาษาไทย ให้ใส่วัน เดือน ปีที่จดสิทธิบัตร

ตัวอย่าง

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

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

พจนานุกรม

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

ตัวอย่าง

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

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

เอกสารอิเล็กทรอนิกส์

การเขียนรายการอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ให้เขียนตามประเภทของเอกสารนั้น ๆ และเพิ่มเติมข้อมูลที่แสดงความเป็นเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่

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

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

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

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์

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

ตัวอย่าง

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

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

บทความวารสารอิเล็กทรอนิกส์

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

ตัวอย่าง

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

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

ปริญญานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์

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

ตัวอย่าง

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

เว็บไซต์

1. อ้างอิงทั้งเว็บไซต์

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

ชื่อผู้แต่ง หมายถึง บุคคลหรือหน่วยงานที่จัดทำเว็บไซต์ หากไม่ปรากฏข้อมูลหรือเป็นชื่อเดียวกับเว็บไซต์ สามารถใส่ชื่อเว็บไซต์ แทนได้

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

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

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

ปรับปรุงเมื่อ/updated หมายถึง วันที่ปรับปรุงเว็บไซต์ (ถ้ามี)

ตัวอย่าง

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

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

2. อ้างอิงบางส่วนของเว็บไซต์

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

การระบุเลขหน้า

1. กรณีเป็นเอกสารในรูป PDF หรือมีแสดงเลขหน้า: ใส่เลขหน้าตามหลักเบื้องต้นในการระบุเลขหน้า เช่น น. 427-78. หรือ p. 23-42.
2. กรณีไม่มีการแสดงเลขหน้า:
    2.1 ระบุจำนวนหน้า ย่อหน้า หรือบรรทัด ตามที่สามารถประมาณได้ เช่น [about 2 screens]. หรือ [ประมาณ 6 น.]. หรือ [10 paragraphs]. หรือ [5 ย่อหน้า]. เป็นต้น
    2.2 กรณีที่มีการพิมพ์ผลออกมาเป็นเอกสาร สามารถระบุตามจำนวนหน้าที่พิมพ์ผลออกมา เช่น [about 12 p.]. หรือ [ประมาณ 3 น.]. เป็นต้น

ตัวอย่าง

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

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

ฐานข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต

1. ฐานข้อมูลแบบเปิด

หมายถึง ฐานข้อมูลที่ยังมีการปรับเพิ่มข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

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

การอ้างอิงแต่ละส่วน ใช้หลักเดียวกับเว็บไซต์ ยกเว้น

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

ตัวอย่าง

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

2. ฐานข้อมูลแบบปิด

หมายถึง ฐานข้อมูลที่ไม่มีการปรับเพิ่มข้อมูลใดใดแล้ว

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

การอ้างอิงแต่ละส่วน ใช้หลักเดียวกับฐานข้อมูลแบบเปิด ยกเว้นปีพิมพ์ ให้ใส่ปีเริ่มต้นและปีสุดท้ายที่มีการปรับเพิ่มข้อมูลของฐานข้อมูล

ตัวอย่าง

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

บล็อก

1. อ้างอิงทั้งบล็อก

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

การอ้างอิงแต่ละส่วน ใช้หลักเดียวกับเว็บไซต์ ยกเว้นปีพิมพ์

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

ตัวอย่าง

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

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

2. อ้างอิงบางส่วนของบล็อก

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

ตัวอย่าง

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

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

การใช้รูปภาพจากบทความ

ผู้เขียนต้องตรวจสอบลิขสิทธิ์ก่อนการใช้งานทุกรูปภาพที่มีการอ้างอิง โดยตรวจสอบจากสัญญาอนุญาตครีเอทีฟคอมมอนส์ ดังนี้

Attribution CC – BY ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มา

Attribution CC – BY -SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตเดียวกัน

Attribution CC – BY -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มา แต่ห้ามดัดแปลง

Attribution CC- BY -NC ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ ห้ามใช้เพื่อการค้า

Attribution CC- BY – NC – SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามใช้เพื่อการค้าและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตชนิดเดียวกัน

Attribution CC- BY – NC -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามดัดแปลงและห้ามใช้เพื่อการค้า

จริยธรรมในการตีพิมพ์ของวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของบรรณาธิการ

1. บรรณาธิการมีหน้าที่ดำเนินการตรวจสอบเนื้อหาและคุณภาพของบทความทุกเรื่องที่ส่งมาเพื่อรับการพิจารณาตีพิมพ์กับวารสาร โดยต้องพิจารณาความสำคัญ ความเกี่ยวข้องกับขอบเขตและวัตถุประสงค์ของวารสาร เพื่อความถูกต้องของวารสาร
2. บรรณาธิการต้องพิจารณาคุณภาพบทความภายใต้หลักเกณฑ์ทางวิชาการเป็นหลักในการคัดเลือกบทความโดยปราศจากอคติต่อผู้นิพนธ์บทความ และไม่ใช้ความสัมพันธ์ส่วนบุคคลในการตอบรับหรือปฏิเสธการตีพิมพ์
3. กระบวนการประเมินบทความ บรรณาธิการต้องตรวจสอบการคัดลอกผลงานของบทความ (plagiarism) หากตรวจพบการคัดลอกผลงานจะต้องระงับการประเมิน และติดต่อผู้นิพนธ์เพื่อเป็นหลักฐานประกอบการพิจารณาตอบรับ หรือปฏิเสธการตีพิมพ์
4. บรรณาธิการต้องไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์หรือผู้ทรงคุณวุฒิ ไม่นำบทความหรือวารสารไปใช้ประโยชน์ในเชิงธุรกิจหรือนำไปเป็นผลงานทางวิชาการของตนเอง
5. บรรณาธิการต้องไม่แก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาบทความและผลประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงไม่ปิดกั้นหรือแทรกแซงข้อมูลที่ใช้แลกเปลี่ยนระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้นิพนธ์
6. บรรณาธิการต้องปฏิบัติตามกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ ของวารสารอย่างเคร่งครัด
7. บรรณาธิการต้องรักษามาตรฐานของวารสาร รวมถึงพัฒนาวารสารให้มีคุณภาพและมีความทันสมัยเสมอ

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ประเมินบทความ

1. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องคำนึงถึงคุณภาพบทความเป็นหลัก พิจารณาบทความภายใต้หลักการและเหตุผลทางวิชาการโดยปราศจากอคติหรือความคิดเห็นส่วนตัว และไม่มีส่วนได้ส่วนเสียกับผู้นิพนธ์
2. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องไม่แสวงหาประโยชน์จากผลงานทางวิชาการที่ตนเองได้ทำการประเมิน
3. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตระหนักว่าตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของผลงานวิชาการที่รับประเมินอย่างแท้จริง
4. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องตรวจสอบการคัดลอกผลงานของบทความ (plagiarism) หากผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพบว่าบทความที่รับประเมินเป็นบทความที่คัดลอกผลงานชิ้นอื่น ๆ ผู้ทรงคุณวุฒิต้องแจ้งให้บรรณาธิการทราบทันที
5. ผู้ทรงคุณวุฒิต้องรักษาระยะเวลาประเมินตามกรอบเวลาประเมินที่กำหนด รวมถึงไม่เปิดเผยข้อมูลของบทความให้ผู้ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องได้รับรู้

บทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้นิพนธ์

1. บทความของผู้นิพนธ์ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์หรือเผยแพร่ที่ใดมาก่อน รวมถึงไม่อยู่ระหว่างขั้นตอนการพิจารณาตีพิมพ์ที่ใด รวมถึงการไม่นำบทความไปตีพิมพ์เผยแพร่กับแหล่งอื่นหลังจากที่ได้รับการตีพิมพ์กับวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารแล้ว หากพบการตีพิมพ์ซ้ำซ้อนผู้นิพนธ์จะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในทุกกรณี
2. ผู้นิพนธ์ต้องไม่คัดลอกหรือทำซ้ำผลงานของตนเองและผู้อื่น และต้องมีการอ้างอิงทุกครั้งเมื่อนำผลงานของผู้อื่นมานำเสนอหรืออ้างอิงในเนื้อหาบทความของตนเอง

3. ผู้นิพนธ์ต้องเคารพความคิดเห็นทางวิชาการของผู้ประเมิน และพร้อมปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาตามคำแนะนำของผู้ประเมินและกองบรรณาธิการ เพื่อให้บทความถูกต้องตามมาตรฐานทางวิชาการและตรงตามรูปแบบของวาสาร
4. กรณีที่ผู้นิพนธ์หลายคน ผู้ที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคนจะต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการอย่างแท้จริง และการส่งต้นฉบับบทความให้วารสารพิจารณาตีพิมพ์จะต้องได้รับความเห็นชอบจากผู้นิพนธ์ทุกคนแล้ว
5. หากผลงานทางวิชาการของผู้นิพนธ์เกี่ยวข้องกับการใช้สัตว์ ผู้เข้าร่วม หรืออาสาสมัคร ผู้นิพนธ์ควรตรวจสอบให้แน่ชัดว่าได้ดำเนินการตามหลักจริยธรรม ปฏิบัติตามกฎหมายและข้อบังคับที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด รวมถึงต้องได้รับความยินยอมก่อนการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทุกครั้ง

หมายเหตุ :

1. ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย
2. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์แก้ไขเรื่องที่จะลงพิมพ์ทุกเรื่องในกรณีที่จำเป็น ต้นฉบับที่แก้ไขแล้วจะแจ้งไปยังผู้เขียนเพื่อความเห็นชอบอีกครั้ง
3. แจ้งเบอร์โทรศัพท์ หรือ e-mail เพื่อติดต่อ เมื่อบทความได้เข้าสู่กระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
4. หากมีการละเมิดสิทธิ์ใด ๆ โดยคณะผู้เขียน คณะผู้เขียนจะเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว

เอกสารอ้างอิง

1. อัมพร ขาวบาง. การเขียนรายการอ้างอิงตามรูปแบบแวนคูเวอร์ (Vancouver Style) [อินเทอร์เนต]. [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)