ISSN : 2821-9813 (Online)
ปีที่ 53 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566
Vol. 53 No. 1 January - June 2023

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

บทความวิจัย

- ผลของการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทและอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำ
- การใช้ถั่วพิวเรทดแทนไขมันในคุกกี้
- ประสิทธิผลของควินัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน

บทความวิชาการ

- ประโยชน์เชิงหน้าที่ของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่าย
- แนวทางการเลือกอาหารและสารอาหารสำหรับผู้สูงวัย
- เปปไทด์ที่ได้จากอาหารต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ : ประโยชน์ต่อสุขภาพ
- เรื่องเล่ารสขม

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

นางวนิดา เทวารุทธิ์ ชิติสรรค์กุล	นักวิจัย ชำนาญการพิเศษ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รองบรรณาธิการ

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

กองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
รองศาสตราจารย์ ดร.วรรณทิชา เศวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตร 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.รัตติยา แววนุกูล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

กองบรรณาธิการ (ต่อ)

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.วรรณทิชา เศวตบวร	คณะอุตสาหกรรมเกษตร 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.รัตติยา แววนุกูล	สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศานต์ เศรษฐชัยมงคล	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.กมลวรรณ ชูชีพ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ผู้ทรงคุณวุติภายใน (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 1 ประจำเดือน มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2566 ซึ่งประกอบด้วยบทความวิจัย 3 เรื่อง และบทความวิชาการ 4 เรื่อง

กองบรรณาธิการขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการประเมินและเสนอแนะแก้ไขจนได้บทความที่มีความสมบูรณ์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านจะได้รับความรู้เชิงวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์อาหารที่มีความน่าเชื่อถือ ตลอดจนสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการต่อยอดพัฒนาองค์ความรู้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งงานวิจัยและการต่อยอดในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

แบบสอบถาม

ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

ISSN : 2821-9813 (Online)
ปีที่ 53 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566
Vol. 53 No. 1 January-June 2023

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สารบัญ

บทความวิจัย

- **ผลของการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทและอินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำ** 5
  Effect of whey protein isolate and inulin as a fat replacer on physico-chemical properties of low-fat ice cream
  นภัสสร เพียสุระ พรรัตน์ สินชัยพานิช และ อนันทิตา แสงสุริยวงษ์
  (Napassorn Peasura, Pornrat Sinchaipanit, and Anantita Sangsuriyawong)

- **การใช้ถั่วพิวเรทดแทนไขมันในคุกกี้** 19
  Utilization of bean puree as a fat replacer in cookies
  ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ และ ชนัญชิตา บุญขันธ์
  (Waraporn Prasert and Chananchita Boonkhun)

- **ประสิทธิผลของควินัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน** 38
  The effectiveness of quinoa in gluten-free bread
  พัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์ และ กมลวรรณ ชูชีพ
  (Pattanan Chartanumanon and Kamonwan Chucheep)

บทความวิชาการ

- **ประโยชน์เชิงหน้าที่ของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่าย** 50
  Functional benefits from algal proteins and carbohydrates
  ธีระ ธุระกิจ (Theera Thurakit)

- **แนวทางการเลือกอาหารและสารอาหารสำหรับผู้สูงวัย** 65
  Food and nutrition guidelines for the elderly
  ศิริพร ตันจอ (Siriporn Tanjor)

- **เปปไทด์ที่ได้จากอาหารต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ : ประโยชน์ต่อสุขภาพ** 76
  Effect of peptides derived from food on bioactive : health benefit
  สมัชญา งามสุข (Samuchaya Ngamsuk)

- **เรื่องเล่ารสขม** 90
  Story of bitter taste
  ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์ (Thipthida Kaewtathip)

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน 110

ผลของการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทและอินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำ

ดร.นภัสสร เพียสุระ[1]
ดร.พรรัตน์ สินชัยพานิช[2]
อนันทิตา แสงสุริยวงษ์[2]

[1]ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : napassorn.pea@ku.ac.th
[2]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล
รับเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2565 **แก้ไขเมื่อ** 27 กุมภาพันธ์ 2566 **ตอบรับเมื่อ** 20 เมษายน 2566

จุดเด่น

- การเติมเวย์โปรตีน 8% ลงในไอศกรีมทำให้อัตราการละลายช้าลงกว่าไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม และเติมอินูลิน 8%
- การเติมสารทดแทนไขมัน คือ อินูลิน สามารถเพิ่มอัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมได้มากที่สุด
- อินูลินทำให้ส่วนผสมไอศกรีมมีความหนืดมากกว่าการเติมเวย์ และมีสมบัติทางเคมีและกายภาพใกล้เคียงกับไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม เหมาะที่จะนำมาพัฒนาสูตรไอศกรีมไขมันต่ำ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมัน 2 ชนิด คือ เวย์โปรตีนและอินูลิน ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีและกายภาพของไอศกรีม เปรียบเทียบกับไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม พบว่าไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มีสีค่อนข้างเหลือง และไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มมีค่าความสว่างสูงที่สุด เนื่องจากมีปริมาณไขมันสูง จากนั้นนำมาทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยค่าความแข็งพบว่า ไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% มีเนื้อสัมผัสแข็งกว่าไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% และไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม อัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีอัตราการขึ้นฟูมากที่สุดเท่ากับ 48.93% และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% และไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม เมื่อวิเคราะห์ค่าความหนืดพบว่าไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีค่าความหนืดมากที่สุด ส่งผลให้อัตราการละลายของไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีค่าต่ำและไม่มีความแตกต่างกับไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเวย์โปรตีน 8%

คำสำคัญ : ไอศกรีมไขมันต่ำ สารทดแทนไขมัน สมบัติวิทยากระแส

Effect of whey protein isolate and inulin as a fat replacer on physico-chemical properties of low-fat ice cream

Napassorn Peasura[1], Ph.D
Pornrat Sinchaipanit[2], Ph.D
Anantita Sangsuriyawong[2]

[1]Applied Microbiology
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : napassorn.pea@ku.ac.th
[2]Institute of Nutrition, Mahidol University
Received 29 November 2022; **Revised** 27 February 2023; **Accepted** 20 April 2023

Highlights

- Adding 8% whey into ice cream improved the melting rate which were slower than full-fat ice cream and low-fat ice cream contained 8% inulin
- Adding inulin as fat replacer enhanced the highest overrun of ice cream
- Mixing inulin into ice cream promoted viscosity higher than low-fat ice cream containing whey and full-fat ice cream, and had physico-chemical similar to full-fat ice cream. It suitable for low-fat ice cream formulation development

Abstract

This research studied the effect of two types of fat replacers, including whey and inulin on changing physico-chemical properties in ice cream compared with full-fat ice cream. Three ice cream formulations were yellow color, and full-fat ice cream showed the lightest color due to containing high fat content. Then, the result of hardness showed that low-fat 8% whey ice cream presented the higher hardness than low fat 8% inulin ice cream and full-fat ice cream. The highest overrun was found in low-fat 8% inulin ice cream which was 48.93%, and had a significant difference ($p \leq 0.05$) between low-fat 8% whey ice cream and full-fat ice cream. Then, rheology result showed that 8% inulin low-fat ice cream had the highest viscosity. It affected the low melting rate of low-fat 8% inulin ice cream and no significant difference between low-fat ice cream mixed with 8% whey and full-fat ice cream.

Keywords : low-fat ice cream, fat replacer, rheology

บทนำ

ไอศกรีม คือ ผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งและเป็นของหวานที่นิยมของคนทั่วไป[1] โดยโครงสร้างของไอศกรีมมีลักษณะเป็นอิมัลชันแบบไขมันกระจายตัวอยู่ในน้ำ ซึ่งประกอบด้วยไขมัน ฟองอากาศ ผลึกน้ำแข็ง สารละลายที่มีความหนืดสูง พอลิ-แซ็กคาไรด์ สารให้ความหวาน และนม[2-3] ส่วนผสมทั้งหมดจะเกิดโครงสร้างของไอศกรีมในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง โดยทั่วไปไอศกรีมประกอบด้วยไขมันประมาณ 10-16% ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญ และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การคงรูปร่าง และอัตราการละลายหลังจากการแช่แข็ง[4]

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น เช่น อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลและไขมันต่ำ เนื่องจากการบริโภคไขมันมากเกินไปจะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคอ้วน และโรคหลอดเลือดหัวใจ[5] แต่การลดปริมาณไขมันมีผลต่อเนื้อสัมผัสขณะรับประทาน รสชาติ และลักษณะทางกายภาพ ทำให้อาหารมีลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น มีเนื้อสัมผัสที่หยาบ ผลิตภัณฑ์มีความเปราะ[4] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม การลดปริมาณไขมันลงจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีและกายภาพ ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เช่น สีของไอศกรีม ความแข็งเนื้อสัมผัสที่เพิ่มขึ้น และละลายเร็วขึ้น[6] ดังนั้นจึงมีการนำสารทดแทนไขมันมาเติมลงในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อทดแทนปริมาณไขมันจากนม

สารทดแทนไขมัน คือ สารที่ใช้ทดแทนไขมันในอาหาร ทำให้อาหารมีคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะเนื้อสัมผัสที่คล้ายคลึงกับอาหารที่มีไขมันแต่ให้แคลอรีน้อยกว่า[7] สารทดแทนไขมันโดยทั่วไปแบ่งออกเป็นสามกลุ่มตามองค์ประกอบ คือ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน แต่ละชนิดมีคุณสมบัติและการทำงานที่แตกต่างกัน สามารถใช้ได้ทั้งแบบเดี่ยวและแบบผสม[8-9] โดยทำหน้าที่เพิ่มความข้นหนืด ความเนียน และเพิ่มความชุ่มชื้นให้กับผลิตภัณฑ์[8,10]

สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน โดยทั่วไปผลิตจากเวย์โปรตีนเข้มข้น (WPC) ซึ่งสารทดแทนไขมันนี้ใช้เพื่อเพิ่มกลิ่นรสให้กับอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ เนื่องจากอนุภาคของเวย์ที่มีขนาดเล็กทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่ดี มักนิยมใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์จากนม[11] นอกจากนั้นเวย์โปรตีนยังมีคุณสมบัติในการจับน้ำและให้ความข้นหนืด โดยทั่วไปการเติมเวย์โปรตีนลงในไอศกรีมเพื่อทดแทนปริมาณไขมัน ส่งผลให้ส่วนผสมของไอศกรีมมีความหนืดเพิ่มขึ้น[12-14] นอกจากนั้นการเติมเวย์โปรตีนเป็นสารทดแทนไขมันส่งผลให้ไอศกรีมมีความแข็งของเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น จากการกระจายตัวของอนุภาค ดังงานวิจัยของ Akalin และคณะ[13] ศึกษาความแข็งของเนื้อสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมเวย์โปรตีนและอินูลิน เป็นสารทดแทนไขมันปริมาณ 4% พบว่า ไอศกรีมไขมันต่ำเติมเวย์โปรตีน 4% มีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสสูงกว่าไอศกรีมไขมันต่ำเติมอินูลิน 4% และ

ไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มปกติ การเติมเวย์โปรตีนลงในไอศกรีมไขมันต่ำพบว่า ไม่มีผลต่ออัตราการละลาย เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมปราศจากไขมันที่ไม่ได้ใช้สารทดแทนไขมัน[6] และจากการศึกษาของ Yilsay และคณะ[15] พบว่า การเติมเวย์โปรตีนปริมาณ 6% ในไอศกรีมไขมันต่ำทำให้ค่าการขึ้นฟูลดลง

สารทดแทนไขมันอีกชนิดหนึ่ง คือ อินูลิน จัดเป็นสารทดแทนไขมันจากคาร์โบไฮเดรต เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่สามารถย่อยได้ พบได้ในผักและผลไม้บางชนิด โดยเฉพาะรากชิโครีเป็นคาร์โบไฮเดรตสะสม หรือในจุลินทรีย์บางชนิด เช่น เอ็กโซ-พอลิแซ็กคาไรด์ (EPS) โครงสร้างโมเลกุลของอินูลินประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลมากกว่า 1 ชนิด โดยที่ปลายสายข้างหนึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับโอลิโกฟรุกโทส แต่อินูลินมีสายพอลิเมอร์ที่ยาวกว่า ละลายน้ำได้น้อยกว่า และมีความหนืดมากกว่าโอลิโกฟรุกโทส นอกจากนั้นอินูลินยังนิยมใช้เป็นสารทดแทนไขมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาหารที่มีไขมันต่ำ เช่น ไอศกรีม ทำให้เนื้อสัมผัสเมื่อรับประทานใกล้เคียงกับไอศกรีมที่มีไขมัน[16-20] จากการศึกษาการเติมอินูลินที่ระดับต่าง ๆ (1-9%) พบว่า อินูลินทำให้ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับไอศกรีมปกติ[21-26] อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Akalin และคณะ[27] การเติมอินูลินเท่ากับ 4% ลงในไอศกรีมสูตรไขมันต่ำไม่ส่งผลต่อความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่มีไขมันเท่ากับ 10% นอกจากนั้น Ismail และคณะ[28] พบว่า การเติมอินูลินเท่ากับ 2.5% ลงในไอศกรีมไขมันต่ำทำให้ความหนืดมากกว่าไอศกรีมที่ไม่เติมอินูลิน แต่การเพิ่มอินูลินเท่ากับ 5% ลงในไอศกรีมไขมันต่ำ ทำให้ความหนืดลดลง จากการทดลองของ Guinard และคณะ[29] รายงานว่า การใช้สารทดแทนไขมันชนิดที่เป็นคาร์โบไฮเดรตลงในไอศกรีม ทำให้ความแข็งของเนื้อสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำไม่ต่างกันกับไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม เมื่อเติมอินูลินในปริมาณน้อยเท่ากับ 2%, 3% และ 4% ลงในไอศกรีมที่มีปริมาณไขมัน 2% ส่งผลให้ความแข็งของเนื้อสัมผัสของไอศกรีมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ไม่มีส่วนผสมของอินูลิน และเมื่อเพิ่มปริมาณของอินูลินเป็น 5-9% ยิ่งทำให้ความแข็งของเนื้อสัมผัสของไอศกรีมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)[24] อย่างไรก็ตาม สารทดแทนไขมันที่เติมลงไปในไอศกรีมยังมีผลต่อลักษณะทางเคมีและกายภาพทางอ้อม เช่น อัตราการละลาย จากงานวิจัยของ Akalin และคณะ[21] และ Akbari และคณะ[30] ศึกษาการเติมอินูลินลงในไอศกรีมไขมันต่ำในปริมาณที่แตกต่างกันพบว่า เมื่อความเข้มข้นของอินูลินเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการละลายลดลง หรือละลายช้าลงเมื่อเทียบกับไอศกรีมที่มีไขมันเท่ากับ 10% และไม่เติมอินูลิน นอกจากนั้นการเติมอินูลินลงในโยเกิร์ตก็ยังสามารถลดอัตราการละลายได้อีกด้วย[19,24] จากงานวิจัยของ Akalin และ Erisir[27] พบว่า การเติมอินูลินลงในไอศกรีมไขมันต่ำสามารถเพิ่มค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมประมาณ 2 เท่า ในขณะที่ Akin และคณะ[22] พบว่า การเติมอินูลินไม่มีผลต่อค่าการขึ้นฟู

อย่างไรก็ตามการเติมสารทดแทนไขมันลงในไอศกรีมเพื่อผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทดแทนปริมาณไขมันที่มีอยู่ เพื่อยังคงลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมให้ใกล้เคียงกับไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม และยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอินูลินและเวย์ ที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันที่ปริมาณเท่ากัน เปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ไม่ใช้สารทดแทนไขมันต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. กรรมวิธีการเตรียมไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มและไขมันต่ำ

ส่วนผสมของไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มประกอบด้วย นมวัว ครีม นมผงขาดมันเนย น้ำตาล สารให้ความคงตัวและสารอิมัลซัน ส่วนไอศกรีมไขมันต่ำมีส่วนผสมหลัก คือ นมพร่องมันเนย นมผงขาดมันเนย เวย์โปรตีนไอโซเลท และอินูลิน ตามปริมาณดัง Table 1

Table 1 The formulations of full-fat and low-fat ice cream containing 8% whey and 8% inulin

ingredients	full-fat ice cream	low-fat ice cream	
		whey 8%	inulin 8%
milk	58.5	0	0
cream	24	0	0
skim milk	0	74.5	74.5
whey	0	8	0
inulin	0	0	8
skim milk powder	5	5	5
sugar	12	12	12
stabilizer and emulsifier	0.5	0.5	0.5
total	100	100	100

2. สี และการเปลี่ยนแปลงสี

วัดค่าสีของไอศกรีมด้วยเครื่อง colorimeter (ColorFlex EZ, Hunter Associates Laboratory Inc., USA) แสดงค่าเป็นค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง จนถึงสีเขียว (a*) ค่าความเป็นสีเหลือง จนถึงสีน้ำเงิน (b*) วัดที่ตำแหน่งต่างกัน จำนวน 3 ครั้ง และวัดค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม (สูตรควบคุม) และสูตรไขมันต่ำ (สูตรตัวอย่าง) ตามวิธีของ Yuan และคณะ[31] ดังสมการ

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L*)^2 + (\Delta a*)^2 + (\Delta b*)^2}$$

โดย ΔL^* คือ ค่า $L^*_{(สูตรควบคุม)} - L^*_{(สูตรตัวอย่าง)}$

Δa^* คือ ค่า $a^*_{(สูตรควบคุม)} - a^*_{(สูตรตัวอย่าง)}$

Δb^* คือ ค่า $b^*_{(สูตรควบคุม)} - b^*_{(สูตรตัวอย่าง)}$

3. การวิเคราะห์ค่าความแข็งของเนื้อสัมผัส (hardness)

วัดค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสไอศกรีมด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT-plus, Stable Micro Systems, UK) ต่อกับหัววัด P/36R cylindrical probe ความเร็วในการทดสอบเท่ากับ 2 m/s ระยะกดลึก 20 mm ทำการทดลอง 5 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์ไขมันและโปรตีน

วิเคราะห์หาปริมาณไขมันและโปรตีนตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists AOAC (2000)[32]

5. การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid)

ชั่งน้ำหนักไอศกรีม 2 กรัม นำไประเหยด้วย water bath ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 30 นาที หลังจากนั้นนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccators นำไปชั่งน้ำหนักและคำนวณปริมาณของแข็งทั้งหมด ดังสมการ

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วย (กรัม)} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}) - \text{น้ำหนักถ้วย (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}} \times 100$$

6. การวิเคราะห์ค่าการขึ้นฟู (% overrun)

วิเคราะห์การขึ้นฟู โดยชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลว และน้ำหนักของไอศกรีมลงในภาชนะปริมาตร 120 มิลลิลิตร ตามวิธีของ Muse และ Hartel[33] คำนวณตามสมการ ดังนี้

$$\text{ค่าการขึ้นฟู (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมมิกซ์} - \text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหลังปั่น}} \times 100$$

7. การวิเคราะห์อัตราการละลาย (melting rate)

นำไอศกรีมแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C นาน 24 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักเท่ากับ 30 กรัม วางลงบนกรวยกรองเหนือกระบอกตวง วัดปริมาตรของไอศกรีมที่ละลายทุก ๆ 5 นาที จนครบเวลา 50 นาที นำน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายมาพล็อตกราฟเทียบกับเวลา

8. การวิเคราะห์สมบัติวิทยากระแส (rheology)

วัดความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มและไขมันต่ำที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4-8°C นาน 24 ชั่วโมง ทดสอบด้วยเครื่องรีโอมิเตอร์ (HAAKE MARS 40, Thermo Fisher Scientific Inc., Karlsruhe, Germany) นำตัวอย่างส่วนผสมไอศกรีมปริมาตร 20 มิลลิลิตร ใส่ใน coaxial cylinders โดยอุณหภูมิใน

การวัดเท่ากับ 4°C ใช้การทดสอบความเครียด (strain sweep) ในช่วง 0.01-1,000 พาสคาล ความถี่คงที่เท่ากับ 1 Hz

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Statistical Analysis System (SAS, version 6.0) (SAS Institute, Cary, NC, USA) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ร้อยละ 95

ผลการทดลอง

เมื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมทั้ง 3 สูตร พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีปริมาณไขมันสูงกว่าไอศกรีมสูตรไขมันต่ำที่เติมเวย์และอินูลิน 8% เท่ากับ 8.51 เท่า ซึ่งไอศกรีมไขมันต่ำทั้งสองสูตร มีปริมาณไขมันเท่ากับ 1.35% นอกจากนั้น ไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% มีโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 8.95% รองลงมาคือตัวอย่างควบคุมและไอศกรีมไขมันต่ำ สูตรเติมอินูลิน 8% มีค่าเท่ากับ 4.52% และ 1.75% ตามลำดับ (Table 2) ปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีนและอินูลิน 8% มีค่าเท่ากันคือ 25.5 นำส่วนผสมของไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มาวัดสมบัติวิทยากระแสที่อุณหภูมิ 4°C พบว่า ส่วนผสมของตัวอย่างควบคุมและไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมเวย์ 8% เริ่มเสียสภาพและเปลี่ยนสถานะเป็นของไหล เมื่อความเครียดเท่ากับ 10 Pa และไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมอินูลิน 8% เริ่มเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวเมื่อความเครียดมากกว่า 100 Pa (Figure 1)

Table 2 The fat and protein content in full-fat ice cream, low-fat ice cream containing 8% whey and 8% inulin

source	ice cream formulation					
	fat free ice cream		low-fat ice cream (8% whey)		low-fat ice cream (8% inulin)	
	lipid	protein	lipid	protein	lipid	protein
milk	1.90±0.02	1.92±0.02	0±0.00	0±0.00	0±0.00	0±0.00
cream	8.24±0.01	0.85±0.03	0±0.00	0±0.00	0±0.00	0±0.00
skim milk	1.35±0.02	1.75±0.02	1.35±0.01	1.75±0.04	1.35±0.00	1.75±0.02
whey	0±0.00	0±0.00	Trace	7.2±0.01	0±0.00	0±0.00
inulin	0±0.00	0±0.00	0±0.00	0±0.00	trace	trace
total	11.49	4.52	1.35	8.95	1.35	1.75
total solid	17.5		25.5		25.5	

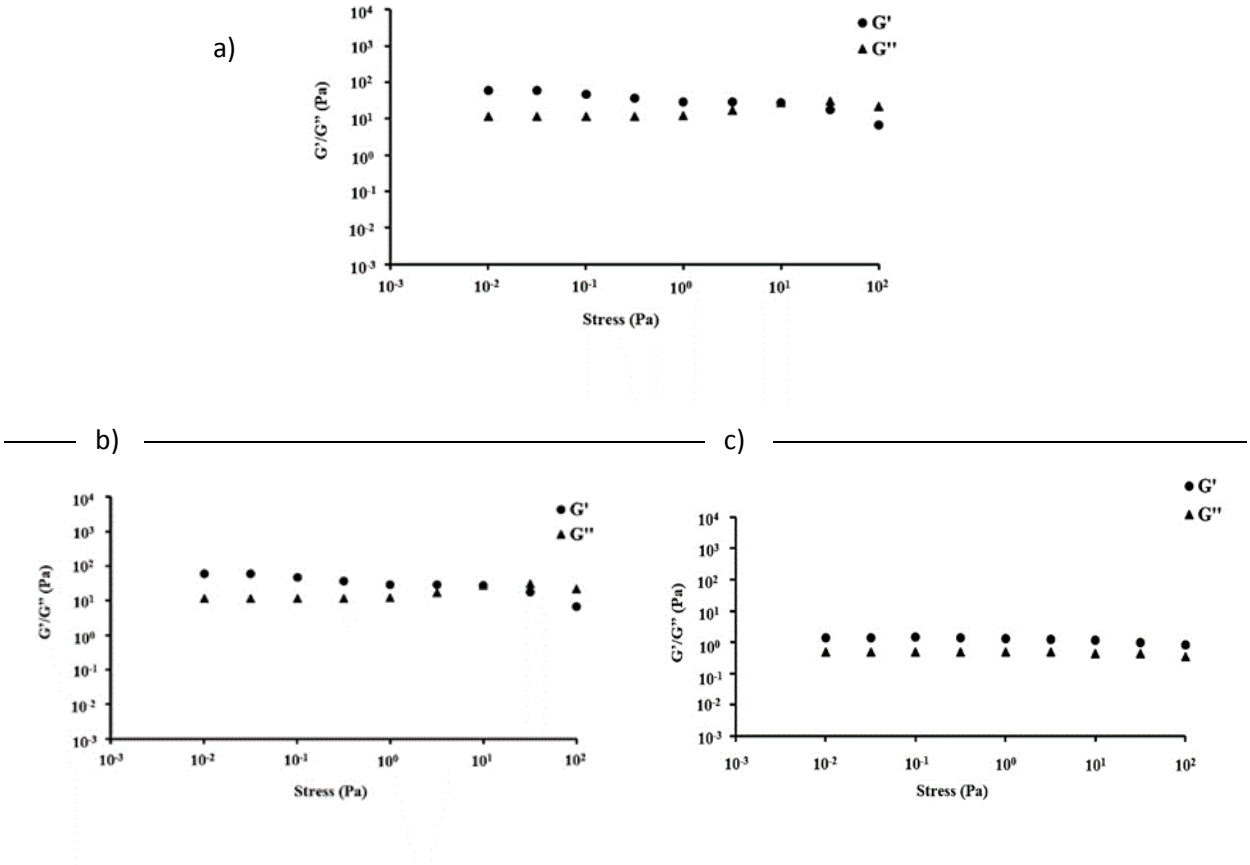

Figure 1 The storage modules (G´) and loss modules (G´´) of a) full-fat ice cream, b) low-fat ice cream containing 8% whey and c) low-fat ice cream containing 8% inulin

เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าสีพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% มีค่าความสว่างสูงที่สุดเท่ากับ 94.08 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) กับตัวอย่างควบคุม (93.95) และไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมอินูลิน 8% มีค่าความสว่างน้อยที่สุดเท่ากับ 92.68 นอกจากนั้นไอศกรีมทุกสูตรมีสีในโทนเขียวเหลือง ซึ่งค่า a* ของไอศกรีมทุกสูตรมีค่าเป็นลบ โดยไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีค่า a* มากที่สุด (-2.93) รองลงมาไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% เท่ากับ -1.54 และตัวอย่างควบคุมมีค่า a* น้อยที่สุดเท่ากับ -0.89 อย่างไรก็ตามไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์ 8% มีค่า b* น้อยที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างควบคุมและไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมอินูลิน 8% มีค่า b* มากที่สุด เท่ากับ 12.05, 13.71 และ 14.67 ตามลำดับ ซึ่งไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มีค่า a* และ b* แตกต่างกันทางสถิติ (p≤ 0.05) ผลค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุมพบว่า ไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมอินูลิน 8% มีค่าการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมมากที่สุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p≤0.05) กับไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์ 8% เท่ากับ 2.6 และ 1.78 ตามลำดับ ดัง Table 3

Table 3 Effect of whey and inulin on color changing (L*, a*, b* และ ΔE) of ice cream

formulations	color			
	L*	a*	b*	ΔE
full-fat ice cream	93.95^{a}±0.04	-0.89^{a}±0.02	13.71^{b}±0.02	0^{c}±0.00
low-fat ice cream (8% whey)	94.08^{a}±0.03	-1.54^{b}±0.01	12.05^{c}±0.01	1.78^{b}±0.04
low-fat ice cream (8% inulin)	92.68^{b}±0.03	-2.93^{c}±0.03	14.67^{a}±0.03	2.6^{a}±0.05

Note: Values are means of three replicates. Different letters show significantly difference at $p \leq 0.05$

และเมื่อนำตัวอย่างไอศกรีมมาวัดค่าความแข็งของเนื้อสัมผัส (hardness) พบว่า ตัวอย่างควบคุมมีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสมากที่สุดเท่ากับ 24,329 kg force และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมสูตรไขมันต่ำที่เติมเวย์และอินูลิน 8% เท่ากับ 9,420 kg force และ 4,577 kg force ตามลำดับ (Table 2) และเมื่อวัดค่าการขึ้นฟูของไอศกรีม (overrun) พบว่าไอศกรีมสูตรไขมันต่ำที่เติมอินูลิน 8% มีค่าสูงสุดเท่ากับ 48.93% และตัวอย่างควบคุมมีค่าการขึ้นฟูต่ำที่สุดเท่ากับ 25.05% และมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมเวย์โปรตีน 8% ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.46% (Table 4)

Table 4 Effect of whey and inulin on hardness and overrun of ice cream

formulations	hardness	overrun
full-fat ice cream	2,2329^{c}±0.03	25.05^{b}±0.02
low-fat ice cream (8% whey)	2,9420^{a}±0.05	27.46^{b}±0.04
low-fat ice cream (8% inulin)	2,4577^{b}±0.02	48.93^{a}±0.01

Note: Values are means of three replicates. Different letters show significantly difference at $p \leq 0.05$

จากนั้นนำตัวอย่างไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มาวัดอัตราการละลาย (melting rate) พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปไอศกรีมทุกสูตรมีอัตราการละลายเพิ่มมากขึ้น โดยไอศกรีมสูตรไขมันต่ำมีอัตราการละลายสูงสุด ส่วนไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์ และอินูลิน 8% มีอัตราการละลายไม่แตกต่างกันที่ช่วงเวลา 0-35 นาที หลังจากนั้นไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์ 8% มีอัตราการละลายสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ กับไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมอินูลิน 8% แสดงดัง Figure 2 สอดคล้องกับค่าความหนืดของไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีค่าความหนืดสูงกว่าไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์ 8%

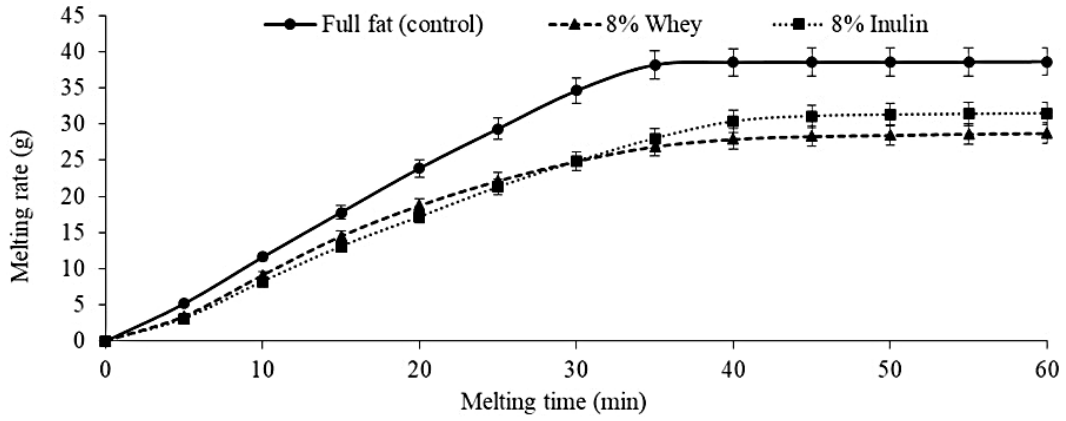

Figure 2 The melting rate of low-fat ice cream containing 8% whey and 8% inulin compared with full-fat ice cream.

วิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเวย์และอินูลิน ที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ เปรียบเทียบกับไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของไอศกรีม โดยไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มมีปริมาณไขมันจากนมรวมเท่ากับ 11.49% ซึ่งแหล่งของไขมันจากส่วนประกอบที่เป็นนมวัวเท่ากับ 1.9% ไขมันจากครีมเท่ากับ 8.24% และไขมันจากนมผงขาดมันเนยเท่ากับ 1.35% ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดขององค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, FDA) ระบุว่า ปริมาณไขมันจากนมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมต้องไม่น้อยกว่า 10% และมีปริมาณไขมันที่ไม่ใช่จากนมไม่เกิน 10% ส่วนไอศกรีมสูตรไขมันต่ำ (low fat) ใช้นมพร่องมันเนยไขมัน 0% และนมผงขาดมันเนยที่มีปริมาณไขมันเท่ากับ 1.35% ตามที่ระบุในข้อกำหนด FDA ระบุไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันจากนมเท่ากับ 2-5% จัดเป็นไอศกรีมชนิดไขมันต่ำและเติมเวย์โปรตีนเท่ากับ 8% และอินูลินเท่ากับ 8% ในสูตรไขมันต่ำเพื่อทดแทนปริมาณไขมันจากนมวัวและครีมจากสูตรปกติ

เมื่อนำส่วนผสมไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มาหาค่าสมบัติวิทยากระแสโดยหาค่าความสัมพันธ์ของ G′ และ G′′ ซึ่งบ่งบอกถึงค่า elastic และ viscous ตามลำดับ กับค่าความเครียดที่อยู่ในช่วง 0.01-1,000 Pa โดยในช่วงเริ่มต้นมีค่า G′ สูงกว่า G′′ โดยค่า G′ ของไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มและไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% มีค่า G′ เท่ากัน ส่วนไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีค่า G′ เริ่มต้นต่ำกว่า เนื่องมาจากอินูลินซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำมากกว่าเวย์โปรตีน ซึ่งจัดเป็นสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน[12] จึงทำให้ไอศกรีมไขมันต่ำที่เติมอินูลิน 8% มีลักษณะเหลวกว่าไอศกรีมสูตรอื่น และเมื่อความเครียดเพิ่มขึ้นไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มและไขมันต่ำเติมเวย์โปรตีน 8% มีค่า elastic ลดลง ในขณะเดียวกันมี

ค่า viscous เพิ่มขึ้น ส่วนไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมอินูลิน 8% ที่มีค่า elastic และ viscous ใกล้เคียงกันตั้งแต่เริ่มต้น ซึ่งการเติมอินูลินทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเหลวกว่าการเติมเวย์โปรตีน มีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสต่ำกว่า แต่มีอัตราการละลายใกล้เคียงกันกับไอศกรีมเวย์โปรตีน

ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีม สีเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคและยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น องค์ประกอบทางเคมีและเนื้อสัมผัส เป็นต้น[33] เมื่อนำตัวอย่างไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มาวัดค่าสีและค่าการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งแสดงเป็นค่าของ L* a* b* และ ΔE โดยค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง มีค่า (+) และมืดมีค่า (-) ค่า a* แสดงถึงค่าสีแดง (+) และค่าสีเขียว (-) และค่า b* แสดงถึงค่าสีเหลือง (+) และค่าสีน้ำเงิน (+) โดยไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มมีค่าความสว่างสูงที่สุด เนื่องมาจากปริมาณไขมันในส่วนผสมของไอศกรีม คือ นมและครีม ส่วนไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์ 8% มีสีเหลืองสว่าง

โดยทั่วไปค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสไอศกรีมจะขึ้นกับปริมาณของไขมันและปริมาณของแข็งทั้งหมด ไอศกรีมที่มีไขมันในปริมาณสูงจะมีค่าความแข็งเนื้อสัมผัสที่ต่ำกว่าไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันน้อย[27] และไอศกรีมที่ปริมาณของแข็งสูงส่งผลปริมาณน้ำในการแข็งตัวลดลง ทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมนุ่มขึ้น[34] ซึ่งเป็นลักษณะที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค นอกจากนั้นยังขึ้นกับปริมาณโปรตีนในไอศกรีมอีกด้วย จากผลการทดลองพบว่า ไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์และอินูลิน 8% มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากัน แต่มีค่ามากกว่า

ไอศกรีมสูตรไขมันต่ำเติมเวย์โปรตีนและอินูลิน 8% ที่มีปริมาณไขมันต่ำแต่มีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสสูงกว่าไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณของโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบในไอศกรีม โดยโปรตีนชนิด β-lactoglobulin ที่พบมากในน้ำนมวัวจะสร้างเครือข่ายขนาดใหญ่ ทำให้มีค่าความแข็งของเนื้อสัมผัสสูงกว่าไอศกรีมสูตรปกติที่มีปริมาณไขมันสูงกว่า นอกจากนั้นปริมาณโปรตีนยังส่งผลต่อค่าการขึ้นฟูของไอศกรีม ซึ่งจากผลการทดลองไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% มีค่าการขึ้นฟูสูงกว่าไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มเนื่องจากสมบัติการเป็นอิมัลชันของโปรตีนทำให้โฟมมีความคงตัว[27] มากกว่าไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม แต่จากการทดลองไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีค่าการขึ้นฟูสูงที่สุด ในขณะที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าไอศกรีมไขมันต่ำ สูตรเติมเวย์โปรตีน 8% อาจเป็นผลทางอ้อมมาจากการเติมอินูลินในไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงกว่าไอศกรีมทั้ง 2 สูตร โดยความหนืดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดฟองอากาศในส่วนผสมไอศกรีมมีขนาดเล็กลง[35-36] ทำให้ค่าการขึ้นฟูจึงสูงขึ้นในระหว่างการแช่แข็ง เมื่อพิจารณาผลของสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิด ต่ออัตราการละลายพบว่า โดยทั่วไปไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันสูงจะมีอัตราการละลายที่ต่ำ เนื่องมาจากไขมันมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ แต่จากผลการทดลองไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% มีอัตราการละลายต่ำสุด ซึ่งมีปริมาณ

ไขมันต่ำกว่าไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็มเนื่องมาจากการทำหน้าที่ของโปรตีนในการเป็นสารลดแรงตึงผิว ทำให้โฟมเกิดความคงตัวและเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ อย่างไรก็ตามไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีปริมาณไขมันเท่ากับไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมเวย์โปรตีน 8% แต่มีอัตราการละลายสูงกว่า เนื่องมาจากผลของอินูลินที่ทำหน้าที่เป็นสารทดแทนไขมันส่งผลให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงกว่าสูตรอื่น ทำให้มีอัตราการละลายสูงกว่าไอศกรีมที่มีปริมาณโปรตีนสูง และอีกปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีม คือ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในไอศกรีม โดยไอศกรีมที่มีปริมาณของแข็งและปริมาณไขมันสูงกว่าจะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่มีปริมาณของแข็งและไขมันต่ำ เนื่องมาจากความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มขึ้น ทำให้จุดเยือกแข็งลดลงกว่าปกติ[27]

บทสรุป

จากการทดลองพบว่า ชนิดของสารทดแทนไขมันที่เติมลงในไอศกรีม มีผลต่อลักษณะทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมที่ต่างกัน ซึ่งไอศกรีมไขมันต่ำสูตรเติมอินูลิน 8% มีสมบัติทางเคมีและกายภาพ คือ สี เนื้อสัมผัส อัตราการขึ้นฟู และความหนืด คล้ายคลึงกับไอศกรีมนมสูตรไขมันเต็ม แต่มีอัตราการละลายที่ต่ำกว่า โดยผลจากการทดลองสามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้น เพื่อประยุกต์ใช้สารทดแทนไขมัน คือ เวย์โปรตีนและอินูลินร่วมกันในอัตราส่วนต่างกัน เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. Kurt A, Atalar I. Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. Food Hydrocolloids. 2018;1(82):186-95.
2. Goff HD. Colloidal aspects of ice cream—a review. International Dairy Journal. 1997;7(6-7):363-73.
3. Marshall RT, Goff HD, Hartel RW. Ice cream. Springer Science & Business Media; 2003.
4. Mahdian E, Karazhian R. Effects of fat replacers and stabilizers on rheological, physicochemical and sensory properties of reduced-fat ice cream. Journal of Agricultural Science and Technology. 2013;15(6):1163-1174.
5. Akalın AS, Erişir D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. Journal of food science. 2008;73(4):184-188.
6. Roland AM, Phillips LG, Boor KJ. Effects of fat replacers on the sensory properties, color, melting, and hardness of ice cream. Journal of Dairy Science. 1999;82(10):2094-2100.
7. Zoulias EI, Oreopoulou V, Tzia C. Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate-or protein-based fat replacers. Journal of Food Engineering. 2002;55(4):337-342.
8. Lucca PA, Tepper BJ. Fat replacers and the functionality of fat in foods. Trends in Food Science & Technology. 1994;5(1):12-19.
9. Ognean CF, Darie N, Ognean M. Fat replacers: review. Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. 2006;12(2):433-442.

10. Brennan CS, Tudorica CM. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. International journal of food science & technology. 2008;43(5):824-833.
11. Kew B, Holmes M, Stieger M, Sarkar A. Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective. Trends in food science & technology. 2020;106:457-468.
12. Adapa S, Dingeldein H, Schmidt KA, Herald TJ. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. Journal of dairy science. 2000;83(10):2224-2229.
13. Akalın AS, Karagözlü C, Ünal G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. European Food Research and Technology. 2008;227(3):889-895.
14. Ohmes RL, Marshall RT, Heymann H. Sensory and physical properties of ice creams containing milk fat or fat replacers. Journal of dairy science. 1998 May 1;81(5):1222-8.
15. Yilsay TÖ, Yilmaz L, Bayizit AA. The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. European Food Research and Technology. 2006;222(1):171-175.
16. Bayarri S, Chuliá I, Costell E. Comparing λ-carrageenan and an inulin blend as fat replacers in carboxymethyl cellulose dairy desserts. Rheological and sensory aspects. Food Hydrocolloids. 2010;24(6-7):578-587.
17. Devereux HM, Jones GP, McCormack L, Hunter WC. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. Journal of food science. 2003;68(5):1850-1854.
18. González-Tomás L, Bayarri S, Costell E. Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. Journal of Dairy Science. 2009;92(9):4188-4199.
19. Niness KR. Inulin and oligofructose: what are they?. The Journal of nutrition. 1999;129(7):1402-1406.
20. Sangeetha PT, Ramesh MN, Prapulla SG. Recent trends in the microbial production, analysis and application of fructooligosaccharides. Trends in food science & technology. 2005;16(10):442-457.
21. Akalın AS, Erişir D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. Journal of food science. 2008;73(4):184-188.
22. Akın MB, Akın MS, Kırmacı Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food chemistry. 2007;104(1):93-99.
23. Aykan V, Sezgin E, Guzel-Seydim ZB. Use of fat replacers in the production of reduced-calorie vanilla ice cream. European Journal of Lipid Science and Technology. 2008;110(6):516-520.
24. El-Nagar G, Clowes G, Tudorică CM, Kuri V, Brennan CS. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. International Journal of Dairy Technology. 2002;55(2):89-93.
25. Karaca OB, GÜVEN M, Yasar K, Kaya S, Kahyaoglu T. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. International Journal of Dairy Technology. 2009;62(1):93-99.
26. Soukoulis C, Lebesi D, Tzia C. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. Food Chemistry. 2009;115(2):665-671.
27. Akalın AS, Karagözlü C, Ünal G. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. European Food Research and Technology. 2008;227(3):889-895.
28. Ismail EA, Al-Saleh AA, Metwalli AA. Effect of inulin supplementation on rheological properties of low-fat ice cream. Life Science Journal. 2013;10(3):1742-1746.
29. Guinard JX, Zoumas-Morse C, Mori L, Uatoni B, Panyam D, Kilara A. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. Journal of food science. 1997;62(5):1087-1094.

30. Akbari M, Eskandari MH, Niakosari M, Bedeltavana A. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. International Dairy Journal. 2016;57:52-55.
31. Yuan B, Danao MGC, Lu M, Weier SA, Stratton JE, Weller CL. High pressure processing (HPP) of aronia berry puree: Pilot scale processing and a shelf-life study. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2018;47:241-248.
32. AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC International, Maryland, USA, 2000.
33. Muse MR, Hartel RW. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. Journal of dairy science. 2004;87(1):1-10.
34. Therkelsen GH, Carrageenan. In RL. Whistler and JN. BeMiller (eds). Industrail Gums: Polysaccharides and Their Derivatives. 3rd ed. San Diego: Academic Press Inc; 1993.
35. Samakradhamrongthai RS, Jannu T, Supawan T, Khawsud A, Aumpa P, Renaldi G. Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology. Food Hydrocolloids. 2021;119:106873.
36. VanWees SR, Rankin SA, Hartel RW. The microstructural, melting, rheological, and sensorial properties of high-overrun frozen desserts. Journal of texture studies. 2020;51(1):92-100.

การใช้ถั่วพิวเรทดแทนไขมันในคุกกี้

ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ[1]
ชนัญชิตา บุญขันธ์[2]

[1]ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrwrpp@ku.ac.th
[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รับเมื่อ 2 มีนาคม 2566 **แก้ไขเมื่อ** 24 เมษายน 2566 **ตอบรับเมื่อ** 16 พฤษภาคม 2566

จุดเด่น

- งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ ศึกษาผลของถั่วพิวเร 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดง ถั่วทอง (ถั่วเขียวเลาะเปลือก) และถั่วขาวในการทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้
- การเพิ่มปริมาณถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้คุกกี้มีปริมาณความชื้นและค่าความแข็งสูงขึ้น แต่ความกรอบลดลง
- ถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรสามารถทดแทนไขมันได้ร้อยละ 30 ในขณะที่ถั่วทองพิวเรสามารถทดแทนไขมันได้ร้อยละ 15 โดยที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากตัวอย่างสูตรควบคุม (ไขมันเต็ม)
- ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ คือ คุกกี้ทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเร ที่สามารถทดแทนไขมันได้ร้อยละ 30 มีอายุเก็บผลิตภัณฑ์ได้อย่างน้อย 2 เดือน เมื่อเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

บทคัดย่อ

คุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก การลดปริมาณไขมันอาจส่งผลต่อคุณสมบัติของคุกกี้และการยอมรับของผู้บริโภค โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของถั่วพิวเร 3 ชนิด คือ ถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเร และถั่วขาวพิวเร และปริมาณการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเร 4 ระดับ คือ ร้อยละ 15, 30, 45 และ 60 โดยน้ำหนักไขมันต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมัน โดยมีตัวอย่างคุกกี้ที่ไม่มีการทดแทนไขมันเป็นตัวอย่างควบคุม ผลการศึกษาพบว่าชนิดและปริมาณการใช้ถั่วพิวเรทดแทนไขมันในคุกกี้ มีผลต่อคุณภาพของคุกกี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเพิ่มปริมาณถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้คุกกี้มีค่าปริมาณความชื้นและความแข็งสูงขึ้นแต่มีค่าความกรอบลดลง เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างจากตัวอย่างสูตรควบคุมพบว่า ถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรสามารถทดแทนไขมันได้ร้อยละ 30 ในขณะที่ถั่วทองพิวเร สามารถทดแทนไขมันได้ร้อยละ 15 ผลการทดสอบประสาทสัมผัสเพื่อเลือกผลิตภัณฑ์

ต้นแบบพบว่า ผู้ทดสอบ 28 คน จาก 30 คน เลือกคุกกี้ทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรร้อยละ 30 เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ การเก็บผลิตภัณฑ์ต้นแบบในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ สี และลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ตลอดการเก็บรักษา 4 เดือน แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า peroxide หมายถึงการเกิดกลิ่นหืนเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ครบ 3 เดือน ดังนั้นผลิตภัณฑ์ต้นแบบมีอายุการเก็บอย่างน้อย 2 เดือน

คำสำคัญ : คุกกี้ พิวเร ถั่ว ทดแทนไขมัน

Utilization of bean puree as a fat replacer in cookies

Waraporn Prasert[1], Ph.D
Chananchita Boonkhun[2]

[1]Department of Food Processing and Preservation
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrwrpp@ku.ac.th
[2]Department Food Science and Innovation, Faculty of Science and Technology, Thammasat University
Received 2 March 2023; **Revised** 24 April 2023; **Accepted** 16 May 2023

Highlights

- The objective of this research was to study an effect of three bean purees; red kidney bean, split mung bean, and white bean on characteristics of fat-reduced cookies
- Increasing bean puree caused higher moisture content and harder cookies, but the crispiness of cookies reduced
- Red kidney bean puree and white bean puree could fat replace at 30% by fat weight, while split mung bean puree could fat replace at 15% by fat weight which consumer acceptance was not different form control cookie (full-fat)
- The product prototype was the cookie which 30% red kidney bean puree was used as a fat replacer and its shelf life was 2 months in sealed aluminium foil bag at room temperature

Abstract

Cookies are high fat containing products which are 20-30% fat by weight. However, reducing fat may affect the cookie's properties and consumer acceptance. Therefore, the objective of this research was to study an effect of three types; red kidney bean puree, peeled split mung bean puree, and white bean puree, and four levels of fat replaced with beans puree; 15%, 30%, 45%, and 60% by fat weight on physical-chemical properties and sensory characteristics of fat reduced cookies. The control sample was non-fat replaced cookie. The results showed that the type and quantity of beans puree supplement as a fat substitute in cookies had significantly effected on the quality of cookies ($p \leq 0.05$). Increasing the amount of all three purees resulted in increasing the moisture content and hardness of

the cookies, but a decrease in crispness. Sensory test in term of overall score showed the maximum amount of bean puree's fat replaced that not different acceptance when comparing with control. And the red kidney bean puree and white bean puree could replace 30% of fat, while split mung bean could replace 15 % of fat in cookie. The 2nd sensory evaluation showed 28 of 30 panelists chose the cookie with 30% red kidney bean puree as the product prototype. The prototype which was sealed pack in aluminum foil bag at room temperature, did not present changing the color and texture after four months storage, but peroxide value increased in the 3rd month storage. So, the prototype product had shelf life at least 2 months.

Keywords : cookie, puree, bean, fat replacer

บทนำ

จากการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม ค่านิยม ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการขนส่ง ล้วนส่งผลให้วิถีชีวิตของคนเปลี่ยนแปลงไป มีค่านิยมในการบริโภคอาหารตะวันตก อาหารฟาสต์ฟู้ด เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และยังนิยมรับประทานของว่าง อาหารหวาน เช่น โดนัท คุกกี้ ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในทุกเพศ ทุกวัย โดยนอกจากจะนิยมนำมารับประทานเป็นอาหารว่างแล้ว ยังนิยมใช้เป็นของขวัญหรือมอบให้กันในโอกาสสำคัญหรือเทศกาลต่าง ๆ

คุกกี้ (cookies) เป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรีที่มีความชื้นต่ำ มีขนาดเล็ก รสหวาน มัน เนื้อสัมผัสกรอบ มีรูปร่างและกลิ่นรสต่าง ๆ กัน รวมถึงอาจมีการตกแต่งด้วยผลไม้ นัทหรือถั่ว ส่วนผสมหลัก คือ แป้งสาลี ไขมัน และน้ำตาล[1]

เนื่องจากคุกกี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันสูง โดยมีปริมาณเนยหรือมาการีนร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามการลดปริมาณไขมันอาจส่งผลต่อรสชาติ ความรู้สึกเมื่ออยู่ในปาก (mouthfeel) ลักษณะเนื้อสัมผัส และการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้สารหรือวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacers) ประเภท fat substitutes ซึ่งหมายถึงส่วนผสมของอาหารที่มีลักษณะทางกายภาพและการทำงานคล้ายไขมัน เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งสามารถแทนที่โมเลกุลไขมันทั่วไปในอาหารได้โดยตรง โดยพิจารณาจากน้ำหนักต่อน้ำหนัก และให้พลังงานน้อยที่สุดหรือไม่ให้พลังงานต่อร่างกาย เนื่องจากไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้อาหารที่ปกติมีไขมันสูง มีไขมันต่ำและทำให้อาหารมีพลังงานลดลง นอกจากนี้ยังสามารถรักษาความน่ารับประทานของอาหารได้[2] ในปี พ.ศ. 2554 สิรินาถ และ สุภางค์[3] ศึกษาการนำถั่วลิสงบดที่ผ่านการนึ่งและอบแห้งมาทดแทนเนยสดและทดแทนมาการีนในคุกกี้สูตรควบคุม ในปริมาณร้อยละ 20 และ 30 (โดย

น้ำหนักของไขมันทั้งหมด) พบว่า คุกกี้ที่ใช้ถั่วลิสงบดทดแทนเนยสดมีสมบัติทางกายภาพและความชอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกับคุกกี้ที่ใช้ถั่วลิสงบดทดแทนมาการีนในปริมาณที่เท่ากัน คุกกี้ที่ใช้ถั่วลิสงบดทดแทนเนยสดและมาการีนในปริมาณร้อยละ 20 มีค่าการแผ่กระจาย ค่าความสว่าง และค่าความหืนไม่แตกต่างกับคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ได้รับความชอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ศึกษาต่อมาในปี พ.ศ. 2562 มนตรี และคณะ[4] ได้ศึกษาอิทธิพลของเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดในการเป็นสารทดแทนไขมันในการผลิตคุกกี้เนยชนิดปราศจากกลูเตนที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังต่อสมบัติทางกายภาพของคุกกี้และปริมาณไขมันทรานส์ การใช้ทั้งสององค์ประกอบร่วมกัน พบว่า สามารถปรับปรุงความยืดหยุ่นโดยโดของคุกกี้ไม่มีการแตกขาดระหว่างการขยายและขึ้นรูปคุกกี้ คุกกี้เนยที่มีเบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดมีอัตราการแผ่ตัวและค่าสีเหลืองต่ำลง มีความแข็งที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงคุกกี้เนยในท้องตลาด และได้การยอมรับจากผู้บริโภค นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนและเส้นใยอาหารในคุกกี้เนยเพิ่มขึ้น การศึกษาทางเคมีพบว่าปริมาณไขมันลดลงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม สูตรคุกกี้เนยที่พัฒนาขึ้นไม่มีองค์ประกอบของไขมันทรานส์

จะเห็นได้ว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำวัตถุดิบตระกูลถั่วเมล็ดต่าง ๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลของถั่วพิวเร 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วแดง ถั่วทอง (ถั่วเขียวเลาะเปลือก) และถั่วขาว ในการทดแทนปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ยังคงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค พร้อมทั้งศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. ถั่วแดงหลวง ตราท๊อป
2. ถั่วเขียวเลาะเปลือก ตราท๊อป
3. ถั่วขาวเมล็ดเล็ก ตรามายช้อยส์
4. เนยชนิดจืด ตราออร์คิด
5. แป้งสาลีอเนกประสงค์ ตราว่าว
6. น้ำตาลเบเกอรี (caster sugar) ตราลิน
7. ไข่ไก่ เบอร์ 2
8. เกลือป่น ตราปรุงทิพย์
9. ผงฟู ดับเบิลแอคชั่น ตราแม็กกาแรต

วิธีการ

1. การศึกษาคุณสมบัติของถั่วเมล็ดแห้งและถั่วพิวเร

1.1 ถั่วเมล็ดแห้ง

1.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเมล็ดแห้ง โดยส่งตัวอย่างทดสอบ ณ ศูนย์บริการประกันคุณภาพอาหาร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ปริมาณความชื้น โดยวิธี AOAC (2019) 925.10

2) ปริมาณโปรตีน โดยวิธี In-house method WI-TMC-03 based on AOAC (2019) 991.20

3) ปริมาณไขมัน โดยวิธี In-house method WI-TMC-100 based on AOAC (2019) 2003.05

4) ปริมาณเถ้า โดยวิธี AOAC (2019) 923.03

5) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยวิธี Methods of Analysis for Nutrition Labeling (1993) Chapter 6, p. 106

6) ปริมาณกากใยอาหารทั้งหมด

1.1.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption capacity)

ความสามารถในการดูดซับน้ำ ดัดแปลงวิธีการจาก วิชมณี และคณะ (2560)[5] ชั่งตัวอย่างถั่วเมล็ดแห้งที่บดละเอียดประมาณ 0.5 กรัม ด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียดแล้วบันทึกน้ำหนักที่แท้จริง ใส่ตัวอย่างในหลอดเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำ 30 มิลลิลิตร เขย่าผสมด้วยเครื่อง vortex mixer เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเซ็นทริฟิวส์ ความเร็วรอบ 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที รินแยกน้ำส่วนใสออกและนำเจลที่ได้ไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ จากสมการ (1)

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำ (g/g)} = \frac{\text{น.น. ของเจล (g)} - \text{น.น. แห้งของตัวอย่างเริ่มต้น (g)}}{\text{น.น. แห้งของตัวอย่างเริ่มต้น (g)}} \quad .....(1)$$

1.1.3 ความสามารถดูดซับน้ำมัน (oil absorption capacity)

การวิเคราะห์ความสามารถดูดซับน้ำมัน ดัดแปลงวิธีการจาก วิชมณี และคณะ (2560)[5] นำถั่วเมล็ดแห้งที่บดละเอียดประมาณ 0.5 กรัม (ชั่งด้วยเครื่องชั่งอย่างละเอียดและบันทึกน้ำหนักที่แท้จริง) ใส่ตัวอย่างในหลอดเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำมันถั่วเหลือง 10 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าผสมด้วยเครื่อง vortex mixer นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกด้วยเครื่องเซ็นทริฟิวส์ ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที รินแยกน้ำมันส่วนใสออกและนำตะกอนหรือตัวอย่างที่อมน้ำมันที่ได้ไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน จากสมการ (2)

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (g/g)} = \frac{\text{น.น. ตะกอนตัวอย่างอมน้ำมัน (g)} - \text{น.น. ตัวอย่างเริ่มต้น (g)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (g)}} \quad .....(2)$$

1.1.4 คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน (emulsifying activity)

คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน ดัดแปลงวิธีการจาก วิชมณี และคณะ (2560)[5] และ พัสตราภรณ์ และคณะ (2559)[6] นำตัวอย่างถั่วเมล็ดแห้งที่บดละเอียดแล้วมาผสมน้ำที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 ให้มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ตัวอย่างในหลอดเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำมันถั่วเหลือง 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ ความเร็วในการปั่น 10,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที เพื่อให้เกิดเป็นอิมัลชัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 1,200 g นาน 5 นาที วัดปริมาตรอิมัลชันที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณคุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน จากสมการ (3)

$$\text{คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน (\%)} = \frac{\text{ปริมาตรสารละลายอิมัลชัน (ml)}}{\text{ปริมาตรของสารละลายทั้งหมด (ml)}} \times 100 \quad .....(3)$$

1.2 ถั่วพิวเร

1.2.1 การเตรียมถั่วพิวเร

นำถั่วแดง ถั่วทอง และถั่วขาว ปริมาณชนิดละ 150 กรัม ล้างให้สะอาด แช่ในน้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นนำมาต้มในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยถั่วในแต่ละชนิดใช้ระยะเวลาในการต้มที่แตกต่างกัน คือ ถั่วแดงต้มนาน 30 นาที ถั่วทองต้มนาน 7 นาที และถั่วขาวต้มนาน 1 ชั่วโมง ล้างด้วยน้ำอีกครั้งเพื่อลดอุณหภูมิ นำไปปั่นให้ละเอียดกับน้ำ 150 กรัม สำหรับถั่วแดง เมื่อปั่นละเอียดแล้ว ให้นำมากรองผ่านกระชอนละเอียดอีกครั้ง เพื่อกำจัดกากจากเปลือกออก

1.2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

นำถั่วพิวเรมาตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1) ปริมาณความชื้นของถั่วพิวเร โดยวิธี AOAC (2019) 925.10[7]

2) ค่าสีของถั่วพิวเร ด้วยเครื่องวัดสี (Spectraflash SF600 Plus, Datacolor, USA) โดยใช้รูรับแสงขนาด 9 มิลลิเมตร ในระบบ CIELAB และบันทึกค่าสี L* a* และ b* ทำการวิเคราะห์สิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ

2. การศึกษาชนิดและปริมาณถั่วพิวเรต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมัน

2.1 การเตรียมคุกกี้

คุกกี้เนยสูตรควบคุม มีส่วนผสมและปริมาณแสดงดัง Table 1 โดยการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด จะใช้ถั่วพิวเรทดแทนส่วนของเนยจืด มีระดับการทดแทน 4 ระดับ คือ 15, 30, 45 และ 60% โดยน้ำหนักเนยจืด ดังนี้ เนยจืด:ถั่วพิวเร เป็น 85:15, 70:30, 55:45 และ 40:60 ตามลำดับ และยังใช้ส่วนผสมอื่น ๆ ในปริมาณที่คงเดิม

Table 1 Recipe of control butter cookie

ingredients	weight (g)
all purpose flour	120
unsalted butter	100
egg	50
caster sugar	45
baking powder	1.3
salt	0.8

ขั้นตอนการผลิตคุกกี้ เริ่มจากร่อนผสมแป้งสาลีอเนกประสงค์ ผงฟู และเกลือเตรียมไว้ จากนั้นตีผสมเนยจืดและน้ำตาลเบเกอรีเข้าด้วยกันด้วยเครื่องตีแป้งแบบมือถือ (HM45, Tefal, China) หัวตะกร้อด้วยความเร็วระดับ 3 นาน 2 นาที จนขึ้นฟู จึงเติมไข่ไก่แล้วตีให้เข้ากันอีกเล็กน้อย เติมถั่วพิวเรตามสัดส่วนแล้วตีผสมต่อด้วยความเร็วระดับ 1 อีก 30 วินาที จากนั้นเติมส่วนของแป้งอเนกประสงค์ที่ร่อนผสมเตรียมไว้ข้างต้น แล้วตีด้วยความเร็วระดับ 1 จนส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันดีจึงตักแบ่งโดยใช้ที่ตักไอศกรีมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร นำไปอบในเตาอบ (HW-E007, House Worth, China) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 11 นาที นำคุกกี้มาพักให้เย็นบนตะแกรง 30 นาที เก็บรักษาในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง (30±2°C) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

2.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมัน

2.2.1 การวิเคราะห์ค่าสี

นำตัวอย่างคุกกี้ทั้งชิ้นมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Spectraflash SF600 Plus, Datacolor, USA) โดยใช้รูรับแสงขนาด 9 มิลลิเมตร ในระบบ CIE-LAB และบันทึกค่าสี L* a* และ b* โดยใช้ตัวอย่างละ 5 ชิ้น แต่ละชิ้นวัดค่าสี 3 ซ้ำ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2.2.2 การวัดค่าการแผ่ขยายตัว (Spread ratio)

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคุกกี้ทั้งหมด 6 ชิ้น ที่เรียงชนกัน จากนั้นจับคุกกี้แต่ละชิ้นทำมุม 90 องศา วัดความกว้างอีกครั้ง หาค่าเฉลี่ยความกว้างของคุกกี้ 1 ชิ้น วัดความหนาของคุกกี้ 6 ชิ้นที่วางเรียงซ้อนทับกัน จับคุกกี้วางเรียงใหม่ให้มีตำแหน่งต่างจากเดิม วัดความหนาอีกครั้ง หาค่าความหนาของคุกกี้ต่อ 1 ชิ้น คำนวณค่าการแผ่ขยายตัวจากอัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหารด้วยความหนาของคุกกี้ (AACC, 1983)[5]

2.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

นำชิ้นคุกกี้มาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (TA.XT plus, Stable Micro Systems, UK) ใช้หัววัดแบบใบมีด (Blade Set: HDP/BS) รูปแบบแรงกด (compression test) ความเร็วก่อนการทดสอบ 1.5 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วขณะทดสอบ 2.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหลังการทดสอบ 10.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทาง 5.0 มิลลิเมตร และแรงในการบีบอัด 10 กรัม บันทึกค่าแรงกดสูงสุดและระยะทางของเส้นกราฟ รายงานผลเป็นค่าความแข็งและค่าความกรอบ ตามลำดับ

2.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางประสาทสัมผัสคุกกี้ทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเร จะทำการทดสอบ 2 ครั้ง

1) การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยเปรียบเทียบคุกกี้ที่ใช้ถั่วพิวเรชนิดเดียวกันแต่มีระดับการทดแทนไขมันแตกต่างกันและในการทดสอบจะใช้คุกกี้สูตรควบคุมเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบด้วยเสมอ (0, 15, 30, 45 และ 60%) นำมาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test ในด้านลักษณะปรากฏสี เนื้อสัมผัส ความกรอบร่วน รสชาติ กลิ่นรส ความหวาน ความมัน และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 20 คน ทั้งนี้เนื่องจากมีจำนวนตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง/ชนิดถั่วพิวเร การทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้สำหรับคุกกี้ถั่วพิวเรแต่ละชนิดจึงดำเนินการต่างวันและใช้ผู้ทดสอบชิมต่างกลุ่มกัน ดังนั้นการพิจารณาคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงเปรียบเทียบเฉพาะในกลุ่มคุกกี้ที่ใช้ถั่วพิวเรชนิดเดียวกันเท่านั้น

2) การทดสอบการยอมรับเพื่อคัดเลือกคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบ โดยนำคุกกี้ถั่วพิวเรที่สามารถทดแทนไขมันได้สูงสุดและได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม มาทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้งโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน เพื่อเลือกสูตรที่ยอมรับมากที่สุด 1 ตัวอย่าง เป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบและใช้สำหรับการศึกษาอายุการเก็บในขั้นตอนต่อไป

3. การศึกษาอายุการเก็บ

นำผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบ ซึ่งเป็นผลจากการคัดเลือกการทดสอบทางประสาทสัมผัส มาศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ โดยผลิตคุกกี้สูตรดังกล่าวใหม่ทั้งหมด แล้วนำมาเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท นำไปทดสอบค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และการเกิดกลิ่นหืนโดยการตรวจวัดค่า peroxide value โดยสุ่มตัวอย่างวัดค่าดังกล่าวทุกเดือน จนมีค่าที่ติดตามเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีอายุการเก็บ 0 เดือน ถือว่าสิ้นสุดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

4. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) สำหรับการตรวจสอบทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติของถั่วเมล็ดแห้ง 3 ชนิด คือ ถั่วแดง ถั่วทอง ถั่วขาว และถั่วพิวเร

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบถั่วเมล็ดแห้ง ความสามารถในการการดูดซับน้ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน คุณสมบัติการเกิดอิมัลชัน แสดงดัง Table 2 และเมื่อนำถั่วทั้ง 3 ชนิด มาเตรียมเป็นถั่วพิวเรที่มีความหนืดเหมาะสม สามารถนำไปผลิตคุกกี้ได้ ถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด มีความชื้นและค่าสีดัง Table 3

Table 2 Proximate composition of dry beans and water absorption capacity, oil absorption capacity, emulsifying activity of ground dry bean

properties		red kidney bean	split mung bean	white bean
proximate composition (%)	moisture content	13.05	6.35	12.28
	protein	21.98	23.04	19.98
	fat	1.96	2.04	2.08
	ash	3.03	2.91	2.88
	carbohydrate	59.98	65.66	62.78
	total dietary fiber	21.00	17.92	20.20
water absorption capacity (g/g)		6.25	10.02	10.88
oil absorption capacity (g/g)		1.38	1.15	1.12
emulsifying activity (ml/100 ml)		63.37	56.46	54.50

Table 3 Moisture content and color of bean puree

properties		red kidney bean	split mung bean	white bean
moisture content (% w/w)		75.53 ± 0.40 ^{ab}	76.99 ± 1.49 ^{a}	74.78 ± 1.05 ^{b}
color	L*	56.27 ± 1.45^{c}	74.38 ± 0.87^{a}	72.02 ± 0.16^{b}
	a*	7.45 ± 0.31^{a}	-1.58 ± 0.11^{c}	1.95 ± 0.20^{b}
	b*	6.91 ± 0.28^{c}	21.10 ± 0.84^{a}	13.64 ± 0.40^{b}

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

2. ผลของชนิดและปริมาณการใช้ถั่วพิวเรต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมัน

2.1 ลักษณะปรากฏ สี และค่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ลดไขมัน

ผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมันที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเร และถั่วขาวพิวเร ที่ปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงดัง Figure 1 และมีค่าสีดัง Table 4

ค่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ลดไขมันแสดงดัง Table 5 พบว่า การเพิ่มปริมาณการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเร และถั่วขาวพิวเร ส่งผลให้ค่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Figure 1 Reduced fat butter cookies which using bean puree as fat replacer

Table 4 CIELAB color of reduce fat butter cookies which using bean puree as fat replacer

CIELAB color	level of using bean puree as fat replacer	red kidney bean puree	split mung bean puree	white bean puree
L*	0 %	79.05 ± 1.38 ^{b}		
	15 %	77.04 ± 1.60 ^{cd}	80.51 ± 0.51 ^{ab}	81.18 ± 1.09 ^{a}
	30 %	77.43 ± 0.89 ^{c}	81.13 ± 1.20 ^{a}	81.50 ± 0.44 ^{a}
	45 %	76.88 ± 0.54 ^{cd}	81.38 ± 0.89 ^{a}	81.11 ± 0.29 ^{a}
	60 %	75.72 ± 0.49 ^{d}	81.53 ± 1.09 ^{a}	81.45 ± 0.29 ^{a}
a*	0 %	8.08 ± 1.19 ^{a}		
	15 %	8.07 ± 1.27 ^{a}	6.53 ± 1.01 ^{bcd}	5.33 ± 0.81 ^{d}
	30 %	7.04 ± 0.42 ^{abc}	5.87 ± 0.95 ^{bcd}	5.32 ± 0.58 ^{d}
	45 %	6.08 ± 0.36 ^{abcd}	5.88 ± 0.81 ^{bcd}	5.57 ± 0.67 ^{cd}
	60 %	7.32 ± 0.62 ^{ab}	5.76 ± 0.61 ^{cd}	5.34 ± 0.42 ^{d}
b*	0 %	38.56 ± 1.10 ^{a}		
	15 %	36.35 ± 1.58 ^{ab}	37.35 ± 1.97 ^{a}	34.58 ± 1.09 ^{bcd}
	30 %	32.29 ± 2.12 ^{de}	36.46 ± 2.08 ^{abc}	33.71 ± 0.64 ^{cd}
	45 %	29.55 ± 0.96 ^{fg}	34.74 ± 0.92 ^{bcd}	33.03 ± 0.87 ^{de}
	60 %	28.08 ± 1.04 ^{g}	34.60 ± 1.02 ^{ef}	31.14 ± 0.99 ^{ef}

Note: The different superscript letters in the same each CIELAB color (L*, a*, b*) indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

Table 5 Spread ratio of reduced fat butter cookies which using bean puree as fat replacer

level of using bean puree as fat replacer	spread ratio $^{(NS)}$		
	red kidney bean puree	split mung bean puree	white bean puree
0 %	7.91 ± 0.49		
15 %	7.83 ± 0.91	7.06 ± 0.25	7.85 ± 0.48
30 %	7.71 ± 0.70	7.15 ± 0.58	7.55 ± 0.46
45 %	7.05 ± 0.70	6.98 ± 0.50	6.89 ± 0.48
60 %	6.90 ± 0.44	7.36 ± 0.39	6.89 ± 0.48

Note: ^{NS} means non-significantly different ($p > 0.05$)

2.2 ความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ลดไขมัน

ความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัส (ความแข็งและความกรอบ) ของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมันที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเรและถั่วขาวพิวเรที่ปริมาณต่าง ๆ กัน แสดงดัง Table 6

Table 6 Moisture content and texture characteristics of reduced fat butter cookies which using bean puree as fat replacer

properties	level of using bean puree as fat replacer	red kidney bean puree	split mung bean puree	white bean puree
moisture content (% w/w)	0 %	3.54 ± 0.43^{f}		
	15 %	3.94±0.52^{f}	5.91±0.44^{e}	6.09±0.60^{e}
	30 %	5.91±0.24^{e}	7.07±0.98^{de}	7.44±0.98^{e}
	45 %	8.27±1.02^{d}	9.50±0.96^{c}	11.38±0.51^{b}
	60 %	10.76±1.35^{b}	11.74±0.51^{b}	13.41±0.31^{a}
texture characteristic : hardness	0 %	1,426.95 ± 127.38^{g}		
	15 %	2,361.11±825.08^{fg}	3,436.38±1014.72^{ef}	3,567.95±341.48^{de}
	30 %	3,841.91±534.98^{cde}	4,962.00±378.33^{bc}	4,728.52±1056.71^{a}
	45 %	4,282.52±111.58^{cde}	6,241.28±255.91^{a}	6,028.20±513.37^{ab}
	60 %	4,282.52±111.58^{cde}	7,178.37±837.45^{a}	6,715.62±265.04^{a}
texture characteristic : crispiness	0 %	10.33 ± 3.28^{ab}		
	15 %	11.67±3.18^{a}	7.67±1.15^{bcd}	8.45±1.35^{abc}
	30 %	9.17±1.30^{abc}	5.89±2.84^{cde}	7.78±1.83^{bcd}
	45 %	4.67±0.94^{def}	2.89±1.39e^{f}	3.33±2.00^{ef}
	60 %	1.78±0.84^{f}	1.89±1.26^{f}	2.33±1.34^{ef}

Note: The different superscript letters of each properties indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส เนื่องจากการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรแต่ละชนิด มีระดับการทดแทน 4 ระดับ โดยมีตัวอย่างที่ไม่มีการทดแทนไขมันเป็นตัวอย่างควบคุม รวมทั้งสิ้นจะมีตัวอย่างคุกกี้ 5 ตัวอย่าง (0, 15, 30, 45 และ 60%) ต่อชนิดถั่วพิวเร การทดสอบทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรแต่ละชนิดจึงดำเนินการต่างวันและใช้ผู้ทดสอบชิมต่างกลุ่มกัน เพื่อป้องกันไม่ให้มีจำนวนตัวอย่างในการทดสอบแต่ละครั้งมากเกินไป ดังนั้นการพิจารณาคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึง

เปรียบเทียบเฉพาะในกลุ่มคุกกี้ที่ใช้ถั่วพิวเรชนิดเดียวกันเท่านั้น ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แสดงดัง Table 7

2) การทดสอบการยอมรับเพื่อคัดเลือกคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบ เมื่อพิจารณาผลการยอมรับโดยรวมจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรในปริมาณร้อยละ 30 ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่คุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วทองพิวเรในปริมาณร้อยละ 15 ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสามารถทดแทนไขมันได้น้อยกว่าถั่วพิวเรอีก 2 ชนิด ดังนั้น การทดสอบการยอมรับเพื่อคัดเลือกคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบจึงเปรียบเทียบระหว่างคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรในปริมาณร้อยละ 30 พบว่า ผู้ทดสอบชิมเลือกคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรในปริมาณร้อยละ 30 ทั้งหมด 28 คน จาก 30 คน ดังนั้น**คุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรในปริมาณร้อยละ 30** เป็นชนิดและปริมาณของถั่วพิวเรที่สามารถทดแทนไขมันในคุกกี้ได้สูงสุดและเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับการศึกษาอายุการเก็บรักษา

3. การศึกษาอายุการเก็บรักษาคุกกี้

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบ ได้แก่ คุกกี้ที่ทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรในปริมาณร้อยละ 30 บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท ได้แก่ ค่าสี ลักษณะเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง ความแน่นเนื้อ และความกรอบ) และการเกิดกลิ่นหืน แสดงดัง Figure 2-5

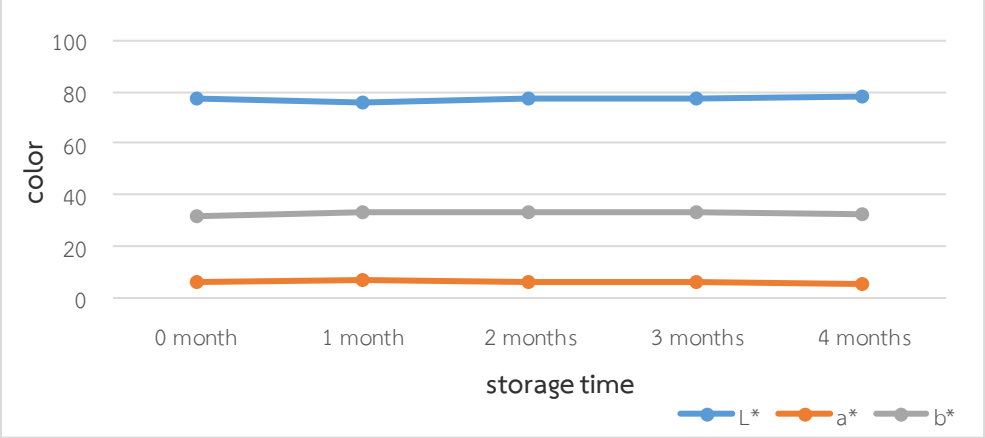

Figure 2 CIELAB color during storage of reduced fat butter cookies prototype

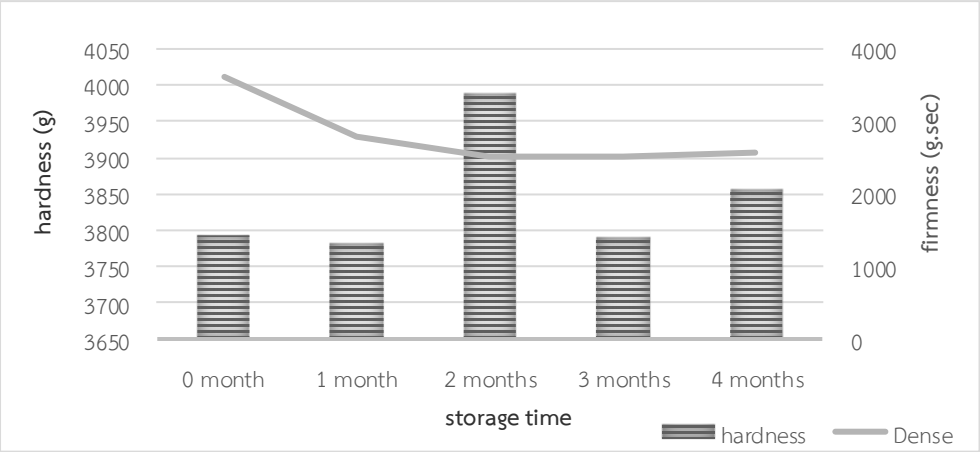

Figure 3 Texture in term of hardness and firmness during storage of reduced fat butter cookies prototype

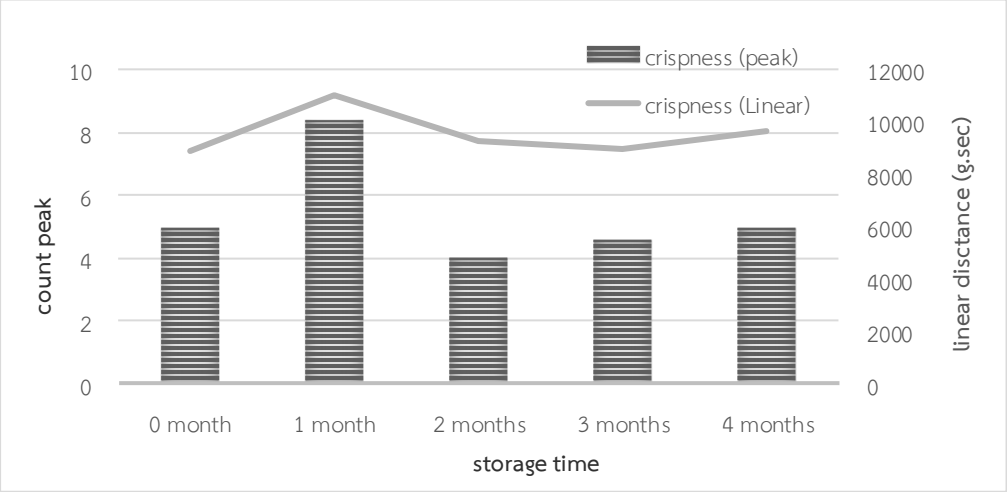

Figure 4 Crispness during storage of reduced fat butter cookies prototype

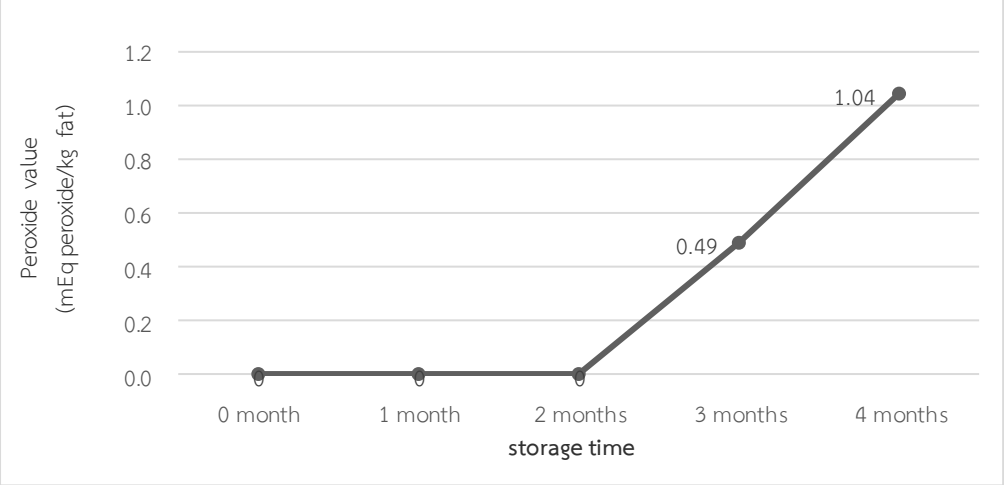

Figure 5 Peroxide value during storage of reduced fat butter cookies prototype

Table 7 Sensory score using 9-point hedonic scale test of reduced fat butter cookies which using bean puree as fat replacer

bean puree	level of using bean puree as fat replacer	appearance	color	overall texture	crumbly	taste	flavor	sweetness	oiliness	overall acceptance
red kidney bean puree	0 %	7.7 ± 1.6^{A}	8.0 ± 1.4^{A}	8.1 ± 1.0^{A}	7.8 ± 1.3^{A}	8.0 ± 1.0^{A}	8.2 ± 0.6^{A}	7.6 ± 1.1^{AB}	7.6 ± 1.0^{AB}	7.9 ± 1.0^{AB}
	15 %	7.6 ± 1.4^{AB}	8.0 ± 0.9^{A}	8.1 ± 0.9^{A}	8.3 ± 0.9^{A}	8.1 ± 0.9^{A}	8.0 ± 0.9^{A}	8.1 ± 1.0^{A}	8.1 ± 1.0^{A}	8.3 ± 0.8^{A}
	30 %	7.5 ± 1.0^{AB}	7.4 ± 1.1^{AB}	6.8 ± 1.1^{B}	6.7 ± 1.1^{B}	7.0 ± 0.9^{B}	6.9 ± 1.1^{B}	7.0 ± 1.0^{BC}	7.1 ± 1.2^{B}	7.1 ± 0.9^{B}
	45 %	6.9 ± 1.2^{AB}	6.9 ± 1.2^{B}	5.6 ± 1.8^{C}	5.6 ± 1.8^{C}	6.2 ± 1.6^{B}	6.2 ± 1.5^{C}	6.5 ± 1.6^{CD}	6.2 ± 1.7^{C}	5.8 ± 1.7^{C}
	60 %	6.8 ± 1.2^{B}	6.7 ± 1.5^{B}	4.5 ± 1.7^{D}	4.7 ± 1.8^{D}	5.3 ± 1.9^{C}	5.7 ± 1.3^{C}	6.1 ± 1.5^{D}	5.8 ± 1.6^{C}	5.0 ± 1.7^{C}
split mung bean puree	0 %	7.9 ± 0.9^{a}	7.9 ± 2.3^{a}	7.7 ± 1.3^{a}	7.6 ± 1.3^{a}	7.8 ± 1.1^{a}	7.7 ± 1.2^{a}	7.6 ± 1.1^{a}	7.6 ± 1.1^{a}	7.8 ± 1.2^{a}
	15 %	7.6 ± 1.1^{ab}	7.5 ± 1.3^{a}	7.4 ± 1.2^{a}	7.4 ± 13^{a}	7.6 ± 1.8^{a}	7.7 ± 1.3^{a}	7.6 ± 1.2^{a}	7.4 ± 1.1^{a}	7.7 ± 1.1^{a}
	30 %	6.8 ± 1.3^{bc}	7.0 ± 1.8^{a}	5.9 ± 1.9^{b}	5.6 ± 1.9^{b}	6.3 ± 1.8^{b}	6.3 ± 1.8^{b}	6.4 ± 1.5^{b}	6.0 ± 1.4^{b}	6.1 ± 1.4^{b}
	45 %	6.9 ± 1.3^{bc}	6.8 ± 1.7^{a}	5.1 ± 2.0^{bc}	5.1 ± 1.8^{b}	6.2 ± 1.9^{b}	6.2 ± 1.6^{b}	6.4 ± 1.5^{b}	6.5 ± 1.5^{b}	6.0 ± 1.8^{b}
	60 %	6.2 ± 1.7^{c}	5.7 ± 2.3^{a}	4.2 ± 1.5^{c}	3.8 ± 1.5^{c}	4.8 ± 1.9^{c}	4.9 ± 1.6^{c}	5.6 ± 2.9^{b}	4.8 ± 1.6^{c}	4.2 ± 1.8^{c}
white bean puree	0 %	7.3 ± 1.8^{x}	7.3 ± 1.8^{x}	6.8 ± 2.1^{x}	6.9 ± 2.0^{x}	7.4 ± 1.4^{x}	7.7 ± 1.4^{x}	7.8 ± 1.1^{x}	7.6 ± 1.3^{x}	7.4 ± 1.4^{x}
	15 %	7.2 ± 1.6^{x}	7.5 ± 1.8^{x}	7.1 ± 1.5^{x}	7.1 ± 1.2^{x}	7.2 ± 1.4^{x}	6.8 ± 1.5^{x}	7.3 ± 1.5^{x}	7.1 ± 1.5^{xy}	7.3 ± 1.1^{x}
	30 %	7.1 ± 1.9^{x}	7.2 ± 2.1^{x}	6.0 ± 2.3^{x}	5.7 ± 2.0^{y}	6.6 ± 1.9^{y}	6.5 ± 1.7^{y}	7.0 ± 1.6^{x}	6.5 ± 1.7^{y}	6.5 ± 1.9^{x}
	45 %	6.2 ± 1.8^{x}	6.4 ± 1.8^{x}	4.5 ± 1.6^{y}	4.4 ± 1.5^{y}	5.7 ± 1.7^{y}	5.4 ± 1.4^{y}	6.0 ± 1.7^{y}	5.5 ± 1.7^{z}	4.9 ± 1.5^{y}
	60 %	6.1 ± 1.7^{x}	6.2 ± 2.1^{x}	4.0 ± 1.8^{y}	4.1 ± 1.7^{z}	5.3 ± 1.6^{z}	5.2 ± 1.6^{z}	5.8 ± 2.0^{y}	5.2 ± 2.0^{z}	4.8 ± 1.6^{z}

Note: The different superscript letters in the same column of each bean puree indicate a significantly different ($p \leq 0.05$)

วิจารณ์

1. คุณสมบัติของถั่วเมล็ดแห้งและถั่วพิวเร

ถั่วเมล็ดแห้งทั้ง 3 ชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณใกล้เคียงกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าถั่วทองหรือถั่วเขียวเลาะเปลือกมีปริมาณกากใยอาหารทั้งหมดน้อยที่สุดแม้ว่าจะมีความชื้นต่ำที่สุด ทั้งนี้น่าจะเป็นเพราะการตรวจสอบองค์ประกอบในตัวอย่างถั่วเมล็ดแห้ง ถั่วทองเป็นถั่วชนิดเดียวในการศึกษาครั้งนี้ที่ไม่มีเปลือก ดังนั้นกากใยอาหารจึงต่ำ ในขณะที่โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด

ถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด มีความชื้นใกล้เคียงกัน ถั่วทองพิวเรและถั่วขาวพิวเรมีความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน และคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันใกล้เคียงกัน ในขณะที่ถั่วแดงมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันและคุณสมบัติการเกิดอิมัลชันสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงข้อได้เปรียบของการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนไขมัน

เมื่อพิจารณาค่าสีของถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเร และถั่วขาวพิวเร จากค่า L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) (Table 3) พบว่า ถั่วทองพิวเรมีความสว่างสูงสุด ตามด้วยถั่วขาวพิวเร และถั่วแดงพิวเรที่มีค่าความสว่างต่ำสุด โดยถั่วทองพิวเรและถั่วขาวพิวเรมีค่าความสว่างค่อนข้างใกล้เคียงกัน และจากค่า a* จะเห็นได้ว่าถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเร มีค่าไปทางบวกซึ่งแสดงถึงความเป็นสีแดง ขณะที่ค่า a* ของถั่วทองพิวเรมีค่าไปทางลบซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเขียว และในส่วนค่า b* พบว่า ถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด มีค่าไปทางบวกซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลือง โดยถั่วทองพิวเรให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงสุด ตามด้วยถั่วขาวพิวเร และถั่วแดงพิวเรที่มีค่าต่ำสุด

2. ผลของชนิดและปริมาณการใช้ถั่วพิวเรต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมัน

2.1 ลักษณะปรากฏและสีของคุกกี้

ชนิดและปริมาณการใช้ถั่วพิวเรไม่ส่งผลต่อรูปทรงของคุกกี้ (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการแผ่ขยายตัวของคุกกี้ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) แต่มีผลต่อค่าสีของคุกกี้ที่ต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 4) โดยการเพิ่มปริมาณถั่วแดงพิวเร ส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลง ขณะที่คุกกี้ที่มีการเพิ่มปริมาณถั่วทองพิวเรและถั่วขาวพิวเร ไม่ส่งผลให้ค่าความสว่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คุกกี้ที่การทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเร และถั่วขาวพิวเร ส่งผลให้ค่า a* มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แต่การเพิ่มปริมาณการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด ตั้งแต่ร้อยละ 15-60 ไม่ส่งผลต่อค่า a* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่การเพิ่มระดับการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้ค่า b* ลดลง ซึ่งแสดงถึงความเป็นสีเหลืองลดลงเนื่องจากเมื่อปริมาณเนยลดลง ปริมาณบีตา-แคโรทีนซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองที่พบในเนยจึงลดลงด้วย

2.2 ความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้ลดไขมัน

คุกกี้สูตรควบคุมและคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรแต่ละชนิดที่ปริมาณต่าง ๆ มีความชื้นและลักษณะเนื้อสัมผัสของคุกกี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (Table 6) โดยคุกกี้จะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ค่าความกรอบลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิด เป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณไขมันซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้คุกกี้มีความโปร่งและกรอบร่วน และการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นจากถั่วพิวเร ด้วยเหตุนี้การเติมถั่วพิวเรจึงส่งผลให้คุกกี้มีความกรอบลดลง โดยถั่วพิวเรแต่ละชนิดมีระดับการทดแทนไขมันแตกต่างกันที่ส่งผลให้คุกกี้ยังคงมีค่าความกรอบไม่แตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คือ ถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรที่ระดับการทดแทนร้อยละ 30 ในขณะที่ถั่วทองพิวเรที่ระดับการทดแทนร้อยละ 15

2.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

1) ผลทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แสดงดัง Table 7 พบว่า การเพิ่มปริมาณถั่วแดงพิวเร ถั่วทองพิวเร และถั่วขาวพิวเร ส่งผลต่อคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส ความกรอบร่วน รสชาติ กลิ่นรส ความหวาน ความมัน และความชอบโดยรวม มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ทั้งนี้คุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรปริมาณร้อยละ 15 ได้รับคะแนนความชอบในทุกด้านไม่มีความแตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อมีการเพิ่มปริมาณถั่วแดงพิวเรร้อยละ 30 ขึ้นไป พบว่า ค่าคะแนนความชอบในหลายคุณลักษณะความแตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้น ลักษณะปรากฏ สี ความหวาน และความมัน เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวมพบว่าตัวอย่างที่สามารถทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรได้ปริมาณสูงสุดโดยผู้ทดสอบให้การยอมรับไม่แตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) คือ คุกกี้ที่ทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรร้อยละ 30

สำหรับการทดแทนไขมันด้วยถั่วทองพิวเร พบว่า มีแนวโน้มในด้านต่าง ๆ ลักษณะเดียวกันกับการใช้ถั่วแดงพิวเร แต่เมื่อมีการทดแทนไขมันด้วยถั่วทองพิวเรตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไป พบว่า ค่าคะแนนความชอบในทุกด้านยกเว้นสีมีความแตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นปริมาณถั่วทองพิวเรที่สามารถทดแทนไขมันในคุกกี้ได้สูงสุดคือร้อยละ 15 โดยที่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับไม่แตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การทดแทนไขมันด้วยถั่วขาวพิวเร มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันกับการใช้ถั่วแดงพิวเรและถั่วทองพิวเร เมื่อมีการเพิ่มปริมาณถั่วขาวพิวเรที่ร้อยละ 30 ขึ้นไป ส่งผลให้ค่าคะแนนความชอบต่อความกรอบร่วน รสชาติ กลิ่นรส และความมันแตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่คะแนนความชอบในด้าน

ลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส ความหวาน และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบโดยรวม ตัวอย่างที่สามารถทดแทนไขมันด้วยถั่วขาวพิวเรได้ปริมาณสูงสุดโดยผู้ทดสอบให้การยอมรับไม่แตกต่างจากคุกกี้สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) คือ คุกกี้ที่ทดแทนไขมันด้วยถั่วขาวพิวเรร้อยละ 30

2) การทดสอบการยอมรับเพื่อคัดเลือกคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบ ผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 30 คน เลือกคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรร้อยละ 30 จำนวน 28 คน โดยให้เหตุผลว่ามีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วขาวพิวเรโดยเฉพาะด้านความกรอบ ดังนั้นคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรในปริมาณร้อยละ 30 เป็นคุกกี้ที่มีการทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรต้นแบบ

3. การศึกษาอายุการเก็บคุกกี้

การเก็บผลิตภัณฑ์คุกกี้ต้นแบบในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ สีและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้เกิดกลิ่นหืน พิจารณาจากค่า peroxide ที่เปลี่ยนแปลงในเดือนที่ 3 และสูงขึ้นในเดือนที่ 4 ดังนั้นจึงยุติการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองดังกล่าวสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรต้นแบบสามารถเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 2 เดือน

สรุป

ถั่วพิวเรมีความชื้นใกล้เคียงกันแต่มีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสีของถั่วแต่ละชนิด เมื่อนำไปใช้ทดแทนไขมันในคุกกี้พบว่า ชนิดถั่วพิวเรและระดับการทดแทนไขมันส่งผลต่อคุณสมบัติของคุกกี้ต่างกัน การทดแทนไขมันด้วยถั่วพิวเรส่งผลให้คุกกี้มีสีแตกต่างจากสูตรควบคุม การเพิ่มปริมาณถั่วแดงพิวเรส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง (p≤0.05) ในขณะที่การเพิ่มปริมาณถั่วทองพิวเรและถั่วขาวพิวเรไม่ส่งผลต่อค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) (p>0.05) แต่ส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ลดลง (p≤0.05) การเพิ่มปริมาณถั่วพิวเรทั้ง 3 ชนิดส่งผลให้คุกกี้มีความชื้นและค่าความแข็งสูงขึ้นแต่ความกรอบลดลง เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า ปริมาณของถั่วพิวเรที่สามารถทดแทนไขมันในคุกกี้ได้สูงสุดโดยที่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับไม่แตกต่างจากตัวอย่างสูตรควบคุม คือ การทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรร้อยละ 30 ในขณะที่ถั่วทองพิวเรสามารถทดแทนไขมันได้เพียงร้อยละ 15 การคัดเลือกผลิตภัณฑ์ต้นแบบจากตัวอย่างที่สามารถทดแทนไขมันได้สูงสุด คือ คุกกี้ทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรและถั่วขาวพิวเรร้อยละ 30 โดยผู้ชิม 30 คน พบว่า ผู้ชิม 28 คน เลือกคุกกี้ทดแทนไขมันด้วยถั่วแดงพิวเรเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้สามารถเก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 2 เดือน โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส และไม่เกิดกลิ่นหืน

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นการเผยแพร่ผลการทดลองโครงการ การใช้ถั่วพิวเรทดแทนไขมันในคุกกี้ รหัสโครง ว-ท(ด) 111.54 ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2554 โดยมี คุณศรุดา (ตวิษา) โลหะนะ เป็นหัวหน้าโครงการ

เอกสารอ้างอิง

1. ธีรนุช ฉายศิริโชติ. ขนมอบ คู่มือบทปฏิบัติการเทคโนโลยีขนมอบ. กรุงเทพมหานคร: สถาบันราชภัฏสวนดุสิต; 2546.
2. O'Connor TP, O'Brien NM. Fat Replacers. Reference Module in Food Science. 2016.
3. สิรินาถ ตัณฑเกษม, สุภางค์ เรืองฉาย. การทดแทนไขมันในคุกกี้โดยใช้ถั่วลิสงบด. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 2554;31(2):114-125.
4. มนตรี ฉายสว่าง, อภินันท์ ศรีไพวัลย์, สมใจ สืบเสาะ. การใช้เบต้ากลูแคนและถั่วลันเตาบดเป็นสารทดแทนไขมันในคุกกี้เนย ชนิดปราศจากกลูเตนและไขมันทรานส์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2562;24(1):272-283.
5. วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สันทัด วิเชียรโชติ, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ. การเพิ่มมูลค่ากากสมันไพรไทยบางชนิดที่เป็นส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดโดยใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อสุขภาพ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ. 2560;120-122.
6. พัสตราภรณ์ ทองอิ่มพงษ์, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, อรพิน เกิดชูชื่น, สุรพงษ์ พินิจกลาง, เบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. สมบัติต้านอนุมูลอิสระและสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากกากทานตะวันที่ไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์โบรมิเลนและ Flavourzyme®. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 2559;39(4):565-583.
7. AACC. Approved method of the American association of cereal chemists. 8th ed. St paul: American association of cereal chemists. 1983;inc.10-50D.

ประสิทธิผลของควินัวในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน

พัทธนันท์ ฉัตรอนุมานนท์[1]

ดร.กมลวรรณ ชูชีพ[1]

[1]สาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร และอาหาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร
อีเมล : pattananchartanumanon@gmail.com
รับเมื่อ 7 ตุลาคม 2565 **แก้ไขเมื่อ** 26 ตุลาคม 2565 **ตอบรับเมื่อ** 27 ธันวาคม 2565

จุดเด่น

- ประสิทธิผลของเมล็ดควินัว
- ผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน
- การใช้ควินัวทดแทนแป้งสาลี

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีประชากรจำนวนไม่น้อยในผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตนและโรคเซลิแอค (Coeliac disease) ซึ่งเกิดจากการแพ้ภูมิตัวเอง จะแสดงอาการเมื่อร่างกายสร้างภูมิต้านทาน โดยสารต่อต้านกลูเตนจะทำลายลำไส้เล็กทำให้ไม่สามารถดูดซึมอาหารได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ป่วยโรคแพ้กลูเตน โดยใช้ส่วนผสมของควินัว (quinoa) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนจำเป็นถึง 9 ชนิด และมีโปรตีนสูง ทำการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบควินัว พัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งควินัว วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ค่าสี ปริมาณน้ำอิสระ เนื้อสัมผัส รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งควินัวจากผลการทดลองพบว่า ในวัตถุดิบมีปริมาณสารซาโปนินในระดับที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย (โดยไม่ควรมีปริมาณสูงกว่า 7.3 g/ml) ซึ่งเมล็ดควินัวสีแดงที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณ 6.34±0.06 g/ml และเมล็ดควินัวสีขาวมีปริมาณสารซาโปนิน 6.51±0.01 g/ml และในผลิตภัณฑ์พบว่า มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 6.46% ซึ่งสูงมากกว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังธัญพืชทั่วไป ผลค่าสีของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดพบว่า เนื้อของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน (L* 36.27±0.93, a* 9.68±1.40 และ b* 23.77±3.57) มีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด (L* 73.8±4.79, a* -0.47±0.12 และ b* 13.13±0.29) เมื่อเปรียบเทียบเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กับผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมีค่าความแข็ง

ความสามารถในการยืดเกาะ ความหยุ่น ความเหนียว และความรู้สึกในการเคี้ยวได้ (720.12±56.13, 0.44±0.16, 0.64±0.47, 316.85±0.02 และ 2.02±0.04 ตามลำดับ) น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน (1161.79±154.03, 0.57±0.3, 0.89±0.59, 661.77±0.16 และ 6.49±0.27 ตามลำดับ) และในขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน มีปริมาณน้ำอิสระไม่ต่างจากขนมปังทั่วไป และในแง่ของการศึกษาการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากแป้งควินัวพบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (6.2 คะแนน) และยอมรับผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 80

คำสำคัญ : ควินัว ขนมปัง ขนมปังปราศจากกลูเตน

The effectiveness of quinoa in gluten-free bread

Pattanan Chartanumanon[1]

Kamonwan Chucheep[1], **Ph.D**

[1]Food and agricutural biotechnology

King's Mongkut of Technology Ladkrabang Prince of Chumphon Campus

E-mail : pattananchartanumanon@gmail.com

Received 7 October 2022; **Revised** 26 October 2022; **Accepted** 27 December 2022

Highlights

- The effectiveness of quinoa seeds
- Coeliac patient alternative product
- Using quinoa as wheat replacement

Abstract

Nowadays, the number of people who have coeliac disease, a chronic, lifelong disease caused by the body's exposure to gluten-containing foods, increases. Therefore, this research aimed to develop a product to increase the choice for patients with gluten intolerance by using a mixture of quinoa which is rich in nutrients that are containing nine essential amino acid, and high in protein. The chemical composition of quinoa, raw material was analyzed. A gluten-free bread recipe was developed using quinoa flour instead of wheat flour. The chemical properties, color, and texture properties, water activity (a_w) content were evaluated as well as sensory evaluation to estimate consumer acceptance of the gluten-free bread products made from quinoa flakes. The quality of prototype product was investigated and compared with the normally gluten-free commercial bread. The results showed that the raw materials contained very low amount of saponin content that had no harmful for consumption (more than 7.3 g/ml is harmful), red quinoa contained 6.34±0.06 g/ml and white quinoa contained 6.51±0.01 g/ml. The protein content of the product was higher than whole wheat bread (6.46%) in the market. According to colorimetric evaluation, the gluten-free bread products from the market (L* 73.8±4.79, a* -0.47±0.12 and b* 13.13±0.29) presented lighter color than the prototype product (L* 36.27±0.93, a* 9.68±1.40 and b*

23.77±3.57). The texture of the gluten-free quinoa bread; hardness (g), cohesiveness (g.sec/g.sec), springiness (sec/sec), gumminess (g) (720.12±56.13, 0.44±0.16, 0.64±0.47, 316.85±0.02 and 2.02±0.04) was significantly different from the commercial gluten-free bread (1161.79±154.03, 0.57±0.3, 0.89±0.59, 661.77±0.16 and 6.49±0.27). For sensory evaluation, the overall acceptance value of the product was around 6.2 and 80% of the total panelists accepted the prototype product.

Keywords : quinoa, bread, gluten-free bread

บทนำ

ควินัว (quinoa) เป็นพืชพันธุ์พื้นเมืองในเขตที่แหล่งปลูกดั้งเดิมมาจากกลุ่มประเทศในเขตเทือกเขาแอนดิส (Andes) ในทวีปอเมริกาใต้ เป็นสุดยอดอาหารของชาวอินคา โดยควินัวนั้นได้ถูกเปรียบเทียบให้เป็นเหมือนทองของชาวอินคา หรืออีกนัยหนึ่งคือสุดยอดธัญพืช (super grain) ควินัวนั้นอุดมไปด้วยสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นถึง 8 ชนิด สูงถึง 12-18% ซึ่งร่างกายจะนำมาสร้างเป็นโปรตีน เพื่อซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย โดยโปรตีนที่มาจากควินัวนั้นจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับโปรตีนที่มีในนมแม่ มีไฟเบอร์สูงกว่าข้าวกล้องถึงสองเท่า อุดมไปด้วยธาตุเหล็ก โพแทสเซียม และไขมันที่เป็นประโยชน์ และนอกจากนั้นยังมีคาร์โบไฮเดรตต่ำ จึงทำให้ควินัวนั้นกลายเป็นที่นิยมของกลุ่มคนที่รักสุขภาพ เนื่องจากควินัวนั้นสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายไม่ว่าจะเป็นอาหารคาว หรืออาหารหวานเพราะสามารถนำไปแปรรูปเป็นแป้งหรือรับประทานทั้งรูปเมล็ด คือการนำมาหุงแบบข้าว เป็นต้น นอกจากนั้นควินัวยังสามารถรับประทานแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ จึงเป็นที่นิยมของกลุ่มผู้ชื่นชอบอาหารมังสวิรัติ เพื่อป้องกันไม่ให้ขาดโปรตีน อย่างไรก็ตามในควินัวไม่ควรมีปริมาณสารซาโปนิน สูงกว่า 7.3 g/ml[1] ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย

ปัจจุบันมีผู้คนบริโภคขนมปังกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในชีวิตประจำวัน เช่น นักเรียน นักศึกษา หรือกลุ่มคนที่มีความเร่งรีบในชีวิตประจำวัน[2] ขนมปังจัดเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มขนมอบที่ได้รับความนิยมอีกชนิดหนึ่งที่หาซื้อได้ทั่วไปและราคาไม่แพง ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่มีเวลาจำกัด ต้องการความสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากขนมปังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่คุ้นเคย และมีลักษณะเนื้อละเอียดนุ่ม สามารถรับประทานคู่กับเนยหรือแยมได้อย่างหลากหลาย โดยสามารถรับประทานเป็นอาหารหลัก หรือเป็นอาหารว่างได้[3] แต่ในทางกลับกันก็มีประชากรบนโลกจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถรับประทานขนมปังได้ เนื่องจากมีอาการแพ้ หรือป่วยเป็นโรคแพ้กลูเตน (coeliac disease) ซึ่งเป็นโรคเรื้อรังตลอดชีวิตที่เกิดจากการที่ร่างกาย

ได้รับอาหารที่มีกลูเตน และเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสารอาหารดังกล่าวจะผ่านเข้าสู่ผนังลำไส้ ซึ่งมีวิไล (villi) ในผู้ที่แพ้กลูเตนระบบภูมิคุ้มกันอัตโนมัติของร่างกายจะผลิตแอนติบอดี้ออกมาตอบสนองวิไล และทำร้ายวิไลทำให้เกิดอาการลำไส้เล็กอักเสบ ซึ่งการที่เนื้อเยื่อในลำไส้เล็กถูกทำลายจะทำให้ลำไส้เล็กไม่สามารถดูดซึมสารอาหารได้ ซึ่งในปัจจุบันไม่มียารักษา วิธีการป้องกันที่ดีที่สุด คือหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารที่มีส่วนผสมของกลูเตน หรือสามารถรับประทานได้เพียงแค่อาหารที่ปราศจากกลูเตนเท่านั้น

นอกจากนั้นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังทุกครั้งจำเป็นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จะส่งผลต่อการยอมรับและพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภค เช่น ความนิ่ม ความแข็ง รสหวาน ซึ่งสาเหตุของรสชาติล้วนเป็นผลมาจากอัตราส่วนของวัตถุดิบที่นำมาทำขนมปัง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งหวังว่าผลที่ได้จากการวิจัยจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาสูตรของผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากควินัวให้อยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของขนมปังปราศจากกลูเตนที่ผลิตจากควินัว

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

เมล็ดควินัวสีขาวและสีแดงในอัตราส่วน 1:1 แป้งมันฝรั่ง แซนแทนกัม เกลือ ยีสต์แห้ง น้ำผึ้ง น้ำมัน ไข่ไก่ และน้ำอุ่น (40-50 °C)

อุปกรณ์

กระดาษไข ตะกร้า ผ้าขาวบาง พลาสติกคลุมอาหาร ถาดรองอบ ตาชั่งอิเล็กทรอนิกส์ โถผสม และเตาอบขนาดกลาง

การเตรียมแป้งควินัว

1. ขั้นตอนการกำจัดสารซาโปนินในควินัว

ล้างทำความสะอาดเมล็ดควินัวด้วยน้ำด่างอุณหภูมิ 40°C (ปรับค่า pH ด้วยเบกกิ้งโซดาค่าอยู่ระหว่าง 7.5-8.0) ในอัตราส่วนเมล็ดควินัวต่อน้ำด่าง 1:2 จำนวน 8 ครั้ง โดยในการล้างครั้งสุดท้ายแช่พักไว้เป็นเวลา 30 นาที จึงเทน้ำออก จากนั้นนำไปนึ่งโดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 60°C ในอัตราส่วนเมล็ดควินัวต่อน้ำ 1:2 นาน 30 นาที และนำไปทำให้เป็นผงแห้งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ผงควินัวที่ได้เก็บในถุงปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว

ทำการปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับผู้ที่มีอาการแพ้กลูเตน โดยเริ่มต้นจากส่วนประกอบข้างต้น โดยในแต่ละสูตรจะมีการเพิ่มเติมส่วนประกอบแตกต่างออกไปดัง Table 1 โดยจะทำการเปรียบเทียบเบื้องต้นโดยการเปรียบเทียบรูพรุนของขนมปังและความใกล้เคียงจากรูปลักษณ์ภายนอก

Table 1 The different between each recipe of the gluten-free bread

no.	vinegar	baking soda	baking powder	water
1	✓			
2		✓	✓	
3	✓	✓	✓	
4	✓	✓	✓	✓

3. การวิเคราะห์คุณภาพแป้งควินัว

ทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) assay และวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging capacity วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ด้วยวิธี Aluminium Chloride Colorimetric method และวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนินด้วยวิธี Spectrophotometric method

4. การวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว

คุณภาพทางเคมี

วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ไขมัน และโปรตีนด้วยวิธี AOAC (2019) วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธี Nutrition Labeling (1993) และวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Moisture Analyzer รุ่น HB43 ของ Mettler Toledo

คุณภาพทางกายภาพ

วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Datacolor Spectraflash Spectrophotometer SF600 วิเคราะห์ค่า a_w (Water activity) ด้วยเครื่อง LABMASTER-AW และวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Profile analysis) โดยใช้หัว probe ขนาด P/25 ด้วยเครื่อง TA.XTplus Texture Analyzer

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบสอบถามความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวเพื่อศึกษาความยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ โดยใช้วิธีการ 9-points hedonic scale test โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน โดยมีคะแนนความชอบจากเลข 1-9 โดย 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด ไปจนเลข 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด โดยทำการทดสอบคุณลักษณะด้านสี กลิ่น รส ความนุ่ม และความชอบโดยรวม และทดสอบการยอมรับเบื้องต้น

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้สถิติเชิงพรรณนาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T-test ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

ผลการทดลอง

1. ผลการเปรียบเทียบสูตรในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว

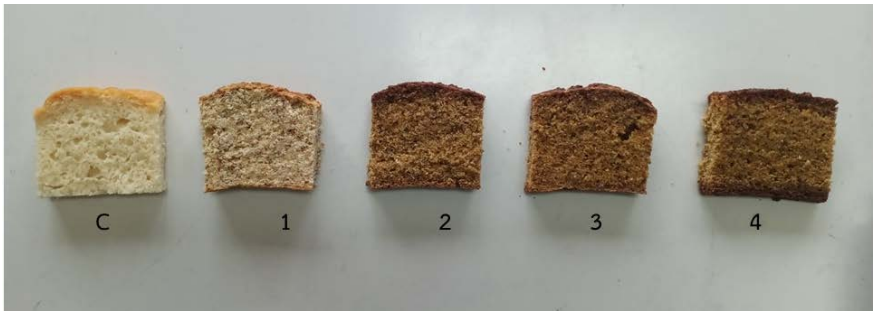

Figure 1 The physical different between each recipe; C : commercial gluten free bread; 1 : quinoa bread No.1; 2 : quinoa bread No.2; 3 : quinoa bread No.3; 4 : quinoa bread No.4

จาก Figure 1 เพื่อต้องการพัฒนาให้ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวมีความใกล้เคียงกับขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมากที่สุดจึงทำการเปรียบเทียบเบื้องต้นด้วยการนำขนมปังควินัวที่ทำการพัฒนามาทำการเปรียบเทียบความนุ่มและรูพรุนของขนมปังกับขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดได้ผลออกมาว่าขนมปังควินัวสูตรที่ 4 มีความใกล้เคียงกับขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมากที่สุด

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของวัตถุดิบควินัว

2.1 ผลการศึกษาทางเคมีของวัตถุดิบควินัว ในการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของวัตถุดิบควินัว ที่มีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ การวิเคราะห์ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และการวิเคราะห์ปริมาณสารซาโปนิน ได้ผลดัง Table 2 ที่แสดงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ คือในวัตถุดิบควินัวดรัมดรายสีแดงมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากวิธี FRAP ปริมาณสารฟลาโนอยด์มากกว่าควินัวดรัมดรายสีขาวเนื่องจากในควินัวสีแดงนั้นมีสารเบต้าไซยานินเป็นองค์ประกอบมากกว่าในควินัวสีขาว ซึ่งแตกต่างจากฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากวิธี DPPH ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารซาโปนินของวัตถุดิบดรัมดรายสีขาวที่มีค่ามากกว่า

2.2. ผลการศึกษาทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนดัง Table 3 ที่แสดงให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และเถ้าน้อยลงตามลำดับ สาเหตุที่ในผลิตภัณฑ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงอาจเนื่องมาจากการเติมแป้งมันฝรั่งในปริมาณที่มากกว่าควินัว และ Table 4 ที่แสดงให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดนั้นมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปริมาณไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนที่ทำจากผงควินัว

Table 2 The result of the raw material quinoa

sample	FRAP assay (μM)	DPPH assay (μM)	total flavonoid content (mg/mL)	total phenolic content (mg/L)	total saponin content (mg/L)
red quinoa powder	2.13±0.23[a]	1.43±0.02[a]	633.74±9.04[a]	0.98±0.02[b]	6.34±0.06[a]
white quinoa powder	2.01±0.24[a]	1.52±0.05[a]	573.47±9.95[b]	1.91±0.2[a]	6.51±0.01[a]

Note: difference superscript letter means significant difference (p<0.05) between column.

Table 3 The chemical component in quinoa bread (%)

content (%)	protein	fat	carbohydrate	ash
quinoa bread	6.46	8.28	38.26	2.08

Table 4 The moisture content of gluten-free bread from quinoa and gluten-free commercial bread

sample	moisture content (%)
QB	39.19±0.23[ns]
MB	39.77±0.43[ns]

Note: QB = quinoa bread; MB = gluten-free bread in market; ns = no significant difference

2.3 ผลการศึกษาทางกายภาพในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัว ผลการตรวจวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขนมปังที่ปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด ได้ผลดังตารางที่ 5 โดยกำหนดให้ L* คือค่าความสว่าง a* คือค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีแดง และ b* คือค่าสีมีแนวโน้มไปทางสีเหลือง โดย Table 5 จะแสดงให้เห็นค่าสีของขนมปังทั้งสองชนิดพบว่า ค่า L* ที่บ่งบอกถึงค่าความสว่างของเนื้อผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และเนื้อขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด ขอบขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าความสว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ค่า a* ที่บ่งบอกถึงแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์มีความใกล้เคียงสีแดงนั้น เนื้อขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และเนื้อผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ขอบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยหากมีค่า a* ที่ต่ำนั้นหมายถึงผลิตภัณฑ์มีสีใกล้เคียงกับสีเขียวมากเท่านั้น และค่า b* ที่บ่งบอกถึงแนวโน้มที่ผลิตภัณฑ์มีค่าสีใกล้เคียงกับสีเหลืองนั้นหมายความว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น

โดยขอบผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน ขอบขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด เนื้อขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน และเนื้อขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นปริมาณน้ำอิสระที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด จาก Table 4 แสดงให้เห็นว่า ความเสี่ยงที่ผลิตภัณฑ์จะเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียและแบคทีเรียก่อโรคทั้งในขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด และผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนที่ทำขึ้นใหม่ และโดยทั่วไปปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ขนมปังธัญพืชจะอยู่ที่ 0.95[4] (Ishida และ Steel, 2014) ซึ่งจากตารางทำให้เห็นว่าในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนมีปริมาณน้ำอิสระที่ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

Table 5 The color value of gluten-free bread from quinoa and gluten-free commercial bread

sample	L*	a*	b*
QB	36.27±0.93^{c}	9.68±1.40^{b}	23.77±3.57^{b}
QB-Crust	27.63±0.47^{d}	8.50±1.16^{c}	8.36± 1.70^{d}
MB	73.80±4.79^{a}	-0.47±0.12^{d}	13.13±0.29^{c}
MB-Crust	55.77±0.90^{b}	15.33±1.67^{a}	34.80±1.04^{a}

Note: QB = quinoa bread; QB-Crust = crust of quinoa bread; MB = gluten-free bread in market; MB-Crust = crust of gluten-free bread in market; difference superscript letter means significant difference (p<0.05) between column.

Table 6 The difference in water activity (a_w) between the gluten-free bread from quinoa and gluten-free commercial bread

water activty (a_w)	sample
QB	0.884±0.001^{a}
MB	0.976±0.001^{b}

Note: QB = quinoa bread; MB = gluten-free bread in market; difference superscript letter means significant difference (p<0.05)

จากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด มีค่าความแข็งตัว ความสามารถในการยืดเกาะ ความหยุ่น ความเหนียว และค่าความเคี้ยวได้น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน แสดงให้เห็นว่าขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นยังมีความแข็งกระด้างและเคี้ยวได้ยากกว่าขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดดัง Table 7

Table 7 The analysis from the texture analyzer between the gluten-free bread from quinoa and gluten-free commercial bread

attribute	sample	
	QB	MB
hardness (g)	1161.79±154.03	720.12±56.13
adhesiveness (g.sec)	0.89±0.04	2.27±0.163
cohesiveness (g.sec/g.sec)	0.57±0.3	0.44±0.16
springiness (sec/sec)	0.89±0.59	0.64±0.47
gumminess (g)	661.77±0.16	316.85±0.02
chewiness (g)	6.49±0.27	2.02±0.04

Note: QB = quinoa bread; MB = gluten-free bread in market.

3. ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

Table 8 The result from the sensory 9-points hedonic scale test of the gluten-free bread from quinoa

parameter	color	appearance	odor	flavor	texture	overall	acceptability (%)
QB	6.43±1.45	6.37±1.75	6.67±1.45	6.10±1.79	6.07±1.89	6.23±1.74	80

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดัง Table 8 แสดงให้เห็นว่า กลุ่มผู้ทดสอบมีความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย โดยให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความร่วนแห้งเกินไป และมีความใกล้เคียงกับเนื้อขนมเค้กมากกว่าขนมปัง ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่เติมสารที่ทำให้ขึ้นฟู โดยจากการสำรวจทั้งหมด 30 คน ทั้งหมดให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 80

วิจารณ์

คุณสมบัติด้านโภชนาการของควินัวทำให้ควินัวได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกและมีการปรับปรุงสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันควินัวได้ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารอย่างแพร่หลายมากขึ้นในกลุ่มคนรักสุขภาพ งานวิจัยนี้ได้ศึกษาคุณสมบัติของขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนพบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณโปรตีนสูงกว่าที่พบในขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลี (ไม่แสดงผลในบทความ) มีค่า a_w ต่ำกว่าขนมปังที่ผลิตจากแป้งสาลีอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคเบื้องต้น ให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 80 โดยมีความชอบโดยรวมอยู่ที่ระดับความชอบเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากส่วนผสมของขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนในงานวิจัยนี้มี

ส่วนผสมที่ทำให้เนื้อขนมปังมีความใกล้เคียงกับเนื้อเค้กมากกว่าเนื้อขนมปัง และยังมีความร่วนแข็งกระด้าง ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาสูตรต่อไปเพื่อให้ได้รสชาติและเนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในระดับความพึงพอใจสูงในอนาคต

สรุป

1. ผลการเปรียบเทียบสูตรผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนพบว่าในขนมปังสูตรที่ 4 ที่ประกอบด้วย ผงฟู เบกกิ้งโซดา น้ำส้มสายชู และน้ำที่มากขึ้น นั้นมีความใกล้เคียงกับขนมปังต้นแบบมากที่สุด คือมีความนุ่ม เด้ง และมีรูพรุนใกล้เคียงมากที่สุดจากขนมปังทุกสูตรที่ทำการชิมเปรียบเทียบ

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพในวัตถุดิบและในผลิตภัณฑ์สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารทางเคมีในส่วนของวัตถุดิบควินัวดรัมดรายสีแดงนั้นมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์มากกว่าวัตถุดิบควินัวดรัมดรายสีขาว แต่มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดน้อยกว่า ในขณะที่คุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารซาโปนินไม่แตกต่างกัน

2.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นมีองค์ประกอบของโปรตีนที่สูงกว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ขนมปังจากข้าวสาลีเต็มเมล็ดที่มีอยู่เพียง 4.35%[5]

2.3 ปริมาณความชื้นที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิด ผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดมีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตน

2.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมปัง ในการวัดปริมาณน้ำอิสระภายในผลิตภัณฑ์แล้วพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนนั้นมีปริมาณน้ำอิสระอยู่น้อยกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ

2.5 ในการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวที่ทำการพัฒนาขึ้นมานั้นมีความแข็งกระด้างและมีความเหนียวเคี้ยวได้ยากกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาด

2.6 ในการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดพบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนมีสีเข้มขึ้นและมีสีเข้มกว่าผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตนตามท้องตลาดเมื่อมองด้วยตาเปล่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ

3. ผลการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับในผลิตภัณฑ์ขนมปังควินัวปราศจากกลูเตนพบว่า ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงได้หากไม่ได้รับความช่วยเหลือความเมตตากรุณา และการเอาใจใส่จากหลายฝ่าย อาทิ คุณวนิดา เทวารุทธิ์ ชิติสรรค์กุล ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และ อาจารย์ ดร.กมลวรรณ ชูชีพ อาจารย์ที่ปรึกษา ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ รวมทั้งติดตามความก้าวหน้าของงานอย่างใกล้ชิด ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Carnivore Aurelius [Internet]. Wyoming: Carnivore Aurelius; c2019. The Science of Saponins: 5 Dangers of Eating Them; 2019 [cited 2022 Jun 8]; [about 17 screens]. Available from: https://carnivoreaurelius.com/saponins/
2. จิตรา สิงห์ทอง. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังเพื่อสุขภาพจากแป้งแก่นตะวัน (Helianthus tuberosus L.). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ม.ค.-เม.ย. 2562;21(1):71-83.
3. สุจิตตา เรืองรัศมี, กนกวรรณ์ จัดวงษ์, อบเชย วงศ์ทอง. การพัฒนาสูตรขนมปังแซนด์วิชโดยใช้รำข้าวไรซ์เบอร์รี่ทดแทนแป้งสาลี. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร. ม.ค.-มิ.ย. 2561; 21(1):123-138.
4. Ishida MGP, Steel CJ. Physiochemical and sensory chartacheristics of pan bread samples available in the Brazillian market. Food Sci. Thecnol, Campinas. 2014;Oct-Dec 34(4):746-754.
5. Calforlife.com [Internet]. กรุงเทพมหานคร: Calforlife; c2015. พลังงานและสารอาหารจาก ขนมปัง, โฮลหวีด, ฟาร์มเฮาส์ โรยัล; 2565. [เข้าถึงเมื่อ 8 เม.ย. 2565]; [ประมาณ 2 น.] เข้าถึงได้จาก: https://www.calforlife.com/th/calories/bread-whole-wheat-farmhouse-royal

ประโยชน์เชิงหน้าที่ของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่าย

ดร.ธีระ ธุระกิจ

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrtet@ku.ac.th
รับเมื่อ 29 กันยายน 2565 **แก้ไขเมื่อ** 27 พฤศจิกายน 2565 **ตอบรับเมื่อ** 4 มกราคม 2566

จุดเด่น

- คุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่าย
- ผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสาหร่ายต่อการป้องกันหรือการลดความเสี่ยงของการเกิดโรค
- ศักยภาพของสาหร่ายสำหรับใช้เพื่อเป็นอาหารเชิงหน้าที่

บทคัดย่อ

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ นอกจากจะเป็นส่วนผสมในเมนูโปรดของใครหลายคนแล้ว สาหร่ายยังเต็มไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย การศึกษาเกี่ยวกับการใช้สาหร่ายเป็นอาหารเพื่อสุขภาพได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากพบว่า สาหร่ายประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดไขมัน ไฟเบอร์ แร่ธาตุ และวิตามินชนิดต่าง ๆ อีกทั้งเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพด้วย งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า สารสำคัญในสาหร่ายมีกลไกการออกฤทธิ์ช่วยลด ยับยั้ง หรือป้องกันโรคได้ ฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบได้ในสาหร่าย เช่น การต้านอนุมูลอิสระ ความสามารถลดการอักเสบในระดับเซลล์ ปริมาณใยอาหารสูงจึงเป็นแหล่งอาหารหรือพรีไบโอติกแก่แบคทีเรียชนิดดีในลำไส้ สาหร่ายมีส่วนช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและระดับอินซูลิน นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์อื่น ๆ ที่ส่งผลดีต่อระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้สาหร่ายได้รับความสนใจเพื่อใช้เป็นแหล่งของสารสำคัญในอาหารเชิงหน้าที่

คำสำคัญ : คาร์โบไฮเดรต โปรตีน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สุขภาพ

Functional benefits from algal proteins and carbohydrates

Theera Thurakit, Ph.D

Department of Applied Microbiology
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrtet@ku.ac.th
Received 29 September 2022; **Revised** 27 November 2022; **Accepted** 4 January 2023

Highlights

- Algal nutrients and bioactive compounds
- The effect of algal bioactive compounds on disease prevention or risk reduction
- The potential of algae for functional food supplements

Abstract

Algae are widely found in natural habitats, especially in aquatic environments. They can be used as food ingredients and can be seen on many people's favorite menus. Recently, algae have been the object of increasing interest as a healthy food ingredient. Since they provide various types of nutrients such as proteins, carbohydrates, fatty acids, dietary fiber, minerals, vitamins, and bioactive compounds, which offer several health benefits. Previous studies have illustrated that substances from algae exhibit numerous biological activities for example, antioxidant activity, anti-inflammatory, high prebiotic content, blood sugar level regulation, etc. Furthermore, previous research has revealed the mechanism of algal bioactive compounds that can reduce, inhibit, or prevent a variety of diseases. These beneficial properties of algae make them a very attractive potential source of nutrients for functional food.

Keywords : carbohydrates, proteins, bioactive compounds, health

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น อาหารเป็นส่วนหนึ่งในการดำรงชีพส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ดังที่เราเคยได้ยินคำกล่าวว่า “You are what you eat” แปลตรงตัวคือ กินอะไรเข้าไปก็เป็นเช่นนั้น ด้วยเหตุนี้จึงมีอาหารที่ตอบโจทย์สำหรับผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ คือ อาหารเชิงหน้าที่ (functional food) เป็นอาหารที่รับประทานเข้าสู่ร่างกายแล้วสามารถออกฤทธิ์เป็นประโยชน์ต่อร่างกายนอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการตามปกติ อาหารเชิงหน้าที่ประกอบด้วยสารสำคัญในอาหารสามารถช่วยป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น ฤทธิ์ต้านความดันโลหิตสูง (antihypertensive) ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidation) ต้านเบาหวาน (antidiabetic) ต้านการอักเสบ (antiinflammatory) ต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial) รวมถึงกระตุ้นและควบคุมการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน (stimulatory and immunomodulatory) แต่ทั้งนี้ไม่ใช่เป็นการรับประทานอาหารเพื่อการรักษาเหมือนยารักษาโรค[1-2]

สาหร่ายเป็นสิ่งมีชีวิตที่พบได้ทั่วไปในแหล่งน้ำทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม มีขนาดตั้งแต่เล็กมากที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จนถึงขนาดใหญ่มีความยาวหลายเมตร ถึงแม้สาหร่ายจะมีรงควัตถุที่สามารถสังเคราะห์แสงได้เหมือนพืชแต่สาหร่ายไม่จัดว่าเป็นพืชเนื่องจากสาหร่ายไม่มีส่วนราก ใบ หรือลำต้นที่แท้จริง ไม่มีดอก ผล หรือแม้แต่ระบบท่อลำเลียงสารอาหารเหมือนกับพืชชั้นสูง[3] การขยายพันธุ์นั้นทำได้ด้วยการสร้างสปอร์และแบ่งตัว สาหร่ายมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศเนื่องจากเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิ (primary producer) สามารถดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและปลดปล่อยแก๊สออกซิเจนสู่ชั้นบรรยากาศ มีประโยชน์ต่อสัตว์น้ำและมนุษย์หลากหลายแสดงดัง Figure 1

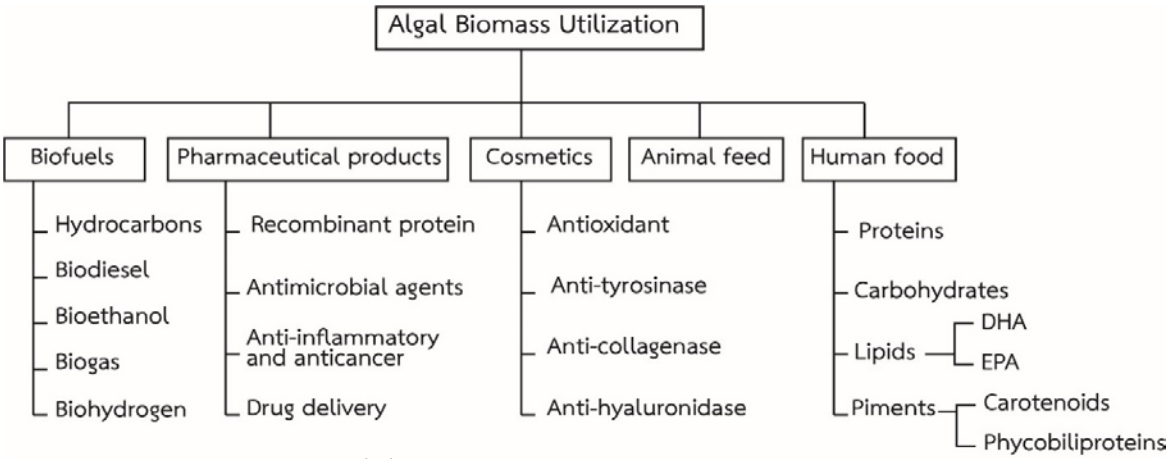

Figure 1 The utilization of algal biomass.[4-6]

จากหลักฐานในต่างประเทศพบว่า มีการนำสาหร่ายมาใช้ประโยชน์เป็นส่วนประกอบของอาหารตั้งแต่ 14,000 ปีก่อนและปี ค.ศ. 300 ในประเทศจีนและไอร์แลนด์[7-8] ปัจจุบันนิยมนำสาหร่ายมาบริโภคเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะประเทศในแถบทวีปเอเชีย ได้แก่ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี และจีน นิยมนำสาหร่ายมาแปรรูปและประกอบอาหาร ตัวอย่างสาหร่ายดังแสดงใน Figure 2 เช่น สาหร่ายในกลุ่มสีแดงอย่างสาหร่ายเขากวางหรือสาหร่ายผมนาง (*Gracilaria* sp.) จีฉ่ายหรือโนริ (*Porphyra* sp.) สาหร่ายสีน้ำตาล เช่น วากาเมะ (*Undaria* sp.) สาหร่ายใบพายหรือคอมบุ (*Laminaria* sp.) สาหร่ายสีเขียว เช่น สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva* sp.) ขณะที่ในทวีปอเมริกาเหนือชาวจิมเชียน (Tsimshian) เก็บเกี่ยวสาหร่ายสีแดง *Pyropia* sp. เพื่อเป็นวัตถุดิบประกอบอาหารในช่วงเดือนพฤษภาคม โดยนำมาตากแห้งเพื่อเก็บรักษาไว้ ส่วนประเทศในแถบทวีปยุโรปและอเมริกาการรับประทานสาหร่ายยังไม่แพร่หลายมากเท่ากับเอเชีย แต่มีการนำสาหร่ายมาใช้เป็นอาหารหรือทำเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมในรูปแบบของสารสกัด เช่น *Fucus* sp., *Himanthalia elongate*, *Ascophyllum nodosum* สาหร่ายดุลซ์ (*Palmaria palmata*) ในประเทศไทยมีการบริโภคสาหร่ายมากขึ้นทั้งในรูปสาหร่ายสดและการแปรรูป เช่น สาหร่ายพวงองุ่นหรือสาหร่ายขนนก (*Cualerpa* sp.) โดยนำมาลวกจิ้มน้ำพริกหรือยำ สาหร่ายจีฉ่ายหรือโนริ (*Porphyra* sp.) ในรูปของสาหร่ายแผ่นอบกรอบปรุงรส บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือประชากรส่วนหนึ่งนิยมนำสาหร่ายสีเขียวน้ำจืดขนาดใหญ่ เช่น สาหร่ายเตาหรือเทา (*Spirogyra* sp.) สาหร่ายไก (*Microspora* sp, *Rhizoclonium* sp. และ *Cladophora* sp.) มาบริโภคเป็นอาหาร[9] นอกจากสาหร่ายขนาดใหญ่ที่นำมาบริโภคแล้วสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก เช่น *Chlorella* sp. นิยมนำมารับประทานเป็นอาหารเสริม รวมถึงนำรงควัตถุจากสาหร่ายสีเขียวอย่าง *Haematococcus pluvialis*, *Dunaliella salina* และ *Porphyridium* sp. มาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารอีกด้วย ขณะที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ปัจจุบันจัดเป็นแบคทีเรียเนื่องจากโครงสร้างของเซลล์คล้ายกับแบคทีเรียมากกว่าและเรียกใหม่ว่า ไซยาโนแบคทีเรีย) อย่าง *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*, *Arthrospira maxima* นิยมนำมารับประทานเป็นอาหารเสริม

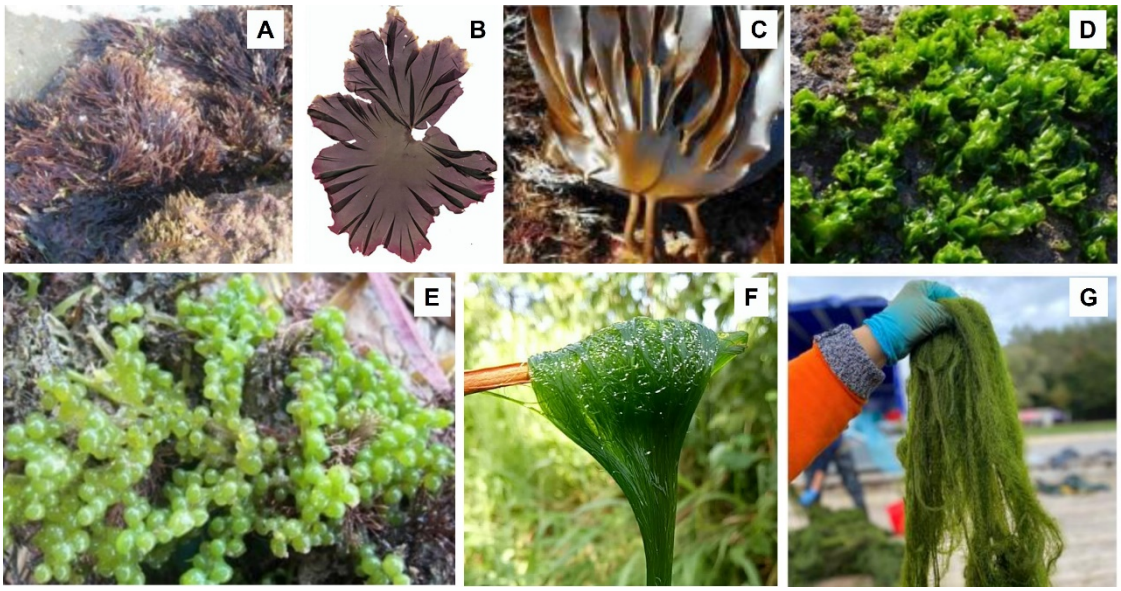

Figure 2 Sample of some edible algae A) *Gracilaria* sp. B) *Porphyra* sp. C) *Laminaria* sp. D) *Ulva* sp. E) *Cualerpa* sp. F) *Spirogyra* sp. G) *Cladophora* sp.[7,10-14]

สารสำคัญในสาหร่าย

สาหร่ายมีศักยภาพเป็นแหล่งของโภชนาการ มีสารสำคัญหลายชนิดสามารถส่งเสริมสุขภาพ และสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ ในบทความฉบับนี้จะกล่าวถึงสารชีวโมเลกุลประกอบด้วย โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากสาหร่ายเพื่อใช้เป็นแหล่งของอาหารฟังก์ชัน

โปรตีน

โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลหลักที่จำเป็นต่อโภชนาการของมนุษย์ ปัจจุบันมีการศึกษาโปรตีนที่อยู่ในรูปอนุพันธ์ (ส่วนย่อย) ที่เรียกว่า เปปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพหรือไบโอแอคทีฟเปปไทด์ (bioactive peptide) ประกอบด้วยกรดอะมิโนตั้งแต่ 2 ถึง 20 ตัว โดยเปปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีคุณสมบัติสามารถช่วยส่งเสริมสุขภาพ ลดความเสี่ยงหรือช่วยป้องกันโรคบางชนิดได้[2] ลดกลไกการเกิดโรคความดันโลหิตสูงซึ่งเกิดจากเอนไซม์เรนิน (renin) เป็นเอนไซม์ทำหน้าที่ย่อย angiotensin ไปเป็น angiotensin I จากนั้นจะมีเอนไซม์อีกหนึ่งชนิดที่มีชื่อว่า angiotensin converting enzyme (ACE) เปลี่ยน angiotensin I ให้เป็น angiotensin II ซึ่ง angiotensin II มีผลทำให้หลอดเลือดเกิดการหดตัวจึงทำให้แรงดันของกระแสเลือดที่มีต่อผนังหลอดเลือดสูงขึ้นหรือเกิดเป็นความดันโลหิตสูง การลดความดันโลหิตในผู้ป่วยโรคความดันสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคอื่น ๆ ที่จะตามมาได้ เช่น โรคหัวใจ โรคไต โรคหลอดเลือดสมองแตก เป็นต้น งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าเปปไทด์มีฤทธิ์ในการลดความดันโลหิตลงได้ โดยเปปไทด์ที่มีลำดับ IRLIIVLMPILHA ได้จากการย่อยโปรตีนสกัดจากสาหร่ายทะเลสีแดงขนาดใหญ่ *Palmaria palmata* หรือสาหร่ายดุลซ์ ด้วยเอนไซม์ปาเปน (papain) สามารถลดกิจกรรมเอนไซม์เรนินลงได้ นอกจากนี้เมื่อนำเปปไทด์ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้ผ่านแบบจำลองของระบบการย่อยอาหารในหลอดทดลอง (*in vitro* digestion) พบไดเปปไทด์ (di-

peptide) ชนิด IR ซึ่งมีกิจกรรมการต้านเอนไซม์เรนินในระดับที่สูงขึ้น และการศึกษาในสัตว์ทดลอง (*in vivo*) จากการใช้หนูที่มีความดันโลหิตสูงตามธรรมชาติพบอีกว่า หลังจาก 24 ชั่วโมง ที่หนูทดลองได้รับเปปไทด์ IRLIIVLMPILHA สามารถลดความดันโลหิตลงได้ 33 มิลลิเมตรปรอท จากค่าความดันโลหิตที่ระดับ 187 มิลลิเมตรปรอท ลดลงเหลือ 154 มิลลิเมตรปรอท[15-16] ขณะที่เปปไทด์ FGMPLDR และ MELVLR ที่ได้จากการย่อยโปรตีนของสาหร่ายสีเขียว *Ulva lathrata* ด้วยเอนไซม์ทริปซิน (trypsin) เปปซิน (pepsin) และปาเปน (papain) เปปไทด์ดังกล่าวสามารถลดความดันโลหิตลงได้เช่นกัน[17] การให้เปปไทด์ IAPG จากการย่อยโปรตีนสกัดของ *Arthrospira platensis* ด้วยเอนไซม์เปปซินในหนูที่มีความดันโลหิตสูงตามธรรมชาติพบว่า เปปไทด์นั้นสามารถลดความดันช่วงบนหรือความดันซิสโตลิก (systolic blood pressure) ได้ถึง 50 มิลลิเมตรปรอท เช่นเดียวกันกับเปปไทด์ FAL ที่แยกได้จาก *Chlorella vulgaris* สามารถลดความดันลงได้ประมาณ 40 มิลลิเมตรปรอท[18]

อนุมูลอิสระ (free radical) คืออะตอมหรือโมเลกุลที่ไม่เสถียรเนื่องจากขาดอิเล็กตรอน อนุมูลอิสระสามารถเกิดขึ้นได้ตามปกติจากปฏิกิริยาในร่างกายระหว่างกระบวนการเผาผลาญหรือร่างกายรับเอาอนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกาย เช่น ควัน มลพิษในอากาศ หรือรังสี เนื่องจากความไม่เสถียร อนุมูลอิสระจึงมักจะไปแย่งจับอิเล็กตรอนจากเซลล์ปกติ ส่งผลให้เซลล์ปกติในร่างกายเสียหาย ขาดความสมดุล เกิดการอักเสบและอาจก่อให้เกิดโรคตามมา เช่น โรคหลอดเลือด โรคอัลไซเมอร์ หรือโรคมะเร็งบางชนิด จากการศึกษาที่ผ่านมาโปรตีนในรูปของเปปไทด์จากสาหร่ายช่วยส่งเสริมและกระตุ้นการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายได้ เช่น เปปไทด์ลำดับ NDAEYGICG จากการย่อยโปรตีนของสาหร่ายขนาดเล็ก *Isochrysis zhanjiangensis* ด้วยเอนไซม์เปปซิน ทริปซิน และไคโมทริปซิน (chymotrypsin) เมื่อทดสอบกับเซลล์ (HepG2) ด้วยเปปไทด์ดังกล่าว ผลการทดลองพบว่า สามารถเพิ่มระดับเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส (superoxide dismutase) และกลูตาไธโอน (glutathione) ซึ่งเป็นเอนไซม์และสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญของร่างกายให้กับเซลล์ทดลองได้[19] โปรตีนของสาหร่าย *Palmaria palmata* ที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ COROLASE® ได้เปปไทด์ SDITRPGGQM มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจากห้องปฏิบัติการ (oxygen radical absorbance capacity; ORAC) โดยการรีดิวซ์เหล็กเฟอร์ริก (ferric reducing antioxidant power; FRAP assay) มีค่าเท่ากับ 152.43 ± 2.73 และ 21.23 ± 0.90 nmol TE/μmol of peptide ตามลำดับ การเพิ่มสาหร่าย *Caulerpa racemose*, *Fucus vesiculosus*, *Ulva intestinalis*, *Ulva lactuca* หรือ *Ulva rigida* ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น บิสกิต เนื้อเบอร์เกอร์ หรือขนมปัง สามารถเพิ่มกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารได้[20–22]

นอกจากนั้นเปปไทด์จากสาหร่ายมีฤทธิ์ช่วยหยุดชะงัก (quiescence) การแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งบางชนิดในห้องปฏิบัติการได้ ในปี ค.ศ. 2017 Fan และคณะ พบว่า เปปไทด์ลำดับ VPGTPKNLDSPR จากการย่อยโปรตีนสาหร่าย *Porphyra haitanesis* ด้วยเอนไซม์ทริปซินแล้วผ่านการแยกด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเจลฟิลเทรชัน (gel filtration

chromatography) เมื่อทดสอบกับเซลล์มะเร็งพบว่าเปปไทด์ที่ได้นั้นสามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งเต้านมชนิด MCF-7 และเซลล์มะเร็งตับชนิด HepG2 โดยมีค่าความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์ยับยั้งได้ 50% (IC_{50}) เท่ากับ 200.97 และ 276.85 µg/mL ตามลำดับ[23] ขณะที่เปปไทด์ VECYGPNRPQF ที่ได้จากการย่อยโปรตีนของ *Chlorella vulgaris* ด้วยเอนไซม์เปปซินให้ผลในการต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งกระเพาะอาหารชนิด AGS ได้เช่นกัน โดยเปปไทด์นำพาเซลล์ให้เข้าสู่ระยะ G0/G1 ของวงจรชีวิตเซลล์หรือทำให้เซลล์หยุดชะงักการแบ่งเซลล์ (quiescence stage)[24] ส่วนฤทธิ์ในการต้านเบาหวาน เมื่อทดลองให้โปรตีนที่ผ่านการย่อยหรือโปรตีนไฮโดรไลเสต (protein hydrolysate) จากสาหร่าย *Palmaria palmata* ในหนูที่ชักนำให้เกิดภาวะเบาหวานด้วยสเตรปโทโซโทซิน (streptozotocin-induced diabetic mice) พบว่า กลุ่มหนูที่ได้รับโปรตีนไฮโดร-ไลเสตสามารถรักษาระดับน้ำตาลในกระแสเลือดและส่งเสริมการหลั่งอินซูลิน โดยเพิ่มฮอร์โมนอินครีติน (incretin) 2 ชนิด คือ glucagon-like peptide-1 (GLP-1) และ gastric inhibitory polypeptide (GIP) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการหลั่งอินซูลินจากตับอ่อน[25] ส่วนเปปไทด์ LRSELAAWSR จาก *Spirulina* sp. มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α-amylase) และแอลฟากลูโค-ซิเดส (α-glucosidase) โดยเอนไซมทั้ง 2 ชนิด นี้เป็นเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารที่เปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตให้เป็นน้ำตาลและสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ dipeptidyl peptidase-4 (DPP-4) ที่ไปทำลายฮอร์โมนเกี่ยวข้องกับการหลั่งอินซูลิน โดยเปปไทด์มีค่า IC_{50} เท่ากับ 313.6, 134.2 และ 167.3 µg/mL ตามลำดับ[26] เช่นเดียวกับสาหร่าย *Porphyridium purpureum* และ *Porphyridium ricornutum* สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ DPP-4 ได้ โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.68 mg/mL[27] ขณะที่เปปไทด์จากรงควัตถุกลุ่มไฟโคบิลิโปรตีน (phycobiliproteins) ใน *Spirulina platensis* มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ DPP-4 เช่นกัน โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.28 mg/mL[28]

ฤทธิ์การต้านจุลชีพ ต้านการอักเสบ ส่งเสริมและปรับระบบภูมิคุ้มกันของโปรตีนทีจากสาหร่าย เมื่อทดลองในหนู (Balb/c mice) ที่ขาดสารอาหาร (undernourished mice) การให้โปรตีนไฮโดรไลเสตที่ย่อยด้วยแพนครีเอติน (pancreatin) จากสาหร่าย *Chlorella vulgaris* ปริมาณ 500 mg/kg น้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 8 วัน พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเสตช่วยส่งเสริมการสร้างเซลล์เม็ดเลือด (hematopoiesis) โดยเฉพาะเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซท์ (lymphocytes) ให้เพิ่มสูงขึ้น 128% เมื่อเทียบกับชุดควบคุม อีกทั้งสามารถกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของเซลล์กินสิ่งแปลกปลอมชนิด MPS (mononuclear phagocytic system)[29] เมื่อนำโปรตีนไฮโดรไลเสต จากสาหร่าย *Ecklonia cava* ที่ย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอส Kojizyme™ ทดลองในหนู (ICR mice) พบว่า โปรตีนไฮโดรไลเสตมีความสามารถส่งเสริมการแบ่งเซลล์ในอวัยวะเซลล์ภูมิคุ้มกัน เช่น เซลล์ม้าม (splenocytes) และเม็ดเลือดขาวชนิดลิมไฟไซท์ โมโนไซท์ (monocytes) และกรานูโลไซท์ (granulocytes) ให้มีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อจำแนกผ่านเครื่อง flow cytometry พบว่า CD^{4+} T cells, CD^{8+} T cells และ CD45R/$B220^{+}$ B cells เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ให้โปรตีน

ไฮโดรไลเสตจากสาหร่าย การแสดงออกในระดับ mRNA พบว่า มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับเซลล์ที่หลั่งสารส่งสัญญาณภายในระบบภูมิคุ้มกัน (Th-2 cytokine) เพิ่มมากขึ้นซึ่งจะหลั่งอินเตอร์ลิวคิน 4 (interleukin 4; IL-4) และอินเตอร์ลิวคิน 10 (interleukin 10; IL-10) ที่มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ[30] มีการศึกษาเพิ่มเติมในโปรตีนไฮโดรไลเสตที่ย่อยด้วยเอนไซม์ทริปซินและ Alcalase® จากสาหร่าย *Porphyra columbina* พบว่า มีศักยภาพในการเพิ่มระดับอินเตอร์ลิวคิน 10 ทำให้สามารถลดการอักเสบในเซลล์ม้ามของหนูทดลองได้ ทดสอบในหลอดทดลองชี้ให้เห็นว่า โปรตีนไฮโดรไลเสตของ *Porphyra columbina* จากการย่อยด้วย flavourzyme สามารถเพิ่มการหลั่งอินเตอร์ลิวคิน 10 ในเซลล์ม้ามเพิ่มขึ้น 210% เพิ่มปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดแมคโครฟาจ (macrophages) 150% และลิมโฟไซท์ 472%[31] นอกจากนี้โปรตีนไฮโดรเสตยังมีคุณสมบัติเป็นสารกดภูมิคุ้มกัน (immunosuppressive agent) จึงช่วยลดปริมาณสารส่งเสริมการอักเสบ (proinflammatory cytokine) เพื่อป้องกันไม่ให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานมากเกินไป โดยสามารถลด tumor necrosis factor-α (TNF-α) และอินเตอร์เฟียรอน-γ (Interferon-γ; IFN-γ) ที่กระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาว[32-33] เช่น โปรตีนไฮโดรไลเสตจากสาหร่าย *Ulva* spp.[34]

คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีมากที่สุดในธรรมชาติโดยอาจพบอยู่ในรูปน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (monosaccharide) เช่น กลูโคส (glucose) ฟรักโทส (fructose) และกาแล็กโทส (galactose) โอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว 2 ถึง 10 โมเลกุล เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) เช่น แรฟฟิโนส (raffinose) สแตคีโอส (stachyose) และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวมากกว่า 10 โมเลกุล เช่น แป้ง (starch) ไกลโคเจน (glycogen) และใยอาหาร (dietary fiber) พอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายในอุตสาหกรรมอาหารเป็นที่รู้จักและนิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลายมีอยู่หลายชนิด เช่น วุ้น (agar) คาร์ราจีแนน (carrageenan) แอลจิเนต (alginate) อะกาโรส (agarose) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดอื่นที่สามารถสกัดได้จากสาหร่าย เช่น ฟูแคน (fucan) ฟูคอยแดน (fucoidan) กาแล็กแทน (galactan) อัลแวน (ulvan) ลามินาเรน (laminaran) และกลูแคน (glucan) เป็นต้น คาร์โบไฮเดรตในกลุ่มโอลิโกแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ได้รับความสนใจอย่างมากในแง่ของการเป็นส่วนผสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพและอาหารเสริม โดยคาร์โบไฮเดรตกลุ่มดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotics) ช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์โพรไบโอติก (probiotics) ในลำไส้ให้ช่วยย่อยและสังเคราะห์วิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย รวมถึงควบคุมและป้องกันร่างกายจากจุลินทรีย์ชนิดก่อโรค ปรับสมดุลระบบภูมิคุ้มกัน นอกจากนี้ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ยังมีความสามารถในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้อีกด้วย

จากการทดสอบนำแอลจิเนตของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Laminaria japonica* ผ่านระบบการย่อยจำลองในห้องปฏิบัติการด้วยน้ำย่อย (digestive juices) พบว่า แอลจิเนตทนทานต่อการย่อยของระบบทางเดินอาหารส่วนบนและหลังจากการหมัก

แอลจิเนต ด้วยจุลินทรีย์ที่แยกได้จากอาสาสมัครผู้ที่มีสุขภาพดี (*in vitro* faecal fermentation) พบว่าสามารถเพิ่มความชุกชุมสัมพัทธ์ (relative abundance) ของแบคทีเรียโพรไบโอติกกลุ่ม *Bacteroidaceae* โดยเฉพาะ *Bacteroides finegoldii*[35] นอกจากนี้การหมักแอลจิเนตด้วยแบคทีเรียโพรไบโอติก *Bacteroides xylanisolvens, Bacteroides ovatus* และ *Bacteroides thetaiotaomicron* พบว่า แบคทีเรียเหล่านี้สามารถย่อยแอลจิเนตและผลิตกรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acid) คือ แอซิเตตและโพรพิโอเนตซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกายในการปรับสมดุลกรด-ด่างในลำไส้และควบคุมเชื้อก่อโรค[36] อีกทั้งสามารถเพิ่มปริมาณเชื้อกลุ่ม *Bifidobacteria* ในกลุ่มอาสาสมัครที่รับประทานแอลจิเนตปริมาณ 10 กรัม/วัน ติดต่อเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ และสามารถส่งเสริมการเจริญของเชื้อในกลุ่ม *Lactobacillus*[37-38] การวิจัยในหนูทดลองที่ให้รับประทานสาหร่ายทะเลสีแดง *Chondrus crispus* ผสมในอาหาร 2.5% พบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Bifidobacterium breve* ในลำไส้มีมากกว่าหนูทดลองในชุดควบคุมที่อาหารไม่มีส่วนผสมของสาหร่ายถึง 4.9 เท่า[39] ขณะที่การให้พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดฟูคอยแดนที่สกัดจากสาหร่ายสีน้ำตาล *Ascophyllum nodosum* ปริมาณ 100 mg/kg น้ำหนักตัวต่อวัน กับหนูทดลอง (C57BL/6 mice) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ช่วยส่งเสริมให้แบคทีเรียโพรไบโอติกกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Ruminococcaceae* มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน[40] การศึกษาโอลิโกและพอลิแซ็กคาไรด์ของสาหร่าย *Chlorella* และ *Arthrospira platensis* พบว่า มีความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกและส่งเสริมจุลินทรีย์โพรไบโอติก ได้แก่ *Bifidobacterium animalis* และ *Lactobacillus casei* อีกทั้งส่งเสริมการผลิตกรดไขมันสายสั้นในแบคทีเรีย เช่น กรดแล็กติกและกรดอะซิติก[41]

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) เช่น บิวทิเลเทตไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene; BHT) โพรพิลแกลเลต (propyl gallate; PG) บิวทิเลเทตไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole; BHA) และเทิร์ต-บิวทิลไฮโดรควิโนน (tert -butylhydroquinone; TBHQ) สารเหล่านี้นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเป็นสารต้านออกซิเดชันของไขมัน อย่างไรก็ตามการใช้สารเหล่านี้มีจำกัดด้วยกฎหมายด้านความปลอดภัยอาหาร เนื่องจากอาจมีผลต่อการก่อมะเร็งในร่างกาย[42] ดังนั้นสารจากธรรมชาติจึงเข้ามามีบทบาทเพิ่มขึ้น สารสกัดจากสาหร่ายเป็นอีกทางเลือกที่นำมาใช้เนื่องจากมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ การผสมสาหร่าย *Laminaria* sp. ลงในชีสรมควัน โยเกิร์ต หรือนม เป็นการเพิ่มรสชาติของผลิตภัณฑ์และลักษณะทางประสาทสัมผัสให้ดีขึ้น และสามารถยืดอายุการการเก็บรักษาชีสให้ยาวนานขึ้น เนื่องจากสาหร่ายมีสารประกอบที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ[43-44] การศึกษาทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ 6 ชนิด ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเล ได้แก่ ไอโอตา-คาราจีแนน แคปปา-คาราจีแนน แลมบ์ดา-คาราจีแนน ฟูคอยแดนจากสาหร่ายทะเล *Fucus vesiculosus* ฟูแคน F0.5 และ F1.1 จากสาหร่าย *Padina gymnospora* ผลการทดลองด้วยวิธีการยับยั้งการก่อตัวของอนุมูลซุปเปอร์ออกไซด์ (inhibition of superoxide radical formation) พบว่า ฟูคอยแดนให้ผลดีที่สุด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.058 mg/mL ส่วนซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดไอโอตา-คาราจีแนน แคปปา-คารา

จีแนน และแลมบ์ดา-คาราจีแนน มีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.112, 0.332 และ 0.046 mg/mL ตามลำดับ ขณะที่เมื่อทดสอบด้วยวิธียับยั้งการก่อตัวอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลพบว่า ฟู-คอยแดนมีค่า IC_{50} เท่ากับ 1.250 mg/mL ส่วนไอโอตา-คาราจีแนน แคปปา-คาราจีแนน และแลมบ์ดา-คาราจีแนน มีค่า IC_{50} เท่ากับ 2.753, 2.338 และ 0.323 mg/mL ตามลำดับ ในสาหร่ายเตา (*Spirogyra neglecta*) ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวน้ำจืดขนาดใหญ่ เมื่อทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดสาหร่ายเตาที่สกัดด้วยน้ำร้อนในหนูทดลองพบว่า หนูที่ได้รับสารสกัดปริมาณ 50 และ 200 mg/kg ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 13 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณเอนไซม์กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (glutathione peroxidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำหน้าที่ต่อต้านอนุมูลอิสระมีเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)[45] Huo และคณะ รายงานว่า ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ปริมาณ 2 mg/mL ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็ก *Tribonema minus* สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ซุปเปอร์ออกไซด์และไฮดรอกซิลได้ 56.11, 75.6 และ 61.89% ตามลำดับ[46] ขณะที่ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ของสาหร่ายขนาดเล็ก *Picochlorum* sp. ปริมาณ 2 mg/mL สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ได้ถึง 85%[47] นอกจากการยับยั้งอนุมูลอิสระแล้วสารประกอบพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ ACE ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันที่กล่าวไปแล้วข้างต้น พอลิแซ็กคาไรด์สาหร่ายทะเลสีแดง *Kappaphycus alvarezii* และ *Gracilaria opuntia* สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ ACE ได้โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.02 และ 0.70 µg/mL ตามลำดับ[48] ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดจากสาหร่าย *Cystoseira crinite* สามารถยับยั้ง ACE ได้โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 58.35 µg/mL[49] และพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดฟูคอยแดนที่สกัดจาก *Laminaria japonica* พบว่า สามารถลดความดันโลหิตกับหนูที่มีภาวะความดันโลหิตสูงที่เกิดจากเส้นเลือดไปเลี้ยงไตผิดปกติ (renovascular hypertensive rats)[50]

นอกจากนั้นพอลิแซ็กคาไรด์มีความสามารถออกฤทธิ์ต้านเบาหวาน โดยศึกษาในหลอดทดลอง (*in vitro*) ในห้องปฏิบัติการพบว่า ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ของสาหร่าย *Gracilaria opuntia* มีฤทธิ์ในการต้านเบาหวาน สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส เอนไซม์กลูโคซิเดส และเอนไซม์ DPP-4 โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 0.04, 0.09 และ 0.09 mg/mL ตามลำดับ[51] ขณะที่การศึกษาในสัตว์ทดลอง (*in vivo*) เมื่อให้ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ของ *Sargassum vulgare* ปริมาณ 400 mg/kg น้ำหนักตัวต่อวัน ในหนูทดลอง (wistar rat) ที่ทำให้เกิดภาวะเบาหวานด้วยอัลลอกซาน (alloxan) พบว่า หนูสามารถรักษาระดับน้ำตาลในกระแสเลือดหลังมื้ออาหาร (postprandial blood glucose) และลดไกลโคไซเลทฮีโมโกลบินหรือระดับน้ำตาลเฉลี่ยสะสมในเลือด (hemoglobin A1c; HbA1c) ลงได้ 49.06% เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับพอลิแซ็กคาไรด์ โดยกลไกการออกฤทธิ์ของพอลิแซ็กคาไรด์สามารถยับยั้งเอนไซม์อะไมเลสจากตับอ่อน (pancreatic **α**-amylase)[52] ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดฟูคอยแดนที่สกัดจากสาหร่าย *Saccharina japonica* ซึ่งพบว่า ปริมาณ 200 และ 1,200 mg/kg น้ำหนักตัวต่อวัน สามารถลดปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดของหนูที่ทำให้เกิดภาวะ

เบาหวานด้วยอัลลอกซานได้ 22% และ 34% ตามลำดับ นอกจากนี้พอลิแซ็กคาไรด์ยังสามารถกระตุ้นการสร้างอินซูลินและส่งผลให้ระดับอินซูลินในกระแสเลือดของหนูที่เป็นเบาหวานเพิ่มขึ้น[53-54] Liu และคณะ นำซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์จากสไปรูลินา (*Spirulina platensis*) ทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสในหลอดทดลอง ผลศึกษาพบว่าพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (30-10 KDa) ปริมาณ 4 mg/mL สามารถยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสได้ 72.92% ขณะที่อะคาร์โบส (acarbose) ซึ่งเป็นยาต้านเบาหวานสามารถยับยั้งเอนไซม์ได้ 86.65% และเมื่อนำพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้ให้กับหนูที่ทำให้เกิดภาวะเบาหวานด้วยสเตรปโทโซโทซิน ปริมาณ 200 mg/kg น้ำหนักตัวต่อวัน ผลการศึกษาพบว่าน้ำตาลในกระแสเลือดของหนูที่ได้รับพอลิแซ็กคาไรด์ลดลงอยู่ระดับที่ 10.48 mmol/L จากระดับเริ่มต้นที่ 18.49 mmol/L หลังจากการให้พอลิแซ็กคาไรด์เป็นระยะเวลา 28 วัน ซึ่งค่าน้ำตาลในกระแสเลือดน้อยกว่าหนูในกลุ่มที่เป็นโรคถึง 78% (18.64 mmol/L)[55]

ฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งของพอลิแซ็กคาไรด์ ในปี ค.ศ. 2003 Umemura และคณะ รายงานว่า พอลิแซ็กคาไรด์ GA3P (D-galactan sulfated + L-(+)-lactic acid) จาก *Gymnodynium* sp. A3 ทำให้เกิดกระบวนการทำลายตัวเองของเซลล์ (apotosis) ในมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดไมอีลอยด์ (K562) และสามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งอีกได้อีกหลายชนิดในห้องปฏิบัติการ เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งรังไข่ มะเร็งผิวหนัง และมะเร็งลำไส้ เป็นต้น[56] เช่นเดียวกันกับซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่าย *Pyropia yezoensis* Sookwawon 104 ที่สามารถยับยั้งเซลล์มะเร็งชนิด Hep3 B, MDA‑MB‑231 และ HeLa ได้[57] พอลิแซ็กคาไรด์ชนิดฟูคอยแดนจากสาหร่าย *Fucus vesiculosus* สามารถชักนำให้เซลล์มะเร็งลำไส้ชนิด HT-29 และ HCT116 กระตุ้นเอนไซม์ caspase 3 และ 7 ที่ทำให้เกิดกระบวนการทำลายตัวเองของเซลล์มะเร็งในห้องปฏิบัติได้[58] พอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายสีน้ำตาล *Ecklonia cava* มีฤทธิ์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิด U-937 (human leukemic monocyte lymphoma) โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 43.9 µg/mL[59] ปี ค.ศ. 2021 ได้มีการทดลองให้ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่าย *Dictyota caribaea* ปริมาณ 25 และ 50 mg/Kg น้ำหนักตัวต่อวัน ในหนูที่ถูกปลูกถ่ายเซลล์มะเร็งชนิด sarcoma 180 ผลการทดลองพบว่าซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งชนิด sarcoma 180 ได้ 40% ในชุดทดลองที่ให้ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ปริมาณ 25 mg/kg น้ำหนักตัวต่อวัน ขณะที่ชุดทดลองที่ให้ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์ปริมาณ 50 mg/kg น้ำหนักตัวต่อวัน สามารถยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งได้ 51%[60]

การวิจัยทางด้านภูมิคุ้มกันวิทยาพบว่า พอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายมีความน่าสนใจ โดยงานวิจัยของ Jiao และคณะ ที่ศึกษาพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่าย *Enteromorpha intestinalis* พบว่า พอลิแซ็กคาไรด์สามารถกระตุ้นการแบ่งตัวของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมไฟไซท์ (lymphocyte proliferation) ได้ นอกจากนี้สามารถกระตุ้นให้เม็ดเลือดขาวขนิดแมคโครฟาจ (macrophage) ผลิตไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งไนตริกออกไซด์เป็นสารเคมีที่เซลล์เม็ดเลือดขาวหลั่งออกมาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าทำลายเซลล์มะเร็ง[61] ขณะที่ซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์จาก *Porphyra haitanensis*

และ *Gracilaria lemaneiformis* สามารถลดสารกระตุ้นการอักเสบ TNF-α และ IL-6 ได้อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)[62] เช่นเดียวกับซัลเฟตพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่าย *Codium fragile* สามารถลดระดับสารก่อการอักเสบอย่างโพรสตาแกลนดิน (prostaglandin E2), IL-1β, TNF- α และ IL-6 ในเซลล์เพาะเลี้ยงชนิด RAW264.7 ได้

บทสรุป

โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจากสาหร่ายชนิดต่าง ๆ มีประโยชน์ในแง่ของการออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถส่งเสริมสุขภาพตลอดจนสามารถป้องกันโรคบางชนิดได้ อย่างไรก็ตามการได้รับอาหารที่สะอาด สด ใหม่ ไม่จำเจ หรือได้รับสารอาหารครบ 5 หมู่ แหล่งอาหารที่แตกต่างกัน เช่น ไข่ นม เนื้อสัตว์ ข้าว ผัก ผลไม้ ธัญพืช ไขมัน สารอาหารเหล่านี้ยังมีความสำคัญต่อร่างกาย เนื่องจากจะช่วยก่อให้เกิดความสมดุลของสุขภาพร่างกาย นอกจากนี้การออกกำลังกาย เป็นประจำและสม่ำเสมอ ทำจิตใจให้แจ่มใสร่วมด้วย จะช่วยเสริมสร้างให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรงและห่างไกลจากโรค

เอกสารอ้างอิง

1. กองแพทย์ทางเลือก. Functional food, อาหารฟังก์ชั่น อาหารช่วยป้องกันหรือลดการเสี่ยงต่อการเกิดโรค. Wellness magazine. กลุ่มงานคุ้มครองผู้บริโภค กองการแพทย์ทางเลือก กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก; 2564.
2. Brien RO, Hayes M, Sheldrake G, Tiwari B, Walsh P. Macroalgal Proteins: A Review. Foods. 2022;11(4),571:1-38.
3. Manivasagan P, Kim SK. An Overview of Harmful Algal Blooms on Marine Organisms. In: Handbook of Marine Microalgae: Biotechnology Advance, Academic Press, MA, USA., 2015.
4. Khavari F, Saidijam M, Taheri M, Nouri F. Microalgae: therapeutic potentials and applications. Mol Biol Rep. 2021;48(5):4757-4765.
5. Yarkent Ç, Gürlek C, Oncel SS. Potential of microalgal compounds in trending natural cosmetics: a review. Sustain Chem Pharm. 2020;17:100304.
6. Matos J, Cardoso C, Bandarra NM, Afonso C. Microalgae as healthy ingredients for functional food: a review. Food Funct. 2017;8(8):2672-2685.
7. Wells ML, Potin P, Craigie JS, Raven JA, Merchant SS, Helliwell KE, *et al*. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. J Appl Psychol. 2019;29(2):949-982.
8. Dillehay TD, Ramírez C, Pino M, Collins MB, Rossen J, Pino-Navarro JD. Monte Verde: Seaweed, food, medicine, and the peopling of South America. Science. 2008;320(5877):784-786.
9. ยุวดี พีรพรพิศาล. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารและเวชสำอาง. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ; 2552.
10. พเยีย ตียาพันธ์. สาหร่ายน้ำ เทา [อินเตอร์เน็ต]. 2561 [เข้าถึงเมื่อ 9 พ.ย. 2565]. โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ. 2561. เข้าถึงได้จาก: https://oer.learn.in.th/search_detail/result/103881
11. Mantri VA, Kavale MG, Kazi MA. Seaweed biodiversity of India: Reviewing current knowledge to identify gaps, challenges, and opportunities. Diversity. 2020;12(1),13:1-22.
12. Cotas J, Leandro A, Pacheco D, Gonçalves AMM, Pereira L. A comprehensive review of the nutraceutical and therapeutic applications of red seaweeds (Rhodophyta). Life. 2020;10(3),19:1-23.
13. Luthuli S, Wu S, Cheng Y, Zheng X, Wu M, Tong H. Therapeutic effects of fucoidan: A review on recent studies. Mar Drugs. 2019;17(9),487:1-15.

14. Nutautaitė M, Racevičiūtė-Stupelienė A, Bliznikas S, Jonuškienė I, Karosienė J, Koreivienė J, *et al*. Evaluation of Phenolic Compounds and Pigments in Freshwater Cladophora glomerata Biomass from Various Lithuanian Rivers as a Potential Future Raw Material for Biotechnology. Water. 2022;14(7):1-18.
15. Fitzgerald C, Aluko RE, Hossain M, Rai DK, Hayes M. Potential of a renin inhibitory peptide from the red seaweed *Palmaria palmata* as a functional food ingredient following confirmation and characterization of a hypotensive effect in spontaneously hypertensive rats. J Agric Food Chem. 2014;62(33):8352-8356.
16. Fitzgerald C, Mora-Soler L, Gallagher E, O'Connor P, Prieto J, Soler-Vila A, *et al*. Isolation and characterization of bioactive pro-peptides with in Vitro renin inhibitory activities from the macroalga Palmaria palmata. J Agric Food Chem. 2012;60(30):7421-7427.
17. Sun S, Xu X, Sun X, Zhang X, Chen X, Xu N. Preparation and identification of ACE inhibitory peptides from the marine macroalga *Ulva intestinalis*. Mar Drugs. 2019;17(3),179: 1-17.
18. Suetsuna K, Chen JR. Identification of antihypertensive peptides from peptic digest of two microalgae, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*. Mar Biotechnol. 2001;3(4):305-309.
19. Chen MF, Zhang YY, Di He M, Li CY, Zhou CX, Hong PZ, *et al*. Antioxidant Peptide Purified from Enzymatic Hydrolysates of *Isochrysis Zhanjiangensis* and Its Protective Effect against Ethanol Induced Oxidative Stress of HepG2 Cells. Biotechnol Bioprocess Eng. 2019;24(2):308-317.
20. Kumar A, Krishnamoorthy E, Devi HM, Uchoi D, Tejpal CS, Ninan G, *et al*. Influence of sea grapes (*Caulerpa racemosa*) supplementation on physical, functional, and anti-oxidant properties of semi-sweet biscuits. J Appl Phycol. 2018;30(2):1393-1403.
21. Lorenzo JM, Sineiro J, Amado IR, Franco D. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. Meat Sci. 2014;96(1):526-534.
22. Arufe S, Della VG, Chiron H, Chenlo F, Sineiro J, Moreira R. Effect of brown seaweed powder on physical and textural properties of wheat bread. Eur Food Res Technol. 2018;244(1):1-10.
23. Fan X, Bai L, Mao X, Zhang X. Novel peptides with anti-proliferation activity from the *Porphyra haitanesis* hydrolysate. Process Biochem. 2017;60:98-107.
24. Sheih IC, Fang TJ, Wu TK, Lin PH. Anticancer and antioxidant activities of the peptide fraction from algae protein waste. J Agric Food Chem. 2010;58(2):1202-1207.
25. McLaughlin CM, Harnedy-Rothwell PA, Lafferty RA, Sharkey S, Parthsarathy V, Allsopp PJ, *et al*. Macroalgal protein hydrolysates from *Palmaria palmata* influence the 'incretin effect' *in vitro* via DPP-4 inhibition and upregulation of insulin, GLP-1 and GIP secretion. Eur J Nutr. 2021;60(8):4439-4452.
26. Hu S, Fan X, Qi P, Zhang X. Identification of anti-diabetes peptides from Spirulina platensis. J Funct Foods. 2019;56:333-341.
27. Li Y, Lammi C, Boschin G, Arnoldi A, Aiello G. Recent Advances in Microalgae Peptides: Cardiovascular Health Benefits and Analysis. J Agric Food Chem. 2019;67:11825–11838.
28. Li Y, Aiello G, Bollati C, Bartolomei M, Arnoldi A, Lammi C. Phycobiliproteins from *Arthrospira platensis* (*spirulina*): A new source of peptides with dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity. Nutrients. 2020;12(3),794:1-11.
29. Morris HJ, Carrillo O, Almarales A, Bermúdez RC, Lebeque Y, Fontaine R, *et al*. Immunostimulant activity of an enzymatic protein hydrolysate from green microalga *Chlorella vulgaris* on undernourished mice. Enzyme Microb Technol. 2007;40(3):456-460.
30. Ahn G, Hwang I, Park E, Kim J, Jeon YJ, Lee J, *et al*. Immunomodulatory effects of an enzymatic extract from *Ecklonia cava* on murine splenocytes. Mar Biotechnol. 2008;10(3):278-289.
31. Cian RE, Martínez-Augustin O, Drago SR. Bioactive properties of peptides obtained by enzymatic | hydrolysis from protein byproducts of *Porphyra columbina*. Food Res Int. 2012;49(1):364-372.
32. Kang HK, Lee HH, Seo CH, Park Y. Antimicrobial and immunomodulatory properties and applications of marine-derived proteins and peptides. Mar Drugs. 2019;17(6),350:1-25.

33. Cian RE, López-Posadas R, Drago SR, Sánchez De-Medina F, Martínez-Augustin O. A *Porphyra columbina* hydrolysate upregulates IL-1 0 production in rat macrophages and lymphocytes through an NF-**K**B, and p3 8 and JNK dependent mechanism. Food Chem. 2012;134(4):1982-1990.
34. Cian RE, Hernández-Chirlaque C, Gámez-Belmonte R, Drago SR, Sánchez de Medina F, Martínez-Augustin O. Green alga Ulva spp. hydrolysates and their peptide fractions regulate cytokine production in splenic macrophages and lymphocytes involving the TLR4-NF**K**B/MAPK pathways. Mar Drugs. 2018;16(7),235:1-15.
35. Ai C, Jiang P, Liu Y, Duan M, Sun X, Luo T, *et al*. The specific use of alginate from: *Laminaria japonica* by *Bacteroides* species determined its modulation of the *Bacteroides* community. Food Funct. 2019;10(7):4304-4314.
36. Li M, Li G, Shang Q, Chen X, Liu W, Pi X, *et al*. In vitro fermentation of alginate and its derivatives by human gut microbiota. Anaerobe. 2016;39:19-25.
37. Terada A, Hara H, Mitsuoka T. Effect of dietary alginate on the faecal microbiota and faecal metabolic activity in humans. Microb Ecol Health Dis. 1995;8(6):259-266.
38. Gotteland M, Riveros K, Gasaly N, Carcamo C, Magne F, Liabeuf G, *et al*. The pros and cons of using algal polysaccharides as prebiotics. Front Nutr. 2020;22(7),163:1-15.
39. Liu J, Kandasamy S, Zhang J, Kirby CW, Karakach T, Hafting J, *et al*. Prebiotic effects of diet supplemented with the cultivated red seaweed *Chondrus crispus* or with fructo-oligo-saccharide on host immunity, colonic microbiota and gut microbial metabolites. BMC Complement Altern Med. 2015;15,279:1-12.
40. Shang Q, Shan X, Cai C, Hao J, Li G, Yu G. Dietary fucoidan modulates the gut microbiota in mice by increasing the abundance of: *Lactobacillus* and *Ruminococcaceae*. Food Funct. 2016;7(7):3224-3232
41. Leal BES, Prado MR, Grzybowski A, Tiboni M, Koop HS, Scremin LB, *et al*. Potential prebiotic oligosaccharides from aqueous thermopressurized phosphoric acid hydrolysates of microalgae used in treatment of gaseous steakhouse waste. Algal Res. 2017;24:138-147.
42. Pierre G, Delattre C, Laroche C, Michaud P. Galactans and Its Applications. In: Ramawat K., Mérillon JM. (eds) Polysaccharides. Springer, Berlin, Germany. 2015;1-37.
43. Cofrades S, Serdaroğlu M, Jiménez-Colmenero F. Design of healthier foods and beverages containing whole algae. In: Functional Ingredients from Algae for Foods and Nutraceuticals. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. United Kingdom. 2013;609-633.
44. Biris-Dorhoi ES, Michiu D, Pop CR, Rotar AM, Tofana M, Pop OL, *et al*. Macroalgae—A sustainable source of chemical compounds with biological activities. Nutrients. 2020;12(10),3085:1-23.
45. Thumvijit T, Thuschana W, Amornlerdpison D, Peerapornpisal Y, Wongpoomchai R. Evaluation of hepatic antioxidant capacities of *Spirogyra neglecta* (Hassall) Kützing in rats. Interdiscip Toxicol. 2013;6(3):152–156.
46. Huo S, Wang H, Chen J, Hu X, Zan X, Zhang C, *et al*. A preliminary study on polysaccharide extraction, purification, and antioxidant properties of sugar-rich filamentous microalgae *Tribonema minus*. 7th congress of the international society for applied phycology (ISAP 2020-2021). J Appl Phycol. 2022;1-13.
47. Mousavian Z, Safavi M, Azizmohseni F, Hadizadeh M, Mirdamadi S. Characterization, antioxidant and anticoagulant properties of exopolysaccharide from marine microalgae. AMB Express. 2022;12(1):1-16.
48. Makkar F, Chakraborty K. Antioxidative sulphated polygalactans from marine macroalgae as angiotensin-I converting enzyme inhibitors. Nat Prod Res. 2018;32(17):2100-2106.
49. Ben Gara A, Ben Abdallah Kolsi R, Jardak N, Chaaben R, El-Feki A, Fki L, *et al*. Inhibitory activities of *Cystoseira crinita* sulfated polysaccharide on key enzymes related to diabetes and hypertension: *in vitro* and animal study. Arch Physiol Biochem. 2017;123(1):31-42.

50. Li B, Lu F, Wei X, Zhao R. Fucoidan: Structure and bioactivity. Molecules. 2008;13(8):1671-95.
51. Makkar F, Chakraborty K. Antidiabetic and anti-inflammatory potential of sulphated polygalactans from red seaweeds *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria opuntia*. Int J Food Prop. 2017;20(6):1326-1337.
52. Ben Abdallah Kolsi R, Bkhairia I, Gargouri L, ktari N, Chaaben R, El Feki A, *et al*. Protective effect of *Sargussum vulgare* sulfated polysaccharide against molecular, biochemical and histopathological damage caused by alloxan in experimental diabetic rats. Int J Biol Macromol. 2017;105:598-607.
53. Manlusoc JKT, Hsieh CL, Hsieh CY, Salac ESN, Lee YT, Tsai PW. Pharmacologic application potentials of sulfated polysaccharide from marine algae. Polymers. 2019;11(7):1-21.
54. Wang J, Jin W, Zhang W, Hou Y, Zhang H, Zhang Q. Hypoglycemic property of acidic polysaccharide extracted from *Saccharina japonica* and its potential mechanism. Carbohydr Polym. 2013;95(1):143-147.
55. Liu J, Zhu X, Sun L, Gao Y. Characterization and anti-diabetic evaluation of sulfated polysaccharide from *Spirulina platensis*. J Funct Foods [Internet]. 2022;95(March):105155. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105155
56. Umemura K, Yanase K, Suzuki M, Okutani K, Yamori T, Andoh T. Inhibition of DNA topoisomerases I and II, and growth inhibition of human cancer cell lines by a marine microalgal polysaccharide. Biochem Pharmacol. 2003;66(3):481-487.
57. He D, Yan L, Ma X, Cheng Y, Wu S, Zuo J, *et al*. Gamma-irradiation degraded sulfated polysaccharide from a new red algal strain *Pyropia yezoensis* sookwawon 104 with *in vitro* antiproliferative activity. Oncol Lett. 2020;20(4):1-8.
58. Kim EJ, Park SY, Lee JY, Park JHY. Fucoidan present in brown algae induces apoptosis of human colon cancer cells. BMC Gastroenterol. 2010;10:1-11.
59. Athukorala Y, Ahn GN, Jee YH, Kim GY, Kim SH, Ha JH, *et al*. Antiproliferative activity of sulfated polysaccharide isolated from an enzymatic digest of *Ecklonia cava* on the U-937 cell line. J Appl Phycol. 2009;21(3):307–314.
60. Assef ANB, da Costa BB, Moreira TA, do Carmo LD, de Souza T de FG, Alencar NMN, *et al*. Antitumor and immunostimulating sulfated polysaccharides from brown algae *Dictyota caribaea*. Carbohydr Polym Technol Appl. 2021;2,100142: 1-7.
61. Jiao L, Jiang P, Zhang L, Wu M. Antitumor and immunomodulating activity of polysaccharides from *Enteromorpha intestinalis*. Biotechnol Bioprocess Eng. 2010;15(3):421-428.
62. Liu B, Liu QM, Li GL, Sun LC, Gao YY, Zhang YF, *et al*. The anti-diarrhea activity of red algae-originated sulphated polysaccharides on ETEC-K88 infected mice. RSC Adv. 2019;9(5):2360-2370.

แนวทางการเลือกอาหารและสารอาหารสำหรับผู้สูงวัย

ดร.ศิริพร ตันจอ

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrspta@ku.ac.th
รับเมื่อ 9 มกราคม 2566 **แก้ไขเมื่อ** 13 กุมภาพันธ์ 2566 **ตอบรับเมื่อ** 20 เมษายน 2566

จุดเด่น

- ความต้องการสารอาหารและพลังงานสำหรับผู้สูงวัย
- คำแนะนำด้านอาหารสำหรับผู้สูงวัย

บทคัดย่อ

เมื่อมีอายุมากขึ้น การได้รับสารอาหารและพลังงานที่เพียงพอและเหมาะสมจะช่วยป้องกันหรือชะลอความเสื่อมถอยของร่างกายได้ ทั้งสารอาหารหลักและสารอาหารรองส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย ได้แก่ กระบวนการเมตาบอลิซึม การทำงานของระบบประสาทและสมอง รวมถึงระบบภูมิคุ้มกันโรค การเกิดภาวะหรือโรคที่พบในผู้สูงอายุ ส่วนหนึ่งมาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ได้แก่ ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย โรคกระดูกพรุน และการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังบางชนิด เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น นอกจากนี้การมีภาวะโภชนาการที่ดียังอาจช่วยชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมที่เกิดจากการมีอายุที่มากขึ้นได้ สารอาหารที่ผู้สูงอายุมักได้รับไม่เพียงพอ ได้แก่ โปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ เนื่องจากข้อจำกัดทางร่างกายที่ทำให้การดูดซึมสารอาหารและการบริโภคอาหารได้ลดลง ดังนั้นการเลือกอาหารที่เหมาะสมจึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมภาวะโภชนาการที่ดีและสุขภาพที่ดีให้กับผู้สูงอายุได้

คำสำคัญ : โภชนาการ สารอาหาร ผู้สูงอายุ

Food and nutrition guidelines for the elderly

Siriporn Tanjor, Ph.D

Department of Nutrition and Health

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

E-mail : ifrspta@ku.ac.th

Received 9 January 2023; **Revised** 13 February 2023; **Accepted** 20 April 2023

Highlights

- Nutrient and energy requirements for the elderly
- Dietary recommendations for the elderly

Abstract

An adequate intake of nutrients and energy can prevent or slow down the age-related diseases in elderly. Both macronutrients and micronutrients can promote the body function e.g., metabolic pathway, brain function, and the immune system. Food consumption behavior influences some common diseases for older adults such as sarcopenia, osteoporosis, and non-communicable diseases e.g., obesity, diabetes type 2, and hyperlipidemia. In addition, good nutrition in the elderly could slow the age-related dementia. The common dietary deficiencies in the elderly include protein, vitamins, and minerals. This is because the physical functional limitations that influence the absorption of nutrients and reduction of food intake. Therefore, choosing the suitable food could be one approach to promote good nutritional status and health for the elderly.

Keywords : nutrition, nutrients, elderly

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่ “สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์” คือ มีประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 12 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 18.3 ของประชากรทั้งประเทศ มีอายุอยู่ในช่วง 60-69 ปี จำนวน 6.8 ล้านคน มีอายุอยู่ในช่วง 70-79 ปี จำนวน 3.5 ล้านคน และมีอายุ 80 ปีขึ้นไป จำนวน 1.7 ล้านคน[1] ซึ่งในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา หลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนได้ให้ความสำคัญและคิดค้นนวัตกรรมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวก รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มผู้สูงอายุให้มากที่สุดเพื่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดี สำหรับการสร้างนวัตกรรมเพื่อผู้สูงอายุนั้น ควรคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการดำรงชีวิต รวมถึงการได้รับอาหารและสารอาหารที่จำกัด ดังนั้นการออกแบบผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้สูงอายุ นอกจากความอร่อยแล้ว ยังควรให้ความสำคัญกับ “ความเหมาะสมของสารอาหาร” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยป้องกันหรือลดความรุนแรงของภาวะหรือโรคที่จะเกิดขึ้นในผู้สูงอายุ รวมถึง “ลักษณะของอาหาร” ได้แก่ เนื้อสัมผัสและความหนืดของอาหาร ที่จะช่วยให้ผู้สูงวัยสามารถรับประทานได้อย่างเพียงพอและเหมาะสมกับความต้องการ และเกิดความปลอดภัยในขณะรับประทานอาหาร เช่น ลดการสำลักอาหาร เป็นต้น[2] ดังนั้นการสร้างผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อผู้สูงวัยในปัจจุบันจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยข้างต้นทั้งสารอาหารและความเหมาะสมของลักษณะอาหารเพื่อร่วมกันส่งเสริมภาวะโภชนาการที่ดีให้กับผู้สูงอายุ ลดการเกิดภาวะหรือโรคที่พบบ่อยในผู้สูงวัยเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีทั้งต่อตนเองและครอบครัว

สารอาหาร

มีความสำคัญต่อสุขภาพและภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุ การมีภาวะโภชนาการที่ดีนั้น นอกจากจะช่วยลดปัญหาสุขภาพ ลดภาวะหรือโรคที่พบบ่อยในกลุ่มผู้สูงวัยแล้ว อาหารยังช่วยให้โรคบางโรคที่เป็นอยู่ดีขึ้นหรือลดความรุนแรงของโรคได้ ภาวะหรือโรคที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ได้แก่ ภาวะมวลกล้ามเนื้อลดลง กล้ามเนื้ออ่อนแรง ภาวะกระดูกพรุน ภาวะท้องผูก หรือการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง เป็นต้น สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากการทำงานของร่างกายที่มีประสิทธิภาพลดลง รวมถึงพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ผู้สูงอายุยังมีข้อจำกัดของร่างกายที่ทำให้ได้รับอาหารและสารอาหารได้จำกัด ก็จะยิ่งส่งเสริมให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอและเหมาะสมและส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ จากผลการสำรวจของศิริพร และคณะ[3] พบว่า ผู้สูงอายุมีปัญหาในการรับประทานอาหารมากกว่าร้อยละ 70 โดยพบปัญหาเรื่องการบดเคี้ยวอาหารได้ลดลงมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนผู้สูงอายุที่พักอาศัยอยู่ในสถานสงเคราะห์คนชราหรือศูนย์พัฒนาการจัดสวัสดิการสังคมผู้สูงอายุ จำนวน 6 แห่ง ทั่วประเทศ และพบปัญหาอื่นร่วมด้วย ได้แก่ มีภาวะกลืนอาหารลำบาก การหยิบจับอาหารลำบาก มีความรู้สึกไม่อยาก

อาหารหรือเบื่ออาหาร หรือรู้สึกกินอาหารไม่อร่อย นอกจากนี้ยังพบการรับรู้รสชาติอาหารลดลง โดยเฉพาะรสเค็ม ดังนั้นด้วยข้อจำกัดทางร่างกายต่าง ๆ เหล่านี้ จึงทำให้ผู้สูงอายุมีข้อจำกัดในการรับประทานอาหารหรือได้รับสารอาหารที่ไม่เพียงพอและเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้สูงอายุหรือเกิดปัญหาสุขภาพได้ ในบทความนี้จะขอกล่าวถึงสารอาหารที่ผู้สูงอายุต้องการในแต่ละวันและแนวทางในการเลือกอาหารเพื่อใช้สำหรับจัดอาหารหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้กับผู้สูงอายุสามารถรับสารอาหารได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอมากขึ้น

Figure 1 Nutrition flag for elderly[4-5]

ความต้องการสารอาหารและพลังงานของผู้สูงวัย

ในแต่ละวันผู้สูงวัยควรจะได้รับสารอาหารและพลังงานที่เหมาะสมโดยอ้างอิงจากปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน สำหรับคนไทย พ.ศ. 2563 และธงโภชนาการผู้สูงอายุ[4-5] แสดงดัง Figure 1 พบว่า ชนิดของสารอาหารไม่แตกต่างจากวัยอื่น ๆ แต่ปริมาณความต้องการของพลังงานรวมที่ได้จากอาหารนั้นจะน้อยกว่า เนื่องจากความต้องการในการใช้พลังงานเพื่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ และการออกกำลังลดลง ผู้สูงอายุมีความต้องการพลังงานอยู่ที่ 1,400-1,800 กิโลแคลอรีต่อวัน โดยจะแตกต่างกันไปตามกิจกรรมที่ทำ ได้แก่ กิจกรรมเบามาก กิจกรรมเบา และกิจกรรมปานกลาง ซึ่งต้องการพลังงานวันละ 1,400 1,600 และ 1,800 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

พลังงานที่ควรได้รับต่อวันนั้นจะมาจากอาหารซึ่งมีการกระจายตัวของพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 55-60 โปรตีนร้อยละ 10-15 และไขมันร้อยละ 30 เช่นเดียวกัน โดยอาหารใน 1 วันของผู้สูงวัยนั้นจะประกอบด้วยข้าว 7-9 ทัพพี ผัก 4 ทัพพี เนื้อสัตว์ 6-8 ช้อนโต๊ะ ผลไม้ 1-3 ส่วน น้ำ 8 แก้ว น้ำมันไม่ควรเกิน 6-8 ช้อนชา และน้ำตาลไม่ควรเกิน 6 ช้อนชา และควรรับประทานนม 1-2 แก้วต่อวัน กรณีไม่ดื่มนม ควรเพิ่มสัดส่วนการรับประทานข้าว 1-2 ทัพพี และเพิ่มเนื้อสัตว์อีก 2-4 ช้อนโต๊ะต่อวัน และอาจจำเป็นต้องเสริมแคลเซียม 500-1,000 มิลลิกรัม เพื่อป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนในผู้สูงวัย

ด้วยข้อจำกัดทางร่างกายของผู้สูงวัย อาจส่งผลให้การรับประทานอาหารแต่ละมื้อลดลง ดังนั้นอาจต้องจัดอาหารมื้อหลัก 3 มื้อ พอประมาณ

และเสริมอาหารว่างอีก 2 มื้ออาหาร นอกจากนี้จำเป็นที่จะต้องเลือกชนิดอาหารที่มีคุณภาพเพื่อให้ร่างกายได้รับสารอาหารที่เพียงพอและเหมาะสม โดยเน้นอาหารที่หลากหลายเพื่อเพิ่มโอกาสการได้รับสารอาหารที่ครบถ้วนและสมดุลมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะลดหรือป้องกันปัญหาสุขภาพแล้ว ยังสามารถที่จะรักษาน้ำหนักตัว รักษามวลกระดูกและกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุไว้ ตลอดจนชะลอความเสื่อมถอยทั้งทางร่างกายและสมอง เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ปกติมากที่สุด

แนวทางในการเลือกอาหารให้ผู้สูงวัย

หมวดข้าว-แป้ง ร่างกายต้องการอาหารหมวดนี้เพื่อใช้เป็นพลังงานหลักสำหรับการดำรงชีวิต อาหารหมวดนี้ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด เผือก มัน ผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้งชนิดต่าง ๆ เช่น เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นพาสต้า วุ้นเส้น เป็นต้น รวมถึงผลิตภัณฑ์เบเกอรี การเลือกรับประทานอาหารหมวดนี้ หากเลือกข้าวไม่ขัดสีหรือแป้งที่มีโปรตีนหรือใยอาหารร่วมด้วย ก็จะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารอื่นเพิ่มขึ้นด้วย รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอี สารแกมมาออริซานอล (gamma-oryzanol) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งพบได้ในข้าวที่มีสี เช่น ข้าวกล้อง ข้าวไรซ์เบอรี่ เป็นต้น[6-8] และมีวิตามินที่มากกว่าข้าวขัดขาว เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ไนอะซิน รวมถึงธาตุอาหารบางชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี เป็นต้น[4,9] นอกจากนี้ยังส่งผลดีต่อการย่อย คือ ช่วยชะลอการย่อยสตาร์ชและควบคุมระดับกลูโคสในระบบไหลเวียนเลือดอันเนื่องมาจากใยอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่จะช่วยส่งเสริมการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน[10-11] และช่วยลดไขมันในเลือดได้[12] การเลือกบริโภคข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือแทนข้าวขาวอย่างน้อย 90 กรัมต่อวัน จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ช่วยรักษาน้ำหนักตัว และอาจช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังได้ รวมถึงการได้รับใยอาหารทุกวันจะป้องกันอาการท้องผูกในผู้สูงอายุ[4] การบริโภคข้าวกล้องยังส่งผลดีต่อการทำงานของสมอง เนื่องจากสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกและสารแกมมาออริซานอล จะช่วยส่งเสริมการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับการรับข้อมูล การตัดสินใจและความทรงจำ และอาจป้องกันโรคเสื่อมของระบบประสาทที่จะเกิดขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นได้[13-14]

หมวดเนื้อสัตว์ ผู้สูงอายุมีความจำเป็นที่จะต้องบริโภคโปรตีนให้เพียงพอและเหมาะสมเพื่อป้องกันภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยซึ่งอาจนำไปสู่ภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรงและภาวะกระดูกพรุนได้ แต่ด้วยข้อจำกัดในการบดเคี้ยวและการย่อยอาหารอาจทำให้ผู้สูงอายุได้รับโปรตีนที่จำกัด ดังนั้นการเลือกรับประทานโปรตีนนั้น จึงควรเลือกโปรตีนที่มีคุณภาพ คือ มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ได้แก่ เนื้อสัตว์ นม และไข่ อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการบริโภคโปรตีนที่มาจากเนื้อสัตว์หรือพืชในปริมาณโปรตีนรวมที่เพียงพอ จะช่วยรักษามวลกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุหรือชะลอการเกิดภาวะมวลกล้ามเนื้อลดลงในผู้สูงอายุได้ ซึ่งอาจรวมถึงอิทธิพลของสารอาหารอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น วิตามินดี และแมกนีเซียม เป็นต้น[15] ปริมาณโปรตีนที่แนะนำ คือ

โปรตีน 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน แหล่งของอาหารโปรตีนได้จากปลา ไข่ เนื้อสัตว์ไม่ติดมัน ถั่วเมล็ดแห้งและผลิตภัณฑ์ฯ และนม ซึ่งนอกจากจะช่วยรักษามวลกล้ามเนื้อให้อยู่ในสภาพปกติแล้ว โปรตีนยังเป็นส่วนประกอบของสารสร้างภูมิคุ้มกันโรคและยังให้พลังงานแก่ร่างกาย ข้อแนะนำสำหรับผู้สูงอายุทั่วไปในการเลือกรับประทานอาหารโปรตีน คือ การบริโภคไข่วันละฟอง บริโภคตับวันเว้นวัน และสามารถรับประทานถั่วเมล็ดแห้งได้วันละ 1 ช้อนโต๊ะ[16] การเลือกบริโภคอาหารข้างต้น จะส่งเสริมให้ผู้สูงอายุมีโอกาสได้สารอาหารอื่นร่วมด้วย ยกตัวอย่างเช่น

การบริโภคตับที่เหมาะสมจะทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนและธาตุเหล็กในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินที่มีหน้าที่ในการนำออกซิเจนไปยังเซลล์ทั่วร่างกายและอวัยวะต่าง ๆ รวมถึงเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพลังงานให้กับเซลล์ และยังเป็นแหล่งอาหารที่มีธาตุเหล็กอยู่ในรูปฮีม (heme iron) ที่ร่างกายจะดูดซึมและนำไปใช้ได้ดีกว่าอาหารกลุ่มพืช[4] ภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็กเป็นภาวะหนึ่งที่พบได้บ่อยในกลุ่มผู้สูงอายุซึ่งส่วนหนึ่งมาจากการรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กไม่เพียงพอ รวมถึงการดูดซึมได้ลดลงเนื่องจากวัยหรือภาวะของการเจ็บป่วย ส่งผลกระทบต่อผู้สูงอายุเกิดภาวะโลหิตจาง คือ ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของร่างกายลดลง ได้แก่ การทรงตัว ความเร็วในการเดินและการลุกจากเก้าอี้ รวมถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง มีโอกาสหกล้มได้ง่าย นอกจากนี้ภาวะโลหิตจางยังส่งผลต่อการทำงานของกระบวนการรับรู้ ผู้สูงอายุที่มีภาวะโลหิตจางมีอัตราการตายหรือมีระยะเวลาในการนอนโรงพยาบาลนานกว่าผู้สูงอายุที่ไม่มีภาวะโลหิตจาง[17] และยังพบอาการหลงลืมง่าย คิดช้า คิดไม่ค่อยออก ขาเป็นตะคริว นอนไม่หลับ และรู้สึกไม่คล่องแคล่วในผู้สูงอายุที่มีภาวะโลหิตจาง[18]

การบริโภคถั่วเมล็ดแห้งจะให้ทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ใยอาหาร กรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามินบี 1 และแมกนีเซียม[4,9] ซึ่งผู้สูงอายุจะมีความเสี่ยงต่อการขาดแมกนีเซียมได้ง่าย เนื่องจากการบริโภคอาหารที่มีแมกนีเซียมได้ลดลงประกอบกับการมีภาวะเบื่ออาหาร การรับรสเปลี่ยนไป มีปัญหาในการเคี้ยว และภาวะสูงวัยที่ทำให้เมตาบอลิซึม (metabolism) ของแมกนีเซียมเปลี่ยนไปด้วย คือ การดูดซึมแมกนีเซียมที่ลำไส้เล็กลดลงและมีการขับแมกนีเซียมออกมาทางปัสสาวะมากขึ้น อย่างไรก็ตามผู้สูงอายุยังจำเป็นต้องได้รับแมกนีเซียมให้เพียงพอเนื่องจากแมกนีเซียมมีบทบาทในการควบคุมอุณหภูมิ การยืดหดของกล้ามเนื้อ และการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมกับการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง และโรคกระดูกพรุน[4]

การบริโภคโปรตีนที่เหมาะสมและเพียงพอนั้นยังส่งเสริมให้ร่างกายได้รับสารอาหารอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 และไนอาซิน ซึ่งพบได้ในเนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์ ข้าวไม่ขัดสี นม และถั่วเมล็ดแห้ง โดยบทบาทหน้าที่ของวิตามินเหล่านี้ เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน และเป็นส่วนประกอบสำคัญของเยื่อประสาท การสังเคราะห์สารสื่อประสาทซึ่งเกี่ยวข้องกับการ

ทำงานของสมองและระบบประสาทและการส่งผ่านกระแสความรู้สึก รวมถึงระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย[4]

การเลือกรับประทานปลาสามารถรับประทานสลับบางมื้อเนื่องจากปลาเป็นโปรตีนย่อยง่ายและมีไขมันน้อยจึงเหมาะสำหรับผู้สูงอายุและช่วยเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ[19] แนะนำการบริโภคปลาอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ หรือปริมาณรวม 170-230 กรัมต่อสัปดาห์[20] ซึ่งนอกจากจะได้โปรตีนที่มีคุณภาพดีแล้ว ยังได้รับสารอาหารอื่นร่วมด้วย ได้แก่ วิตามินดี กรดไขมัน DHA (Docosahexaenoic acid) และ EPA (Eicosapentaenoic acid) ซึ่งวิตามินดีจะมีประโยชน์ต่อสมดุลแคลเซียมในร่างกาย กล้ามเนื้อและกระดูก[4] มีรายงานว่า วิตามินดีมีความสัมพันธ์กับภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยในผู้สูงอายุ[21-22] ส่วนกรดไขมัน DHA และ EPA จะมีประโยชน์ต่อเซลล์สมอง บำรุงจอตา และช่วยลดการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด ทำให้ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีไอโอดีนที่จะช่วยในกระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และรักษาสมดุลของแร่ธาตุในร่างกาย[4] มีรายงานว่า การบริโภคกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ได้แก่ กรดลิโนเลนิก (α-linolenic acid, ALA), EPA และ DHA มีบทบาทต่อการทำงานของกระบวนการรับรู้ในผู้สูงอายุ[23]

หมวดผักและผลไม้ การรับประทานผักและผลไม้จะได้รับทั้งใยอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญต่อผู้สูงอายุ เช่น วิตามินซี วิตามินเอในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (carotenoids) โฟเลท แคลเซียม และแมกนีเซียม เป็นต้น การรับประทานผักและผลไม้สามารถเลือกรับประทานที่หลากหลายสลับกันในแต่ละมื้ออาหารเพื่อเพิ่มโอกาสการได้รับสารประกอบเคมีธรรมชาติที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระหรือต้านการอักเสบ ได้แก่ สารโพลีฟีนอล หรือวิตามินเอในกลุ่มแคโรทีนอยด์ เช่น เบต้าแคโรทีน ซึ่งพบได้ในผักใบสีเขียวเข้ม ผักและผลไม้สีเหลืองหรือส้ม เช่น ตำลึง ผักบุ้ง แคร์รอต ฟักทอง มันเทศเหลือง และมะละกอสุก เป็นต้น รวมถึงลูทีนและซีแซนทีนที่พบมากในผักใบที่มีสีเขียวเข้ม ซึ่งล้วนมีความเกี่ยวข้องกับสุขภาพ ได้แก่ การลดหรือชะลอภาวะตาเสื่อมและโรคต้อกระจก การลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคมะเร็งบางชนิด โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคที่เกี่ยวข้องกับสมองและการเสื่อมของระบบประสาท[4,24-25] เป็นต้น

การเลือกผลไม้นั้นควรเน้นผลไม้ที่ไม่หวานจัด ที่ผ่านมามีรายงานที่ชัดเจนว่า การบริโภคผักและผลไม้มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะสมองเสื่อม ความผิดปกติด้านความจำ และภาวะความรู้คิดบกพร่องในผู้สูงอายุลดลง ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในผักและผลไม้ที่ส่งผลต่อกระบวนการทำงานและการรับรู้ของสมอง (cognitive function) นอกจากนี้ยังส่งผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย[26] รวมถึงส่งผลต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ ได้แก่ ลดอัตราการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งและโรคหัวใจ ป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังบางชนิด เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น รวมถึงส่งเสริมให้ผู้สูงอายุสามารถทำกิจกรรมหรือการเคลื่อนไหวร่างกายดีขึ้นเนื่องจากกล้ามเนื้อและกระดูกแข็งแรงจากการ

ได้รับวิตามินและแร่ธาตุจากการบริโภคผักและผลไม้ เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม วิตามินซี วิตามินเค และสารประกอบเคมีธรรมชาติที่พบได้ในพืช ส่งเสริมการทำงานหรือป้องกันการเกิดภาวะต่าง ๆ เช่น ป้องกันการสูญเสียมวลกระดูก เป็นต้น[27] มีรายงานพบว่า การบริโภคผักและผลไม้มีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการทำงานของร่างกายและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของผู้สูงอายุโดยพบว่า ปริมาณเบต้าแคโรทีนในซีรัมสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและความสามารถในการทำกิจกรรมของผู้สูงอายุ รวมถึงวิตามินซีที่ส่งผลดีต่อมวลกระดูกและกล้ามเนื้อ (skeletal muscle mass) และพละกำลัง (leg explosive power)[28,24,29]

การบริโภคผักและผลไม้ในปริมาณที่เพียงพอยังส่งผลต่อการเกิดโรคบางชนิดลดลง เช่น โรคท้องผูก โรคริดสีดวงทวาร โรคมะเร็งบางชนิด เช่น โรคมะเร็งลำไส้ โรคเบาหวานชนิดที่ 2 โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด โดยใยอาหารอาจส่งผลต่อความหนืดในระบบทางเดินอาหารเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อการดูดซึมกลูโคสและไขมันเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดลดลง รวมไปถึงสารก่อมะเร็ง ใยอาหารจะช่วยเพิ่มมวลอุจจาระและเร่งเวลาในการขับถ่าย ทำให้ลดโอกาสที่เนื้อเยื่อของลำไส้จะสัมผัสกับสารก่อมะเร็งที่อาจมีอยู่ในอาหารหรืออาจเป็นเพราะบทบาทของฮอร์โมนที่ถูกผลิตขึ้นในระบบย่อยอาหาร (gut hormones) หรือกรดไขมันสายสั้นที่ถูกผลิตขึ้นในลำไส้ใหญ่ (Short-chain fatty acids, SCFA)[30,4]

การรับประทานนมและผลิตภัณฑ์นม

ผู้สูงอายุควรเลือกนมพร่องมันเนย เนื่องจากนมและผลิตภัณฑ์นมเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่มีคุณภาพที่สามารถรับประทานร่วมกับโปรตีนชนิดอื่น ๆ เพื่อช่วยชะลอหรือป้องกันการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อในผู้สูงอายุ[31-32] นอกจากนี้ยังส่งผลดีต่อกระดูกและการทำงานของระบบประสาทและสมอง โดยลดภาวะการเกิดโรคกระดูกพรุนหรือกระดูกหักจากโรคกระดูกพรุน เนื่องจากน้ำนมอุดมไปด้วยสารอาหาร แคลเซียม และวิตามินดีที่จะช่วยรักษาสมดุลแคลเซียมในร่างกายและรักษามวลกระดูกไว้เมื่ออายุมากขึ้น[32-34] รวมถึงสารอาหารอื่น ๆ เช่น bioactive peptides และวิตามินบีที่อาจช่วยชะลอการเกิดโรคสมองเสื่อมเนื่องจากอายุที่มากขึ้น[32,35] ปริมาณการรับประทานนมที่เหมาะสม คือ 1-2 แก้วต่อวัน ซึ่งการดื่มนมช่วงแรกของผู้สูงอายุนั้น อาจเริ่มครั้งละน้อยและเพิ่มเป็นครั้งละหนึ่งแก้วในเวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ หรืออาจเลือกผลิตภัณฑ์นมที่ผ่านการย่อยน้ำตาลแล็กโตสแล้วโดยจุลินทรีย์ เช่น ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตหรือผลิตภัณฑ์นมที่ปราศจากน้ำตาลแล็กโตส เป็นต้น เพื่อให้ร่างกายยังได้รับโปรตีนและแคลเซียม รวมถึงสารอาหารอื่นที่เหมาะสมและเพียงพอ[16]

การเลือกใช้น้ำมันในการประกอบอาหาร

อาจเลือกใช้น้ำมันรำข้าวเนื่องจากมีสัดส่วนของกรดไขมันที่ใกล้เคียงกับที่องค์การอนามัยโลก (WHO) และสมาคมโรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา (American Heart Association) แนะนำ คือ น้ำมันที่บริโภค

ควรมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ตำแหน่งเดียว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่หลายตำแหน่งอยู่ร้อยละ 27-33 33-40 และ 27-33 ตามลำดับ[36] ซึ่งในน้ำมันรำข้าวจะมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ที่ร้อยละ 22.5 กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ตำแหน่งเดียวร้อยละ 44 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่หลายตำแหน่งร้อยละ 33.6 ตามลำดับ[37] นอกจากนี้น้ำมันรำข้าวยังมีสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารไฟโตสเตอรอล โดยพบอยู่ที่ 858-1,034 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม และพบสารแกมมา-ออริซานอลอยู่ที่ 248-887 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม[38] เป็นต้น ซึ่งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพนี้จะมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด[36]

บทสรุป

ร่างกายจำเป็นต้องได้รับสารอาหารและพลังงานที่เหมาะสม การที่ผู้สูงอายุได้รับสารอาหารและพลังงานที่ครบถ้วนและเพียงพอจะช่วยชะลอความเสื่อมถอยของร่างกายได้ รวมถึงเพิ่มภูมิคุ้มกันต่อการเกิดโรค สารอาหารที่เหมาะสมสำหรับวัยนี้ยังจำเป็นต้องได้รับอาหารที่ครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ เช่นเดียวกับวัยอื่นแต่จะควบคุมปริมาณอาหารและสารอาหารที่พอเหมาะและสมดุล ได้แก่ การเลือกรับประทานอาหารหมวดคาร์โบไฮเดรต ควรเน้นข้าวไม่ขัดสี เพื่อให้ร่างกายได้รับวิตามิน แร่ธาตุและใยอาหารเพิ่มขึ้น การเลือกรับประทานโปรตีนที่เหมาะสมและเพียงพอ จะช่วยลดการเกิดภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรงในผู้สูงอายุ รวมถึงได้รับวิตามินและแร่ธาตุอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น วิตามินบี วิตามินซี วิตามินดี ธาตุเหล็ก แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการทำงานของร่างกายให้เป็นปกติและลดการเกิดภาวะหรือโรคที่พบบ่อยในผู้สูงอายุได้ โดยเฉพาะธาตุอาหารบางชนิด เช่น แคลเซียม อาจต้องรับประทานเสริมเนื่องจากข้อจำกัดในการบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งของธาตุแคลเซียมเพื่อลดปัญหาการเกิดภาวะกระดูกพรุนในผู้สูงวัย การเลือกรับประทานผักและผลไม้ที่เพียงพอ จะทำให้ได้รับวิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหาร รวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระ และการเลือกน้ำมันในการประกอบอาหารที่เหมาะสม เช่น น้ำมันรำข้าว จะช่วยรักษาสมดุลของไขมันในเลือดและลดโอกาสในการเกิดโรคไขมันในเลือดสูงและโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

เอกสารอ้างอิง

1. กรมกิจการผู้สูงอายุ. สถิติผู้สูงอายุ. กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://www.dop.go.th/th/know/side/1/1/1159
2. ปิยะภัทร เดชพระธรรม. ปัญหาการกลืนในผู้สูงอายุ. เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร. 2556;23(3):73-80.
3. ศิริพร และคณะ. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากลิ่นรสในผลิตภัณฑ์ผงโรยข้าวสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาการบดเคี้ยวและการกลืนอาหาร เพื่อช่วยให้รับประทานอาหารได้มากขึ้น. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน). 2561.
4. กรมอนามัย. ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวัน สำหรับคนไทย พ.ศ. 2563. สำนักโภชนาการ กรมอนามัย. กระทรวงสาธารณสุข.

5. สำนักโภชนาการ. ธงโภชนาการผู้สูงอายุ. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/elderlybook/194718
6. ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. รำข้าวสีดำคือแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://dna.kps.ku.ac.th/index.php/article-rice-rsc-rgdu/47-riceberry-height-antioxidant
7. Settapramote N, Laokuldilok T, Boonyawan D, Utama-ang N. Physiochemical, antioxidant activities and anthocyanin of riceberry rice from different locations in Thailand. Food Appl Biosci J. 2018;6(Special):84-94.
8. Chinvongamorn H. Sansenya, S. The γ-oryzanol content of Thai rice cultivars and the effects of gamma irradiation on the γ-oryzanol content of germinated Thai market rice. Oriental J Chem. 2020;36:812-818.
9. Judprasong K, Puwastien P, Rojroongwasinkul N, Nitithamyong A, Sridonpai P, Somjai A. Institute of Nutrition, Mahidol University. Thai Food Composition Database, Online version 2, September 2018, Thailand. [Internet]. [cited 2022 Dec 9]. Available from: http://www.inmu.mahidol.ac.th/thaifcd
10. Masuzaki H, Kozuka C, Okamoto S, Yonamine M, Tanaka H, Shimabukuro M. Brown rice-specific γ-oryzanol as a promising prophylactic avenue to protect against diabetes mellitus and obesity in humans. J Diabetes Investig. 2018; 10:18-25.
11. Atkinson FS, Brand-Miller JC, Foster-Powell K, Buyken AE, Goletzke J. International tables of glycemic index and glycemic load values 2021: a systematic review. Am J Clin Nutr. 2021;114(5):1625-1632.
12. Bumrungpert A, Chongsuwat R, Phosat C, Butacnum A. Rice bran oil containing gamma-oryzanol improves lipid profiles and antioxidant status in hyperlipidemic subjects: a randomized double-blind controlled trial. J Altern Complement Med. 2019;25(3):353-358.
13. Rungratanawanich W, Cenini G, Mastinu A, Sylvester M, Wilkening A, Abate G, *et al*., γ-Oryzanol improves cognitive function and modulates hippocampal proteome in mice. Nutrients. 2019;11(4):753.
14. Takano Y, Kokubun K, Saika K, Nishiyama N, Taki Y. Effect of the intake of brown rice for six months on the cognitive function in healthy elderly persons: A study protocol for a pilot, non-randomized controlled trial. Methods Protoc. 2021;4(4):78.
15. Putra C, Konow N, Gage M, York, CG, Mangano KM. Protein source and muscle health in older adults: A literature review. Nutrients. 2021;13(3):743.
16. ประไพศรี ศิริจักรวาล. Healthy Diet for Elderly: ข้อแนะนำการบริโภคเพื่อสุขภาพที่ดีของผู้สูงอายุไทย ในงาน ประชุมเชิงปฏิบัติการ “การพัฒนาศักยภาพและเสริมทักษะด้านโภชนาการ เพื่อการดูแลผู้สูงอายุตลอดช่วงชีวิตและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับภาคีเครือข่าย” 14-15 ธ.ค. 2560 (Cluster ผู้สูงอายุ สำนักโภชนาการ กรมอนามัย). [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2565]. เข้าถึงได้จาก: https://nutritionanamai.moph.go.th/th/elderlydoc/download?id=47708&mid=32225&mkey=m_document&lang=th&did=15642
17. ณัฐติยา เตียวตระกูล. Anemia in Older Adults. วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต. 2554;21(4):267-272.
18. ปิยะภร ไพรสนธิ์ และคณะ. ภาวะโลหิตจางในผู้สูงอายุภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารสภาการพยาบาล. 2560;32(1):133-145.
19. Alhussain MH, Alshammari MM. Association between fish consumption and muscle mass and function in middle-age and older adults. Front Neurol. 2021;746880.
20. American Heart Association. Fish and Omega-3 Fatty Acids. [Internet]. [cited 2022 Dec 30]. Available from: https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/fats/fish-and-omega-3-fatty-acids
21. Bo Y, Liu C, Ji Z, Yang R, An Q., Zhang X, *et al.* A high whey protein, vitamin D and E supplement preserves muscle mass, strength, and quality of life in sarcopenic older adults: A double-blind randomized controlled trial. Clin Nut. 2019;38:159-164.

22. Remelli F, Vitali A, Zurlo A, Volpato S. Vitamin D deficiency and sarcopenia in older persons. Nutrients. 2019;11(12): 2861.
23. Ruxton CH, Derbyshire E, Toribio-Mateas M. Role of fatty acids and micronutrients in healthy ageing: a systematic review of randomised controlled trials set in the context of European dietary surveys of older adults. J Hum Nutr Diet. 2016;29(3):308-324.
24. Woodside JV, McGrath AJ, Lyner N, McKinley MC. Carotenoids and health in older people. Maturitas. 2015;80(1):63-68.
25. Brimson JM, Prasanth MI, Malar DS, Thitilertdecha P, Kabra A, Tencomnao T, Prasansuklab A. Plant polyphenols for aging health: Implication from their autophagy modulating properties in age-associated diseases. Pharmaceuticals. 2021;14(10):982.
26. Zhou Y, Wang J, Cao L, Shi M, Liu H, Zhao Y, Xia Y. 2022. Fruit and vegetable consumption and cognitive disorders in older adults: a meta-analysis of observational studies. Front Nutr. 2022;1291.
27. Nicklett EJ, Kadell AR. Fruit and vegetable intake among older adults: a scoping review. Maturitas. 2013;75(4):305-312.
28 Semba RD, Lauretani F, Ferrucci L. Carotenoids as protection against sarcopenia in older adults. Arch Biochem. 2007;458(2):141-145.
29. Welch AA, Jennings A, Kelaiditi E, Skinner J, Steves CJ. Cross-sectional associations between dietary antioxidant vitamins C, E and carotenoid intakes and sarcopenic indices in women aged 18–79 years. Calcif Tissue Int. 2020;106(4): 331-342.
30. Lattimer JM, Haub MD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. Nutrients. 2010;2(12):1266-1289.
31. Yanai H. Nutrition for sarcopenia. J Clin Med Res. 2015;7(12):926.
32. Zanini B, Simonetto A, Zubani M, Castellano M, Gilioli G. The effects of cow-milk protein supplementation in elderly population: systematic review and narrative synthesis. Nutrients. 2020;12(9):2548.
33. Malmir H, Larijani B, Esmaillzadeh A. Consumption of milk and dairy products and risk of osteoporosis and hip fracture: a systematic review and Meta-analysis. Crit Rev Food Sci Nutr. 2020;60(10):1722-1737.
34. Ratajczak AE, Zawada A, Rychter AM, Dobrowolska A, Krela-Kaźmierczak I. Milk and dairy products: Good or bad for human bone?. Practical dietary recommendations for the prevention and management of osteoporosis. Nutrients. 2021;13(4):1329.
35. Camfield DA, Owen L, Scholey AB, Pipingas A, Stough C. Dairy constituents and neurocognitive health in ageing. Br J Nutr. 2011;106(2):159-174.
36. Pal YP, Pratap AP. Rice bran oil: A versatile source for edible and industrial applications. J Oleo Sci. 2017;66(6):551-556.
37. Orsavova J, Misurcova L, Ambrozova JV, Vicha R, Mlcek, J. Fatty acids composition of vegetable oils and its contribution to dietary energy intake and dependence of cardiovascular mortality on dietary intake of fatty acids international. Int J Mol Sci. 2015;16:12871-12890.
38. Sawadikiat P, Hongsprabhas P. Phytosterols and γ-oryzanol in rice bran oils and distillates from physical refining process. Int J Food Sci. 2014;49(9):2030-2036.

เปปไทด์ที่ได้จากอาหารต่อการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ : ประโยชน์ต่อสุขภาพ

ดร.สมัชญา งามสุข

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrsan@ku.ac.th
รับเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2565 **แก้ไขเมื่อ** 17 กุมภาพันธ์ 2566 **ตอบรับเมื่อ** 20 เมษายน 2566

จุดเด่น

- เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ จุลินทรีย์ หรือสารเคมี
- แหล่งของเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบได้ทั้งอาหารที่มาจากพืชและสัตว์
- การนำเปปไทด์มาใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาด้านสุขภาพ

บทคัดย่อ

โปรตีนในอาหารไม่เพียงแต่ทำหน้าที่เป็นสารอาหาร แต่ยังทำหน้าที่ในเชิงชีวเคมีที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมสุขภาพ โดยสมบัติเชิงชีวเคมีของโปรตีนส่วนใหญ่นั้นเกี่ยวข้องกับลำดับของสายเปปไทด์ที่ได้จากการแยกโมเลกุลของโปรตีน เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนที่มีฤทธิ์ต่อการทำงานของระบบประสาท ระบบภูมิคุ้มกัน และระบบย่อยอาหาร แต่เปปไทด์ต่างจากยาสังเคราะห์ คือ ไม่มีผลข้างเคียงต่อระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งข้อดีนี้จึงทำให้เปปไทด์เป็นทางเลือกที่ดีในการใช้รักษาโรค เนื่องจากสมบัติดังกล่าวมีการศึกษาและยังคงศึกษาอยู่ในแง่ประโยชน์ของการนำเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพมาแก้ไขปัญหาด้านสุขภาพ เช่น การใช้เป็นสารในการต้านอนุมูลอิสระ ลดความดันโลหิตสูง ลดการอักเสบ ลดระดับคอเลสเตอรอล และลดอาการโรคเบาหวาน เป็นต้น อีกทั้งบทความนี้ยังกล่าวถึงแหล่งของเปปไทด์ในอาหารที่รับประทานในแต่ละวัน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ : เปปไทด์ แหล่งของเปปไทด์ ฤทธิ์ทางชีวภาพ

Effect of peptides derived from food on bioactive : health benefit

Samuchaya Ngamsuk, Ph.D

Department of Food Chemical and Physical
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : ifrsan@ku.ac.th
Received 10 November 2022; **Revised** 17 February 2023; **Accepted** 20 April 2023

Highlights

- Bioactive peptides are products from protein hydrolysates by enzymatic, microbial or chemical treatment
- Bioactive peptides from food sources (plant and meat products)
- Bioactive peptides relieve health problem

Abstract

Proteins in foods are not only nutrients, but also biochemicals function that promote health. Moreover, the biochemical activities of proteins are presented by peptide sequences coded in the parent protein which become active when cleaved intact. Bioactive peptides are products from protein hydrolysates and show various activities, e.g., the nervous, immune and digestive systems. But peptides are different from synthetic medicine because they have no side effect on the body's system. They are a good choice for medicine. For the activities, a lot of research has been studying the effects of bioactive peptides on these health problems, such as antioxidant, antihypertension, anti-inflammatory, reduced cholesterol level and anti-diabetic. Furthermore, this article reveals the sources of peptides in food proteins of advantage for consumers.

Keywords : peptides, sources of peptides, bioactive peptides

บทนำ

เนื่องจากสภาพแวดล้อมในปัจจุบันร่างกายของเราต้องสัมผัสกับมลพิษและสารพิษจากภายนอกตลอดเวลา โดยสภาวะดังกล่าวจะไปรบกวนการทำงานที่เป็นปกติของร่างกาย ทำให้ร่างกายเกิดภาวะการเจ็บป่วยที่รุนแรงและเกิดโรคต่าง ๆ ขึ้น มีงานวิจัยหลายชิ้นที่ศึกษาการใช้เปปไทด์จากธรรมชาติที่มีสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ ป้องกันหรือลดการเกิดโรคเรื้อรังแบบไม่ติดต่อ เช่น การลดอาการของโรคเบาหวานด้วยเปปไทด์จากโปรตีนนมอูฐ[1] หรือถั่วเหลืองงอก[2] การลดความดันโลหิตสูงด้วยเปปไทด์จากโปรตีนไข่ขาว[3] หรือถั่วเหลือง[4] เป็นต้น โดยโปรตีนในอาหารไม่เพียงแต่ให้คุณค่าทางอาหารเพียงอย่างเดียว แต่ยังมีคุณสมบัติทางชีวเคมีที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย โดยโปรตีนมีหน้าที่หลายอย่างในสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นส่วนประกอบของเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย ทั้งกระดูก กล้ามเนื้อ ผิวหนัง สังเคราะห์เอนไซม์ ฮอร์โมน และคงความสมดุลของของเหลวในร่างกาย รวมถึงสร้างภูมิต้านทานเพื่อต่อต้านการติดเชื้อ การแข็งตัวของเลือดหรือการใช้โปรตีนในการวินิฉัยโรค[5] กิจกรรมทางชีวภาพของโปรตีนขึ้นกับลำดับของกรดอะมิโนในสายเปปไทด์ โดยการแสดงสมบัติต่าง ๆ จะเกิดเมื่อโมเลกุลของโปรตีนเกิดการแยกออกเป็นเปปไทด์สายสั้น ๆ ซึ่งเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพมีผลดีต่อการทำงานของร่างกายของผู้บริโภค[6] แหล่งของเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มาจากธรรมชาติมีหลายแหล่ง ได้แก่ สัตว์ พืช เชื้อรา จุลินทรีย์ และผลิตภัณฑ์ของแหล่งต่าง ๆ เหล่านี้[7-8] บทบาทของโปรตีนในส่วนของการออกฤทธิ์ทางชีวภาพในอาหารกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา โปรตีนได้รับการยอมรับว่า เป็นแหล่งของเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง โดยเปปไทด์ดังกล่าวสามารถเกิดจาก 3 วิธี ได้แก่ การย่อยด้วยเอนไซม์ที่ย่อยอาหาร การย่อยด้วยจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีน และการย่อยด้วยสารเคมี[9-10] โดยฤทธิ์ชีวภาพของเปปไทด์ขึ้นอยู่กับลำดับของกรดอะมิโนในสายของเปปไทด์ มวลโมเลกุลของเปปไทด์ ซึ่งส่งผลดีต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกายหรือส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่มากกว่าคุณค่าทางโภชนาการ[11-12] โดยเปปไทด์ที่ได้จะออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น การลดความดันโลหิต การต้านจุลินทรีย์ การป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด การกระตุ้นภูมิคุ้มกัน การต้านอนุมูลอิสระ การต้านสารก่อภูมิแพ้และการยับยั้งเซลล์มะเร็ง[13-14] จึงเป็นแรงจูงใจในการรวบรวมผลงานวิจัยและคุณประโยชน์ของเปปไทด์ให้เกิดประโยชน์แก่ผู้สนใจนำไปใช้ประโยชน์

แหล่งของโปรตีนในอาหารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

อาหารที่เรารับประทานในแต่ละมื้อจะประกอบไปด้วยสารอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เกลือแร่ และวิตามิน โดยโปรตีนจัดเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของอวัยะในร่างกาย เช่น กล้ามเนื้อและกระดูก เป็นต้น อีกทั้งโปรตีนยังเป็นเอนไซม์หรือฮอร์โมนที่ช่วยเร่งและ

ควบคุมปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในร่างกาย ควบคุมระบบต่าง ๆ ของร่างกายให้ทำงานตามปกติ และช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรค โปรตีนในอาหารที่เป็นแหล่งของเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพสามารถแบ่งเป็น 2 แหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่ โปรตีนจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (ปลาแซลมอน หอยนางรม เม่นทะเล ปลาหมึก ปูหิมะ กุ้ง ม้าน้ำ นม เคซีน เวย์ ไข่) และโปรตีนจากพืช (ถั่วเหลือง ถั่วเลนทิน ถั่วลูกไก่ ถั่วลันเตา ข้าวโอ๊ต ข้าวสาลี เมล็ดกัญชง เมล็ดคาโนลา เมล็ดป่าน สาหร่าย) เป็นต้น[11] โดยเปปไทด์ที่ได้จากโปรตีนที่ผ่านการไฮโดรไลซ์จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพดีกว่าเปปไทด์ที่ได้จากโปรตีนดั้งเดิม (ไม่ผ่านการไฮโดรไลซ์)[15]

การผลิตเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ

เปปไทด์หรือโปรตีนไฮโดรไลเซต คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโนหรือเปปไทด์สายสั้น ๆ สำหรับกระบวนการผลิตเปปไทด์โดยทั่วไปประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ การย่อยด้วยเอนไซม์ การย่อยด้วยสารเคมี และการหมัก[16] ซึ่งวิธีการย่อย (ไฮโดรไลซ์) ด้วยเอนไซม์เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการผลิตเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ แต่อย่างไรก็ตามมีบางงานวิจัยที่ได้ใช้วิธีการผลิตเปปไทด์หลายวิธีร่วมกันในการผลิตเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ[17]

การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์

การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์จะเกิดขึ้นเมื่อเอนไซม์โปรติเอสเข้าไปตัดพันธะเปปไทด์ของโมเลกุลโปรตีนเกิดเป็นเปปไทด์สายสั้น ๆ และกรดอะมิโนอิสระ สำหรับวิธีนี้ต้องมีการปรับค่า pH ของสารละลายโปรตีนและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ที่เลือกใช้ในการย่อย การใช้เอนไซม์ในการย่อยเป็นที่นิยมมากกว่าวิธีการหมักด้วยจุลินทรีย์ เนื่องจากใช้เวลาในการเกิดปฏิกิริยาสั้นกว่า ง่ายต่อการขยายขนาดการทดลอง สามารถคาดการณ์ผลผลิตที่จะเกิดขึ้นได้ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้เอนไซม์ในปริมาณมาก[8] การย่อยด้วยเอนไซม์อาจทำโดยใช้เอนไซม์เพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดร่วมกันได้ นอกจากนี้โปรตีนที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์อาจมีสารประกอบที่ให้รสขมเกิดขึ้น เนื่องจากการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic group) เช่น ไอโซลิว-ซีน ฟีนิลอะลานีน ทริปโตเฟน ไทโรซีน และวาลีน แต่เมื่อมีการควบคุมระดับการย่อยจะทำให้เกิดสารที่มีรสขมในปริมาณที่น้อยลง เพราะเปปไทด์ที่ได้จะมีการจัดเรียงตัวในลักษณะที่ไม่ให้รสขม[18] สำหรับเอนไซม์ที่นิยมใช้ในการย่อยโปรตีน ได้แก่ แอลคาเลส (alcalase) ทริปซิน (trypsin) เปปซิน (pepsin) ฟลาโวไซม์ (flavourzyme) และเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยที่พบในทางเดินอาหาร[19] ตัวอย่างของการใช้เอนไซม์ในการย่อยโปรตีนในอาหาร เช่น การศึกษาสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์ Angiotensin I-converting (ACE)[20] พบว่า เปปไทด์ที่ได้จากการหมักนมด้วยเชื้อ *Lactobacillus lactis* ssp. *cremoris* และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* ต้องใช้เวลาในการหมักถึง 72 ชั่วโมง จึงจะได้เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ ACE ซึ่งต่างจากการศึกษา[21] ที่ใช้เอนไซม์โปรติเอสจากเชื้อรา *Aspergillus oryzae* ที่ใช้เวลาย่อยเพียง 1 ชั่วโมง ทำให้ได้เปปไทด์ที่มี

ฤทธิ์ในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ ACE แม้ว่าจะไม่มีเอนไซม์ที่เฉพาะในการผลิตเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ แต่การย่อยด้วยเอนไซม์มีแนวโน้มที่จะได้เปปไทด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่ต่ำและมีฤทธิ์ทางชีวภาพ

การย่อยโปรตีนด้วยสารเคมี

การย่อยโปรตีนด้วยสารเคมีจะเกิดการแตกออกของพันธะเปปไทด์ของโปรตีนด้วยสารละลายกรดหรือสารละลายด่าง วิธีนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ควบคุมระดับของการย่อยได้ยากและมีข้อจำกัดในการนำผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์

1) การย่อยโปรตีนด้วยสารละลายกรด

การย่อยโปรตีนด้วยสารละลายกรดเริ่มจากนำโปรตีนมาทำปฏิกิริยากับกรดที่อุณหภูมิ 100-125 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะความดันปกติหรือสภาวะความดันสูง ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน ซึ่งการย่อยสลายโปรตีนด้วยกรดเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายน้อย ได้ผลิตภัณฑ์ที่รวดเร็วและให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ที่ดี แต่มีกรดอะมิโนจำเป็นจะถูกทำลายโครงสร้างซึ่งกลุ่มของกรดอะมิโนจำเป็นที่มีการรายงานว่าถูกทำลาย ได้แก่ ทริปโตเฟน ซีรีน ทรีโอนีน และซิสตีอีน สำหรับสารละลายกรดที่นิยมใช้ในการย่อยโปรตีน ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริก โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จะมีเกลือเกิดขึ้นในระหว่างการทำให้สารละลายโปรตีนเข้าสู่สภาวะเป็นกลาง เกลือที่เกิดขึ้นนี้ ได้แก่ แคลเซียมซัลเฟต โซเดียมคลอไรด์ หรือโพแทสเซียมคลอไรด์ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามการย่อยโปรตีนด้วยกรดที่มีความเข้มข้นสูงร่วมกับการใช้อุณหภูมิสูงจะเกิดสาร 3-monochloro-propanediols (3-MCPD) ที่เป็นสารก่อมะเร็งขึ้น นอกจากนี้ยังพบสาร 1,3-dichloropropan-2-ol (1,3-DCP) ที่มักพบในกระบวนการผลิตซอสปรุงรส[22]

2) การย่อยโปรตีนด้วยสารละลายด่าง

การย่อยโปรตีนด้วยสารละลายด่างเริ่มจากโมเลกุลของน้ำเข้าไปจับกับพันธะเปปไทด์ที่ถูกตัดระหว่างกระบวนการย่อยด้วยสารละลายด่าง[23] สารละลายด่างที่นิยมใช้ในการย่อยโปรตีน คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ แบเรียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ถึงแม้ว่าการใช้สารละลายด่างในการย่อยโปรตีนนั้นกรดอะมิโนจำเป็นอย่างทริปโตเฟนจะสลายตัวน้อยกว่าการย่อยโปรตีนด้วยสารละลายกรด แต่มีข้อเสีย คือ ถ้าใช้สารละลายด่างในสภาวะที่รุนแรงในการย่อยโปรตีนจะทำให้เกิดปฏิกิริยา racemization กับกรดอะมิโนบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกรดอะมิโนจากชนิดแอล (L-form) ไปเป็นชนิดดี (D-form) ซึ่งร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้การใช้สารละลายด่างในสภาวะที่รุนแรงสำหรับย่อยโปรตีนทำให้เกิดปฏิกิริยา β-elimination ของกรดอะมิโน-เซอรีนและซิสตีน ทำให้เกิดสารประกอบ dehydroslsnine ซึ่งสารประกอบ dehydroslsnine จะทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนหลายชนิด ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดี สูญเสียสารอาหารที่สำคัญ และเกิดสารพิษในอาหาร[18] สำหรับข้อดีของการใช้สารละลายด่าง คือ สามารถย่อยสลายโปรตีนได้

อย่างรวดเร็วและเป็นวิธีที่มีราคาถูก มักนิยมใช้ในการผลิตสารเพิ่มรสชาติให้กับผลิตภัณฑ์อาหาร[24]

การหมักด้วยจุลินทรีย์

การหมักด้วยจุลินทรีย์เป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพในการผลิตเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยวิธีนี้เกี่ยวข้องกับการใช้จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่สามารถย่อยโปรตีนที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลง[25] จุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการหมัก ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์มีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้ในการหมักมากที่สุดคือ กระบวนการหมักโดยเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารที่มีลักษณะเหลว (submerged fermentation) หรือ กระบวนการหมักบนอาหารแข็ง (solid state fermentation) โดยการหมักบนอาหารเหลวจะคล้ายกับการเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารอยู่ในอาหารเหลว โดยระบบนี้จะเหมาะกับจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศและการกวนในการเจริญเติบโต เช่น แบคทีเรีย สำหรับข้อดีของวิธีนี้คือ เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้มานั้นสามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย ส่วนกระบวนการหมักบนอาหารแข็ง จุลินทรีย์จะเจริญเติบโตบนผิวหน้าของอาหารแข็ง ข้อดีของวิธีนี้คือควบคุมปริมาณสารอาหารได้ง่าย มีความเหมาะสมกับเชื้อราและจุลินทรีย์ที่ต้องการความชื้นน้อยในการเจริญเติบโต[26] สำหรับกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์จำเป็นต้องควบคุมสภาวะในการเพาะเลี้ยงให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพื่อให้จุลินทรีย์เติบโตและผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยโปรตีนจึงจะได้เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยสิ่งที่ต้องคำนึงในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณสารตั้งต้น ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อุณหภูมิ และความชื้น เป็นต้น[27]

กระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไปตามชนิดของจุลินทรีย์ (แบคทีเรีย เห็ดรา หรือยีสต์) ตั้งแต่ระบบในการย่อยโปรตีนเพื่อให้ได้เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่จำเพาะ โดยในกลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างกรดแล็กติก (Lactic Acid Bacteria; LAB) กำลังเป็นที่สนใจสำหรับการสร้างเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี จึงกล่าวได้ว่าเป็นแบคทีเรียที่เป็นมิตร เพราะมีการระบุว่าเป็นสายพันธุ์ที่ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย Generally Recognized as Safe (GRAS) คือการที่จุลินทรีย์หรือสารเคมีนั้นได้รับการยอมรับจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Drug Administration: FDA) ว่าปลอดภัยสำหรับใช้ในอาหารได้[28] แบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดแล็กติกที่สามารถผลิตเปปไทด์ที่มีกิจกรรมทางชีวภาพ ได้แก่ *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactococcus lactis* ssp. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris* และ *streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*[29] ส่วนกลุ่มเห็ดราที่สามารถสร้างเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ *Aspergillus egypticus* และ *Aspergillus oryzae*[30] สำหรับยีสต์จะนิยมใช้ ได้แก่ *Kluyveromyces marxianus* และ *Saccharomyces cerevisiae*[31] นอกจากนี้ยังสามารถเร่งการย่อยโปรตีนโดยการเพาะเลี้ยง

แบคทีเรียร่วมกันหลายชนิดหรือเพาะเลี้ยงยีสต์และแบคทีเรียร่วมกัน[32]

เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากอาหารและประโยชน์ต่อสุขภาพ

เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้นจะมีสารตั้งต้น คือ โปรตีนและเกิดกระบวนการไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ การหมักด้วยจุลินทรีย์หรือในระหว่างการย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพประกอบด้วยกรดอะมิโนตั้งแต่ 2-20 ชนิด ต่อกันเป็นสายเปปไทด์และมีมวลโมเลกุลน้อยกว่า 6,000 ดาลตัน ซึ่งเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพนั้น คือ ชิ้นส่วนของโปรตีน (protein fragments) ที่มีความจำเพาะและมีผลดีต่อร่างกาย[33] เปปไทด์เหล่านี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณหรือเป็นฮอร์โมน[29] เปปไทด์ที่มีกิจกรรมทางชีวภาพต่าง ๆ ส่งผลดีต่อสุขภาพของมนุษย์หลายด้าน ได้แก่ การลดความดันโลหิตสูง ป้องกันโรคเบาหวาน ลดคอเลสเตอรอล ต้านการอักเสบ ต้านจุลินทรีย์ ปรับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้สมดุล[8,34] ดังจะเห็นได้ว่า เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีประโยชน์ต่อร่างกายด้านการรักษาและป้องกันโรคต่าง ๆ ได้

ฤทธิ์ของเปปไทด์ในการต้านอนุมูลอิสระ

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ลดลงของร่างกายทำให้เกิดสภาวะต่าง ๆ ของร่างกายรวมถึงเกิดการเปลี่ยนแปลง เกิดความเครียดของเซลล์ต่าง ๆ ที่นำไปสู่การบาดเจ็บของเนื้อเยื่อในร่างกาย ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงไม่ว่าจะเป็นความชรา ฝุ่นควัน หรือการได้รับสารพิษทำให้ร่างกายผลิตสาร Reactive Oxygen Species (ROS) สาร Reactive Chlorine Species (RCS) และสาร Reactive Nitrogen Species (RNS) ที่เป็นอันตรายแก่ร่างกาย และกระตุ้นให้เกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ นอกจากนี้ยังทำให้ไขมันในร่างกายเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่ไม่ดีต่อร่างกาย เช่น ซุปเปอร์ออกไซด์แรดิคอล (superoxide radical) ไฮดรอกซิลแรดิคอล (hydroxyl radical) ไฮโดรเจนเปอร์ออกซิลแรดิคอล (hydroperoxyl radical) ออกซิเจนแรดิคอล (oxygen radical) เปอร์ออกซิลแรดิคอล (peroxyl radical) คลอรีนแรดิคอล (chlorine radical) ไนตริกออกไซด์ (nitric oxide) และเปอร์ออกไซด์ไนไตรท์ (peroxidenitrite) เป็นต้น[35-36] สำหรับวิธีทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารมีหลายวิธีและมีกลไกที่แตกต่างกัน โดยการทดสอบจะเป็นการวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังจากการทำปฏิกิริยา[37] โดยวิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ 1,1-diphenyl-2 picrylhydrazyl (DPPH), 2,-azino-bis-3 ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), oxygen radical absorbance capacity (ORAC) และ ferric reducing antioxidant power (FRAP)[38] เปปไทด์จากอาหารสามารถต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ได้และไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ จึงทำให้มีความสนใจศึกษาสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของเปปไทด์จากแหล่งของโปรตีน ดัง Table 1

Table 1 Antioxidant activities of peptides in foods

sources	peptide sequences	antioxidant	references
seaweed protein	VECYGPNRPQE	hydroxyl radical, superoxide radical, peroxyl radical, DPPH, ABTS	(39)
egg white protein	DHTKE, MPDAHL, FFGFN	ORAC, DPPH	(40)
oyster	LANAK, PSLVGRPPVGKLTL	DPPH	(41)

ฤทธิ์ของเปปไทด์ในการลดระดับความดันโลหิต

ความดันโลหิตสูงเป็นหนึ่งในปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ เอนไซม์ angiotensin I-converting (ACE) เป็นหนึ่งในตัวควบคุมความดันเลือดและเป็นสารสำคัญที่อยู่ในระบบเรนิน-แองจิโอเทนซิน (Renin-Angiotensin-Aldosterone: RAAS) โดยในการทำงานของระบบเรนิน-แองจิโอเทนซินเกิดขึ้นเมื่อเอนไซม์ ACE เปลี่ยนสาร angiotensin I ไปเป็นสาร angiotensin II ทำให้หลอดเลือดเกิดการหดตัวเพิ่มขึ้นและยังส่งผลต่อการหลั่งของ aldosterone ที่มีผลต่อความดันโลหิตที่สูงขึ้น[42] ดังนั้นการยับยั้งเอนไซม์นี้จึงเป็นกลไกที่สำคัญในการรักษาโรคความดันโลหิตสูง ในช่วงหลายปีที่ผ่านมานักวิจัยได้พยายามศึกษาหาสารจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ในการลดความดันโลหิตสูง[43] เนื่องจากมีรายงานว่า ยาสังเคราะห์ที่ใช้ในการรักษาเพื่อลดความดันโลหิตมีผลข้างเคียงต่อผู้ป่วยหลายอย่าง เช่น อาการวิงเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ และไอ[8] และยังพบว่า เปปไทด์สามารถลดความดันโลหิตสูงได้ดัง Table 2

Table 2 Peptide sequences in food sources relating antihypertensive effect

food sources	peptides sequences	references
egg white protein	IRW	(3)
soy and soy milk	YVVFK	(4)

ฤทธิ์ของเปปไทด์ในการลดคอเลสเตอรอล

สภาวะปกติร่างกายต้องการคอเลสเตอรอลเพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์วิตามินดี ฮอร์โมนสเตียรอยด์ และน้ำดี อย่างไรก็ตามสภาวะที่ร่างกายมีคอเลสเตอรอลในเลือดสูงกว่าปกติจะส่งผลให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงเกิดการแข็งตัวและเกิดเป็นความดันโลหิตสูงขึ้น[8] นอกจากนี้คอเลสเตอรอลในหลอดเลือดหัวใจจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่เข้าสู่หัวใจและหลอดเลือดลดลง ปัจจุบันยาสังเคราะห์ที่ใช้ในการลดคอเลสเตอรอลส่งผลเสียต่อร่างกาย[44] จึงทำให้นักวิจัยหลายท่านได้ค้นหาสารหรือเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถลดคอเลสเตอรอลเพิ่มมากขึ้น เช่น เปปไทด์จากเมล็ดยี่หร่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งการจัดเรียงตัว

ของไมเซลล์ของคอเลสเตอรอล ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปสและการจับกับน้ำดี จึงน่าจะลดคอเลสเตอรอลได้[45] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาโอลิโกเปปไทด์จากโปรตีนของหนอนไหมพบว่า สามารถยับยั้งการรวมตัวของคอเลสเตอรอลในซีรัมและลดระดับ LDL และ VLDL ในหนูทดลองได้[46] สำหรับเปปไทด์ที่ได้จากถั่วเหลืองพบว่า สายเปปไทด์ IAVPTGVA มีผลในการลดปริมาณ LDL ในเลือดได้[47]

ฤทธิ์ของเปปไทด์ในการลดเบาหวาน

โรคเบาหวานเป็นโรคที่เกิดจากการมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินกว่าปกติอย่างต่อเนื่อง อาจมีความผิดปกติของตับอ่อน ทำให้การหลั่งของอินซูลินไม่เพียงพอหรือเกิดภาวะดื้อต่ออินซูลิน โดยโรคเบาหวานแบ่งได้ 2 ชนิด คือ โรคเบาหวานชนิดที่ 1 เกิดจากร่างกายขาดฮอร์โมนอินซูลิน ส่วนใหญ่พบในเด็ก จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการรักษาด้วยการให้ยาอินซูลิน ส่วนโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นโรคเบาหวานที่พบบ่อยที่สุด เกิดจากร่างกายมีภาวะดื้อต่ออินซูลิน ส่วนใหญ่มักพบในผู้สูงอายุและผู้ใหญ่ และมักมีประวัติคนในครอบครัวเป็นโรคเบาหวาน[48] ปัจจุบันมีการพัฒนายาสำหรับรักษาโรคเบาหวานหลายชนิด เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ DPPIV สารยับยั้งเอนไซม์ อัลฟากลูโคซิเดส สารยับยั้ง SGLT-2 และสารยับยั้งเอนไซม์อัลฟาอะมัยเลส[49-50] มีข้อแนะนำว่าเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นทางเลือกที่ดีในการใช้ทดแทนยาในการรักษาโรค เช่น ยารักษาโรคเบาหวานที่ใช้สำหรับรับประทานและให้ทางหลอดเลือดดำ[51] เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากอาหารได้รับความสนใจจากนักวิจัยเนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านเบาหวานและมีความปลอดภัยต่อการใช้งาน[8] มีผลงานของเปปไทด์บางส่วนที่มีฤทธิ์ในการต้านเบาหวาน โดยสรุปไว้ใน Table 3

Table 3 Peptide sequences in food sources relating anti-diabetes effect

sources	peptide sequences	references
soybean germination	NNDDRDS, LSSTEAQQS, NAENNQRN, QQQQQGGSQSQ, EEPQQPQQ, IKSQSES	(2)
camel milk protein	VPV, YPI, VPF	(1)

ฤทธิ์ของเปปไทด์ในการยับยั้งเซลล์มะเร็ง

โรคมะเร็งยังคงเป็นปัญหาด้านสุขภาพที่สำคัญมากทั่วโลก โดยในปี ค.ศ. 2020 องค์การอนามัยโลกได้คาดการณ์ไว้ว่า ในปี ค.ศ. 2030 จะเกิดอุบัติการณ์ของโรคมะเร็งทั่วโลกที่จะมีผู้ป่วยมะเร็งรายใหม่มากกว่า 23 ล้านคนต่อปี แต่อย่างไรก็ตามแม้จะมีผู้ป่วยเข้ารับการรักษาเพิ่มขึ้น แต่การรักษาโรคมะเร็งมักมีผลข้างเคียงต่อเซลล์ร่างกายที่ดี เนื่องจากการฉายรังสี การผ่าตัด และการให้เคมีบำบัด[52] ปัจจุบันการรักษาโรคมะเร็ง

ด้วยยายังไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากเซลล์มะเร็งยังสามารถต้านการออกฤทธิ์ของยาที่ใช้ในการรักษา ทำให้มีผลข้างเคียงเพิ่มมากขึ้น นักวิจัยจึงพยายามค้นหาแนวทางในการรักษาโรคนี้แบบใหม่โดยการใช้เปปไทด์เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง[53] เปปไทด์ที่ได้จากอาหารประเภทโปรตีนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเซลล์มะเร็งตั้งแต่ระยะเริ่มต้นและระยะอื่น ๆ ตัวอย่างของเปปไทด์ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเช่น เปปไทด์ HVLSRAPR ที่ได้จากการไฮโดรไลเซตสาหร่ายเกลียวทองมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง HT-29[54] แม้กระทั่งน้ำต้มปลาทูน่าที่ได้จากอุตสาหกรรมอาหารเมื่อนำมาศึกษาพบว่ามีเปปไทด์ KPEGMDPPLSEPEDRRDGAAGPK และ KLPPLLLAKLLMSGKLLAEPCTGR ที่มีฤทธิ์ในยับยั้งการเจริญเติบโของเซลล์มะเร้งเต้านม MCF-7[55] นอกจากนี้เปปไทด์ที่ได้จากโปรตีนพืชมีฤทธิ์ในการยับยั้งกิจกรรมของเซลล์มะเร็ง เช่น เปปไทด์ RQSHFANAQP ที่ได้จากการไฮโดร-ไลเซตถั่วลูกไก่ทำให้ปริมาณของ p53 เพิ่มขึ้นในเซลล์มะเร็งเต้านม ส่งผลต่อการยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งเต้านม[56]

ฤทธิ์ของเปปไทด์ในการยับยั้งจุลินทรีย์

ปัจจุบันการดื้อยาจากแบคทีเรียทำให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพที่ร้ายแรงทั่วโลก เนื่องมาจากการใช้ยาปฏิชีวนะเป็นเวลานาน และวิธีการใช้ยาแบบเดิมก็อาจส่งผลต่อการดื้อยาของแบคทีเรีย สารต้านจุลินทรีย์จะฆ่าหรือชะลอการทำงานของแบคทีเรียและไวรัสโดยที่ไม่สร้างความเสียหายให้กับเซลล์หรือเนื้อเยื่อข้างเคียง[57] สำหรับเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์นั้นจะส่งผลกับแบคทีเรีย ยีสต์ และไวรัส นอกจากนี้เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ยังมีฤทธิ์ทางชีวภาพอื่น ๆ ด้วย เช่น การต้านอนุมูลอิสระและการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน เป็นต้น[58] จากสมบัติดังกล่าวของเปปไทด์ที่มีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ถือเป็นทางเลือกที่ดีที่จะใช้แทนยาปฏิชีวนะในปัจจุบันเนื่องจากสามารถยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียก่อโรคได้ดี เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อาจจะฆ่าแบคทีเรียได้โดยการทำให้เกิดรูพรุนที่เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย หรือเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารโมเลกุลขนาดใหญ่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์[59] ปัจจุบันพบเปปไทด์ที่ได้จากการไฮโดรไลซ์อาหารประเภทโปรตีนจำนวนมากที่มีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ เช่น เปปไทด์ IKHQGLPQE จากโปรตีนเคซีนไฮโดรไลเซตที่สามารถลดจำนวนแบคทีเรียได้[60] สำหรับข้อควรระวังของการใช้เปปไทด์ในการต้านจุลินทรีย์ในการใช้งานทางคลินิก ได้แก่ ความเป็นพิษ การสร้างภูมิคุ้มกัน การดื้อยา และผลข้างเคียงอื่น ๆ[61] จากการคิดค้นและพัฒนายาที่ได้จากเปปไทด์ที่ต้านจุลินทรีย์เพื่อทดแทนยาปฏิชีวนะแบบเดิมนั้นพบว่า มียาจากเปปไทด์หลายตัวที่ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยาแห่งสหรัฐอเมริกา (FDA) ให้ใช้เป็นยาสำหรับทางคลินิกเท่านั้น เช่น แบคซิทราซิน (Bacitracin) ดาลบาแวนซิน (Dalbavancin) แดปโทมัยซิน (Daptomycin) และเอ็นฟูเวียไทด์ (Enfuvirtide) เป็นต้น[62-63]

บทสรุป

เปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากอาหารมีสมบัติในการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ใช้ในการป้องกันและรักษาโรค ปัจจุบันผู้บริโภคต่างก็ตระหนักถึงผลของอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้นจึงถือเป็นอีกหนึ่งแรงผลักดันในการศึกษาและการพัฒนาการผลิตเปปไทด์ที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากอาหาร แหล่งโปรตีนที่ทำให้ได้เปปไทด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพมาใช้ประโยชน์ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อที่จะได้ฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูงสุดในการนำไปใช้ประโยชน์และปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านเป็นการยืนยันได้ว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตจากอาหารหลายชนิดมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายและเป็นประโยชน์ในการใช้เพื่อรักษาโรค แต่อย่างไรก็ตามการระบุกรดอะมิโนที่ได้ในสายเปปไทด์ก็มีความสำคัญเพื่อที่จะศึกษากลไกที่ส่งผลต่อสุขภาพต่อไป จะเห็นได้ว่าปัจจุบันความก้าวหน้าของการศึกษาเพื่อนำเปปไทด์มาใช้ประโยชน์ทางด้านสุขภาพมีมากขึ้น จึงถือเป็นอีกความท้าทายหนึ่งของวงการอาหารในการนำสารสำคัญนี้มาใช้ประโยชน์ในการเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่สนใจและรักสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. Nongníerma AB, Cadamúro C, Le Góuic A, Mudgíl P, Maqsóod S, FitzGereáld RJ. Dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory properties of a camel milk protein hydrolysates. Food Chem. 2019;244:340-348.
2. González-Montoya M, Hernández-Ledesma B, Mora-Escobebo R, Martínez-Villaluenga C. Bioactive peptides from germinated soybean with anti-diabetic potential by inhibition of dipeptidyl peptidase-IV, α-amylase and α-glucosidase enzyme. Int. J. Mol. Sci. 2018;19(10):2883.
3. Liao W, Fan H, davidge ST, Wu J. Egg white-derived antihypertensive peptide IRW (Ile-Arg-Trp) reduces blood pressure in spontaneously hypertensive rat via the ACE2/Ang (1-7)/ Mas receptor axis. Mol. Nutr. Food Res. 2019;63(9):1900063.
4. Capriotti AL, Caruso G, Cavaliere C, Samperi R, Ventura S, Chiozzi RZ, et al. Identification of potential bioactive peptides generated by simulated gastrointestinal digestion of soybean seeds and soy milk proteins. J. Food Composy. Anal. 2015;44:205-213.
5. นลิน วงศ์ขัตติยะ, ปิยะนุช เนียมทรัพย์. โปรตีนและการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์. [เอกสารประกอบการสอน ชว 444 เทคโนโลยีโปรตีน]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้; 2558.
6. Rizzello CG, Tagliazucchi D, Babini E, Rutella GS, Saa DLT, Gianotti A. Bioactive peptides from vegetable food matrices, research trends and novel biotechnologies for synthesis and recovery. J. Funct. Foods. 2016;27:549-569.
7. Wang X, Chen H, Fu X, Li S, Wei J. A novel antioxidant and ACE inhibitory peptide from rice bran protein: Biochemical characterization and molecular docking study. LWT-Food Sci Technol. 2017;75:93-99.
8. Daliri EBM, OH DH, Lee BH. Bioactive peptides. Foods. 2017;6(5):32.
9. Korhonen H, Pihlanto A. Food-derived bioactive peptides opportunities for designing for designing future foods. Curr. Pharm. Des. 2003;9(16):1297-1308.
10. Pihlanto A, Korhonen H. Bioactive proteins and proteins. Adv Food Nutr Res. 2003;47:175-276.
11. Kitts D, Weiler K. Bioactive proteins and peptides from food sources, Application of bioprocesses used in isolation and recovery. Curr. Pharm. Des. 2003;9(16):1309-1323.
12. Shahidi F, Zhong Y. Bioactive peptides. J. AOAC Int. 2008;91:914-931.

13. Nourmohammadi E, Mahoonak AS. Health implications of bioactive peptides: A review. Int J Vitam Nutr Res. 2019;88(5-6):319-343.
14. Rutherfurd-Markwick KJ. Food proteins as a source of bioactive peptides with diverse functions. Br. J. Nutr. 2012;108:S149-S157.
15. Aluko RE. Antihypertensive properties of plant-derived inhibitors of angiotensin I-converting enzyme activity review. Recent Progress in Medicinal Plants. 2008;4:541-561.
16. Lee JH, Moon SH, Kim HS, Park E, Ahn Du, Paik HD. Antioxidant and anticancer effects of functional peptides from ovotranferin hydrolysates. J. Sci. Food Agric. 2017;97(14):4857-4864.
17. Korhonen H, Pihlanto A. Bioactive peptides: Production and functionally. Int. Dairy J. 2006;16(9):945-960.
18. Kristinsson H, Rasco B. Fish protein hydrolysates: Production, biochemical and functional properties. Crit Rev Food Sci Nutr. 2000;40(1):43-81.
19. Udenigwe CC, Aluko RE. Food protein-derived bioactive peptides: Production, processing and potential health benefit. J. Food Sci. 2012;77(1):11-24.
20. Gobbetti M, Ferranti P, Smacchi E, Goffredi F, Addeo F. Production of angiotensin-I converting-enzyme-inhibitory peptide in fermented milks started by *Lactobacillus debrueckii* subsp. *bulgaricus* SS1 and *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* FT4. Appl. Environ. Microbiol. 2000;66:3898-3904.
21. El-Fattah AMA, Sakr SS, El-Dieb SM, El-Kashef HA. Bioactive peptides with ACE-I and antioxidant activity produced from milk proteolysis. Int. J. Food Prop. 2017;20(1):3003-3042.
22. ณัฐวุฒิ ส่งแสง. การผลิตสารปรุงแร่งกลิ่นรสทะเลจากโปรตีนไฮโดรไลเซตกากถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอส [ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2550.
23. Kaye GI, Weber PB, William MW. Alkaline hydrolysis [Internet]. Press; 2004 [cited 2022 March 22]. Available from: http://www.google.co.th/alkalinehydrolysis.html
24. Lahl WJ, Windstaff DA. Spices and seasonings: hydrolysed proteins. In: Proceedings of the 6th SIFST symposium on food ingredients applications, status and safety; Singapore. Singapore institute of food science and technology, 1989; p.5-65.
25. Onuh JO, Giroih AT, Aluko RE, Aliani M. *In vitro* antioxidant properties of chicken skin enzymatic protein hydrolysates and membrane fractions. Food Chem. 2014;150:366-373.
26. Subramaniyam R, Vimala R. Solid state and submerged fermentation for the production of bioactive substances: A comparative study. Int J Sci Natu. 2012;3(3):480-486.
27. Melini F, Melini V, Luziatelli F, Ficca AG, Maurizio R. Health-promoting components in fermented foods: an up-to-date systematic review. 2019;11(5):1189.
28. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนาปนนท์. Generally Recognized as Safe / GRAS. 2566. [อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 14 ก.พ. 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetworksolution.com/wiki.word/1012/generally-recognized-as-safe-gras
29. Hernández-Ledesma B, Del Mar Contreras M, Recio L. Antihypertensive peptides: Production, bioavailability and incorporation into foods. Adv. Colloid Interface Sci. 2011;165(1):23-35.
30. Lafarga T, Hayes M. Effect of pre-treatment on the generation of dipeptidyl peptidase IV and prolylendopeptidase-inhibitory hydrolysates from bovine lung. Irish J. Agric. Food Res. 2017;56(1):12-24.
31. Li Y, Sadiq FA, Liu TJ, Chen JC, He GQ. Purification and identification of novel peptide with inhibitory effect against angiotensin I-converting enzyme and optimization of process conditions in milk fermented with the yeast *Kluyveromyces marxiznus*. J. Funct. Foods. 2015;16:278-288.

32. Chaves-López C, Serio A, Paparella A, Martusceli M, Coretti A, Tofalo R, et al. Impact of microbial cultures on proteolysis and release of bioactive peptides in fermented milk. Food Microbiol. 2014;42:117-121.
33. Sanchez A, Vaquez A. Bioactive peptide: A review. Food Qual. Saf. 2017;1:29-46.
34. Pihlanto A. Antioxidant peptides derived from milk proteins. Int. Dairy J. 2006;16(11):1306-1313.
35. Mada SB, Reddi S, Kumar N, Kapila S, Kapila R, Trivedi R, et al. Antioxidative peptide from milk exhibits antiosteopenic effects through inhibition of oxidative damage and bone-resorbing cytokines in ovariectomized rat. Nutr. 2017;43-44: 1-31.
36. Lockwood B. Nutraceuticals: A guide for healthcare professionals. Second ed. London: Pharmaceutical press; 2007.
37. Floegel A, Kim OD, Chung JS, Kool S, Chun KO. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. Food Compos Anal. 2011;24(7):1043-1048.
38. ปฏิวิทย์ ลอยพิมาย. การประเมินความสามารถต้านออกซิเดชันรวมในหลอดทดลอง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม [อินเทอร์เน็ต]. มี.ค.-เม.ย. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 15 ก.พ. 2566]. 31(2):164-170. เข้าถึงได้จาก: https://thaiscience.info/journals/Article/JSMU/10888219.pdf
39. Sheih IC, Wu TK, Fang TJ. Antioxidant properties of a new antioxidative of the peptide from algae protein waste hydrolysate in different oxidation system. Bioresour. Technol. 2009;100(13):3419-3425.
40. Liu J, Jin Y, Lin S, Jones GS, Chen F. Purification and identification of novel antioxidant peptide from egg white protein and their antioxidant activities. Food Chem. 2015;175:258-266.
41. Umayaparvathi S, Meenakshi S, Vimalraj V, Arumugam M, Sivagami G, Balasubramanian T. Antioxidant activity and anticancer effect of bioactive peptide from enzymatic hydrolysate of oyster (*Saccostrea cucullate*). Biomed Prev Nutr. 2014;4(3):343-353.
42. Nawaz KAA, David SM, Murugesh E, Thandeeswaran M, Gopikrishnankiran K, Mahendran R, *et al*. Identification and in silico characterization of a novel peptide inhibitor of angiotensin converting enzyme from pigeon pea (*Cajanus cajan*). Phytomedicine. 2017;36:1-7.
43. Korezek K, Tkaczewska J, Migdal E. Antioxidant and antihypertensive protein hydrolysates in fish protein-a-review. Czech J. Food Sci. 2018;36(3):195-207.
44. Mancini GJ, Baker S, Bergeron J, Fitchett D, Frohlic J, Genest J,et al. Diagnosis prevention and management of stain adverse effects and intolerance: Canadian consensus working group update. Can J Cardiol. 2016;32:35-65.
45. Siow HL, Choi SB, Gan CY. Structure – activity studies of protease activating, lipase inhibiting, bile acid binding and cholesterol – lowering effect of pre-screened cumin seed bioactive peptides. J. Funct. Foods. 2016;27:600-611.
46. Lapphanichayakool P. Sutheerawattananonda M, Limpeanchob N. Hypocholesterolmic effect of sericin-derived oilgopeptides in high-cholesterol fed rats. J. Nat. Med. 2017;71(1):208-215.
47. Lammi C, Zanoni C, Arnoldi A. IAVPGEVA, IAVPTGVA and LPYP three peptide soy glycinin, modulate cholesterol metabolism in HepG-2 cells through the activation of the LDLR-SREBP2 pathway. J. Funct. Foods. 2015;14:469-478.
48. Chaudhury A, Duvoor C, Dendi VSR, Kraleti S, Chada A, Ravilla R, et al. Clinical review of antidiabetic drugs: implications for type 2 diabetes mellitus management. Front. Endocrinol. 2017;8:6
49. Deacon CF. A review of dipeptidyl peptidase-4 inhibitors: Hot topics randomized controlled trials. Diabetes Obes Metab. 2018;20:34-46.
50. Kalita D, Holm DG, Labarbera DV, Petrash JM, Jayanty SS. Inhibition of α-amylase and aldose reductase by potato polyphenolic compounds. PLoS One. 2018;13(1): e0191025.
51. Shaji J, Patole V. Protein and peptide drug delivery: Oral approaches. Indian J. Pharm. Sci. 2008;70(3):269-277.

52. Huang KY, Tseng YJ, Kao HJ, Chen CH, Yang HH, Weng SL. Identification of subtypes of anticancer peptides based on sequential features and physicochemical properties. Sci. Rep. 2021;11:13594.
53. Chiangiong W, Chutipongtanate S, Hongeng S. Anticancer peptide: Physicochemical property, functional aspect and trend in clinical application (review). Int. J. Oncol. 2020;57(3):678-696.
54. Wang Z, Zhang X. Isolation and identification of anti-proliferative peptides from spirulina platensis using three – step hydrolysis. J. Sci. Food Agric. 2017;97(3):918-922.
55. Huang CC, Yang YH, Kuo PF, Hsu KC. Protein hydrolysates from tuna cooking juice inhibit cell growth and induce apoptosis of human breast cancer cell line MCF-7. J. Funct. Foods. 2014;11:563-570.
56. Xue Z, Wen H, Zhai L, Yu Y, Li Y, Yu W, et al. Antioxidant activity and anti-proliferative effect of a bioactive peptide from chickpea (*Cicer arietinum* L.) Food Res Int. 2015;77:75-81.
57. Shahida F, Yeo JD. Bioactivities of phenolics on suppression of chronic diseases: A review. Int. J. Mol. Sci. 2008;19(6):1573.
58. Mansour SC, Pena OM, Hancock RE. Host defense peptides: front-line immunomodulators. Trends Immunol. 2014;35(9):443-450.
59. Taniguchi M, Ochial A, Kondo H, Fukuda S, Ishiyama Y, Saitoh E, et al. Pyrrhocoricin, a proline – rich antimicrobial peptide derived from insect, inhibits the translation process in the cell-free *Escherichia coli* protein synthesis system. J. Biosci. Bioeng. 2016;121(5):591-598.
60. Kamali Alamdari E, Ehsani M. Antimicrobial peptides derived from milk: A review. J. Food Biosci. Technol. 2017;7(1):49-56.
61. Moravej H, Moravej Z, Yazdanparast M, Heiat M, Mirhosseini A, Moosazadeh Monghaddam M, et al. Antiimcrobial peptides: Features, action and their resistance mechanisms in bacteria. MDR. 2018.;24(6):747-767.
62. Starr CG, Maderdrul JL, He J, Coy DH, Wimley WC. Pituitary adenylate cyclase – activating polypeptide is a potent broad-spectrum antimicrobial peptide: Structure – activity relationships. Peptides. 2018;104:35-40.
63. Lei J, Sun L, Huang S, Zhu C, Li P, He J, et al. The antimicrobial peptides and their potential clinical applications. Am. J. Transl. Res. 2019;11(7):3919-3931.

เรื่องเล่ารสขม

ทิพย์ธิดา แก้วตาทิพย์

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : ifrtdk@ku.ac.th
รับเมื่อ 11 กันยายน 2565 **แก้ไขเมื่อ** 4 พฤศจิกายน 2565 **ตอบรับเมื่อ** 4 มกราคม 2566

จุดเด่น

- แหล่งและที่มาของสารรสขมในพืช อาหารและผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันแมลงหรือสารพิษต่าง ๆ
- มนุษย์มีหน่วยรับรสขมที่มีชื่อว่า TAS2R ประมาณ 25 หน่วย
- ภาคอุตสาหกรรมอาหารพยายามลดหรือการกำจัดสารรสขมในอาหารเพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค

บทคัดย่อ

มนุษย์สามารถรับรู้และต่อต้านรสขมตามสัญชาตญาณเพื่อป้องกันตัวเองจากสารพิษต่าง ๆ เนื่องจากสารมีพิษหลายชนิดส่วนใหญ่มีรสขม มนุษย์มีหน่วยรับรสขมชื่อ TAS2R อยู่ประมาณ 25 หน่วย ซึ่งสามารถรับรู้หรือถูกกระตุ้นโดยสารประกอบที่ให้รสขมถึง 1,000 ชนิด พืชจะปกป้องตัวเองโดยการสร้างสารป้องกันแมลงหรือสารพิษต่าง ๆ ได้แก่ ฟีนอล ฟลาโวนอยด์ ไอโซฟลาโวน เทอร์พีน และกลูโคซิโนเลต รวมถึงสร้างสารพฤกษเคมีซึ่งสารเหล่านี้จะมีรสขมจึงช่วยป้องกันพืชจากสัตว์กินพืชและป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคพืช สารรสขมหลายชนิดมักจะอยู่ในโครงสร้างพื้นฐานของพืชผักที่เป็นวัตถุดิบในอาหาร รสขมขึ้นอยู่กับชนิดสายพันธุ์พืช ระยะการสุก-แก่ นอกจากนี้สารรสขมยังสามารถเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน กระบวนการหมัก สารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีน โดยรสขมเหล่านี้เป็นข้อจำกัดในการบริโภค รวมถึงสารพฤกษเคมี รสขมจากพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกายแต่ก็เป็นข้อจำกัดในการบริโภคด้วยเช่นกัน ภาคอุตสาหกรรมอาหารจึงพยายามลดหรือกำจัดสารรสขมเหล่านั้นด้วยการคัดเลือกสายพันธุ์หรือใช้กระบวนการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : รสขม สารประกอบรสขม หน่วยรับรสขม เปปไทด์รสขม การกำจัดรสขม

Story of bitter taste

Thipthida Kaewtathip

Department of Food Chemistry and Physics

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University

E-mail : ifrtdk@ku.ac.th

Received 11 September 2022; **Revised** 4 November 2022; **Accepted** 4 January 2023

Highlights

- Source of bitter compounds in plants, food and food products for protect themselves against being eaten by secreting natural pesticides and other toxin
- Approximately 25 TAS2R human bitter taste receptors
- The food industry routinely decrease or removes these bitter compounds in foodstuff for consumer acceptance

Abstract

Humans can detect an instinctive aversion to bitter tastes to prevent them from ingesting poisonous substances. Because many toxins are bitter. Approximately 25 TAS2R bitter taste receptors have been identified in humans. Bitter taste receptors are activated by thousands of bitter compounds. Plants protect themselves against being eaten by secreting natural pesticides and other toxins. Plant-based phenols, flavonoids, isoflavones, terpenes, glucosinolates, and phytonutrients are almost always bitter, these substances may provide a defense against predators or bactericidal or biological activity. Bitter compounds were often in plant foods infrastructure as raw materials in foodstuffs. The degree of bitterness depends on the cultivar, strain, ripening, process heating, fermentation process, substances from oxidation, and peptide from protein hydrolysate generally have a bitter taste are consumption restrictions. Moreover, the bitter phytonutrient content of plant foods is a potent dietary option for health benefits. It is a limitation in consumption as well. The food industry routinely decreases or removes these bitter compounds through selective breeding and a variety of debittering processes for consumer acceptance.

Keywords : bitter taste, bitter compounds, bitter taste receptor, bitter peptide, debittering

บทนำ

ตามธรรมชาติแล้วมนุษย์และสัตว์จำเป็นต้องกินอาหารและย่อยอาหารเพื่อให้ได้รับสารอาหารเข้าสู่ร่างกายในการดำรงชีวิต แต่หากอาหารที่กินเข้าไปมีพิษก็จะมีผลเสียต่อสุขภาพจนกระทั่งถึงเสียชีวิตได้ การรับรู้รสชาติในอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเพื่อเป็นการแยกแยะและป้องกันอันตรายจากสารพิษต่าง ๆ โดยธรรมชาติแล้วมนุษย์สามารถรับรู้และแยกแยะรสชาติพื้นฐานได้ 5 กลุ่ม คือ หวาน เปรี้ยว เค็ม ขม และรสชาติอร่อยหรือที่เรียกว่า อูมามิ ซึ่งเป็นรสชาติของสารที่ชื่อว่า โมโนโซเดียมกลูตาเมต แต่อย่างไรก็ตามการแยกแยะกลุ่มการรับรู้รสชาติก็ยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่เรื่อยมาว่าจริง ๆ แล้ว การรับรู้รสชาติของมนุษย์นี้มีเพียงแค่ 5 กลุ่ม จริงหรือไม่ แต่ก็มีข้อสรุปมาว่า การรับรู้รสชาติพื้นฐานได้มาจากความชัดเจนในการแยกแยะชนิดของอาหาร เช่น รสอูมามิและรสหวาน จะรับรู้ด้วย caloric detectors ซึ่งจะอยู่ในกลุ่มอาหารพวกที่มีโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตมาก ซึ่งทั้ง 2 รสชาตินี้เป็นรสชาติที่มนุษย์ชื่นชอบเสมือนเป็นการเติมความสุขให้กับร่างกาย ส่วนรสเค็มเป็นกลไกที่ได้มาจากพัฒนาการของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่วิวัฒนาการขึ้นมาจากสัตว์ที่เคยอาศัยในท้องทะเลขึ้นมาอาศัยอยู่บนบกแต่ยังคงรักษาระดับของโซเดียมเอาไว้ในร่างกายของสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร ในอาหารส่วนใหญ่จะมีโซเดียมและแร่ธาตุอื่น ๆ อยู่ รสเค็มคือการได้รับอนุภาคหรือประจุโปรตรอนและทำให้รับรู้ถึงความเข้มของอาหาร แต่หากได้รับมากเกินไปก็จะเป็นความรู้สึกไม่ชอบหรือต่อต้าน ความสามารถในการรับรู้รสมีความสำคัญต่อการมีชีวิตอยู่เพื่อป้องกันสารที่อันตรายที่อาจเข้าสู่ร่างกาย การรับรสขมได้เป็นสัญชาตญาณอย่างจำเพาะเจาะจงต่อสารพิษที่ได้จากพืช ดังนั้นหน่วยรับรสต้องมีหน้าที่ให้สอดคล้องหรือรองรับกับโมเลกุลรสขมที่อาจมีพิษเพื่อเป็นอวัยวะในการเตือนอันตรายต่อร่างกาย การรับรู้และต่อต้านรสขมเป็นปฏิกิริยาที่มีมาตั้งแต่กำเนิดหรือโดยธรรมชาติ อาหารที่มีรสขมจะเป็นที่ไม่ยอมรับและไม่กินอาหารนั้น พฤติกรรมที่ตอบสนองนี้เป็นพฤติกรรมที่ป้องกันสารที่อาจเป็นอันตรายเข้าสู่ร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ สารเคมีสังเคราะห์ หรือสารที่ได้จากไขมันที่เสียสภาพจนเกิดการเหม็นหืนจะช่วยให้ทั้งมนุษย์และสัตว์ปลอดภัยจากสารพิษต่าง ๆ ที่มีรสขมได้ รสขมทำให้ร่างกายแยกแยะได้ว่าอาจเป็นเพราะผักผลไม้นั้นดิบหรืออาหารนั้นได้เกิดการเสื่อมเสียแล้ว รสขมที่อาจเป็นพิษหรือสารพิษแทบทุกชนิดจะมีรสขมซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากพืชและมีพืชประมาณร้อยละ 10 ที่อาจมีสารพิษจากสารไกลโคไซด์หรือสารอัลคาลอยด์ พืชหลายชนิดมีรสขม เช่น มันฝรั่ง มันเทศ พืชตระกูลถั่ว พืชตระกูลกะหล่ำ แตงกวา ฟักทอง ซูกินี พืชตระกูลน้ำเต้า ผักกาด ผักโขม และผักเคล โดยปกติแล้วมีพืชประมาณ 2,500 ชนิด ที่จะสังเคราะห์สารไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ (cyanogenic glycosides) ซึ่งเป็นสารให้รสขมที่มีพิษเพื่อเป็นการป้องกันสัตว์กินพืชหรือป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคพืชต่าง ๆ รสขมที่เข้มข้นนั้นเป็นรสที่ไม่มีคนต้องการ การรับรู้รสขมในมนุษย์สามารถรับรู้ได้ตั้งแต่เกิด ทารกแรกเกิดสามารถรับรู้และแสดงพฤติกรรมตอบสนองหรือต่อต้านรสขมได้เป็นอย่างดี สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมทุกชนิดก็มีพฤติกรรมต่อต้านหรือหลีกเลี่ยงสารรสขมเช่นเดียวกับมนุษย์รวมทั้งสัตว์กินพืชเป็นอาหาร ซึ่งพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงรสขมก็สามารถพบได้ในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังด้วยเช่นกัน[1-2]

การรับรู้ได้ถึงรสขมเป็นปัญหาสำคัญในอาหารบางประเภทรวมทั้งอุตสาหกรรมทางยาเนื่องจากมีผลต่อการไม่ยอมรับและส่งผลต่อการกลืน ดังนั้นส่วนใหญ่แล้วรสขมคือ ข้อจำกัดในการยอมรับของผลิตภัณฑ์อาหาร แต่ในบางกรณีอาหารหรือเครื่องดื่มบางกลุ่มที่มีรสขมกลับได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เช่น กาแฟดำ ชาดำ เบียร์ ไวน์แดง ผลิตภัณฑ์จากผลไม้ตระกูลเกรปฟรุตหรือเลมอน ดังนั้นการรับรสขมในมนุษย์อาจไม่ได้บ่งชี้ถึงความเป็นพิษในอาหารเสมอไป อีกทั้งความสามารถในการรับรสขมหรือทนรสขมได้จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ[3-4] รสขมบางส่วนจะเกิดจากกระบวนการหมักโดยใช้เอนไซม์หรือการใช้สารเคมี (กรดหรือด่าง) เช่น รสขมของโปรตีนไฮโดร-ไลเสต ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนได้เปปไทด์ที่มีขนาดโมเลกุลแตกต่างกันและกรดอะมิโนอิสระ ส่งผลให้โครงสร้างสมบัติเชิงหน้าที่บางประการและคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนดั้งเดิมเปลี่ยนแปลงไป การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ก็มีผลทำให้เกิดรสขมได้ การย่อยโปรตีนบางส่วนอาจมีผลให้เกิดรสขมมากเกินไป เนื่องจากกรดอะมิโนอิสระบางชนิดให้รสขม เช่น อาร์จินีน เมทไทโอนีน ฮีสติดีน วาลีน และไอโซลิวซีน เป็นต้น[9] เปปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีนถ้ามีกรดอะมิโนเหล่านี้อยู่จะทำให้เกิดรสขมได้ จนไปลดคุณภาพการรับรสของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ลงได้ เปปไทด์ที่ให้รสขมหลายชนิดได้จากอาหารที่มีโปรตีนสูงและโปรตีนนั้นถูกย่อย แต่ก็ไม่ใช่เปปไทด์ทั้งหมดจะมีรสขม ซึ่งเปปไทด์หลาย ๆ ชนิดมีส่วนให้รสชาติอร่อยของอาหาร ยกตัวอย่าง การย่อยโปรตีนปลาด้วยกรดได้เป็นโอลิโกเปปไทด์ คือ เปปไทด์ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนอยู่ในช่วง 3-20 โมเลกุล มาเรียงต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์เป็นสายยาวซึ่งจะมีกลิ่นช่วยเพิ่มคุณภาพคล้ายกับโมโนโซเดียมกลูตาเมต อีกทั้งอ๊อก-ตะเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยเนื้อวัวด้วยเอนไซม์ซึ่งจะได้เปปไทด์ที่ให้รสชาติเป็นที่ชื่นชอบ แต่ไม่ได้มีปริมาณมากพอหรือเข้มข้นเพียงพอที่จะนำมาใช้เป็นองค์ประกอบของอาหาร นอกจากนี้ยังมีแอสปาร์แตมให้รสที่หวานมากแทนที่จะเป็นรสขมจากการย่อย[3,5]

มนุษย์มีหน่วยรับรสขมและจะถูกถอดรหัสโดยหน่วยรับรสขม 2 หน่วย คือ TAS2R หรือ T2Rs และหน่วยคู่โปรตีนจี (G-Protein-Coupled Receptors, GPCRs) ซึ่งมีประมาณ 25 หน่วย หน่วยรับรส TAS2R สามารถรับรู้ถึงสารเคมีหรือสารประกอบที่ให้รสขมหลายชนิดในรูปแบบที่หลากหลาย หน่วยรับรสขมเหล่านี้จะถูกกระตุ้นโดยสารประกอบที่ให้รสขมถึง 1,000 ชนิด จากอนุพันธุ์ของสารเคมีในกลุ่มต่าง ๆ สารประกอบเหล่านั้นจะกระตุ้นหน่วยรับรสขมบางครั้งหน่วย TAS2R สามารถรับรสสารประกอบรสขมบางชนิดได้โดยตรงหรืออาจรับรสขมจากอนุพันธ์ของสารประกอบรสขมนั้น แม้ว่าหน่วยรับรสจะกำเนิดมาพร้อม ๆ กัน แต่ความสามารถในการรับรู้รสหรือแบ่งแยกแตกต่างกัน ความหลากหลายของหน่วยรับรสและหน่วยที่ทำหน้าที่คล้ายกันหรือใกล้เคียงสามารถรับรู้รสขมได้จากคุณสมบัติทางเคมีกายภาพหรือคุณสมบัติทางโครงสร้างของสารนั้น ๆ ได้ การทำงานของหน่วยรับรสขมในระหว่างการกลืนและการต่อต้านอาหารรสขมนั้นเป็นกระบวนการที่มีตั้งแต่กำเนิดของมนุษย์รวมทั้งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม[5-6] ในมนุษย์จะมีตุ่มรับรส (taste bud) อยู่ที่ปุ่ม (papillae) ในช่องปาก คือ บริเวณผิวลิ้น เพดานอ่อน คอหอยและกล่องเสียง ปุ่มที่

มีตุ่มรับรสนี้มี 3 ชนิด ได้แก่ ปุ่มรูปเห็ด (fungiform papillae) ปุ่มรูปใบไม้ (foliate papillae) และปุ่มเซอร์คัมแวลเลตหรือปุ่มล้อมด้วยกำแพง (circumvallate papillae) นอกจากนี้ยังมีปุ่มเส้นด้าย (filiform papillae) ซึ่งมีมากที่สุดกระจายไปตามผิวลิ้นประมาณ 2/3 ของด้านหน้าลิ้น ปุ่มเส้นด้ายเป็นตัวกำหนดลักษณะของเนื้อลิ้น มีหน้าที่ทำให้รู้สึกถึงเนื้อสัมผัสของอาหาร แต่ไม่มีตุ่มรับรสจึงไม่มีส่วนในการรู้รส การรับรสจะมีการถ่ายทอดสัญญาณจากปุ่มรับรสไปยังสมองผ่านทางเส้นประสาทที่ซับซ้อน

การรับรสจากปุ่มรับรสรูปเห็ดจะส่งสัญญาณไปยังสมองโดยผ่านทางเส้นประสาทคอร์ดาทิมพานี (chorda tympani nerve) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า CT แต่ถ้าเป็นการรับรสจากปุ่มรูปใบไม้จะส่งสัญญาณไปยังสมองโดยผ่านทางเส้นประสาทสมองคู่ที่ 9 (glossopharyngeal nerve) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า GP การตรวจทางสรีรวิทยาไฟฟ้าหัวใจในหนูพบว่าเส้นประสาทระหว่าง CT และ GP ทำงานตอบสนองต่อความขมที่มากระตุ้นแตกต่างกัน[6] นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาพบว่า ยังมีหน่วยรับรสขมที่ไม่ได้อยู่ภายในเนื้อเยื่อช่องปาก เช่น สมอง ระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ ระบบสืบพันธุ์รวมถึงต่อมไทรอยด์ เป็นต้น ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าการรับรสขมได้นั้นเกี่ยวข้องกับการป้องกันอันตรายในการบริโภคอาหารที่มีพิษ เนื่องจากสารมีพิษหลายชนิดส่วนใหญ่มีรสขม แต่ก็มีสารพิษหลายชนิดที่ไม่มีรสขมแต่มีความเป็นพิษ เช่น สารหนูและแทลเลียม อย่างไรก็ตามสารรสขมหลายชนิดกลับมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารฮัมมูโลนในเบียร์ คาเฟอีนในกาแฟ และสารประกอบพอลิฟีนอลในชาเขียว[7]

สารรสขม (bitter substances)

สารรสขมหลายชนิดมีอยู่ในอาหารมักจะอยู่ในโครงสร้างพื้นฐานของพืชผักที่เป็นวัตถุดิบในอาหาร และสารรสขมยังสามารถเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูปหรือการให้ความร้อนต่าง ๆ เช่น การคั่วกาแฟ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการรวมตัวกันของน้ำตาลและกรดอะมิโนหรือปฏิกิริยาเมลลาร์ด กระบวนการหมัก เช่น ชีส หรือสารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือสารรสขมที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยโปรตีน ซึ่งรสขมจะเกี่ยวข้องกับการไม่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งมีข้อดีคือทำให้ผู้บริโภคปลอดภัยจากสารพิษที่มีรสขมในกลุ่มอัลคาลอยด์หรือสารไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) หรืออาหารที่มีการปนเปื้อนสารพิษต่าง ๆ นอกจากนี้สารเคมีต่าง ๆ ที่พืชผลิตออกมา เช่น สารไฟโตนิวเทรียนท์หรือสารพฤกษเคมี (phytonutrients) ก็ผลิตออกมาเพื่อให้พืชปกป้องตัวเองจากสภาวะแวดล้อมที่ไม่ดีต่าง ๆ เช่น การติดเชื้อราหรือแบคทีเรีย รวมถึงการป้องกันตัวเองจากผู้ล่า ซึ่งมีทั้งระดับความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีที่จะเป็นการรักษาตัวเองเมื่อพืชได้รับการบาดเจ็บ หรืออาจจะเป็นระดับความเข้มข้นของสารพฤกษเคมีสูงเพื่อเป็นอันตรายต่อผู้ล่าต่าง ๆ ซึ่งสารพฤกษเคมีที่ให้รสขมบางชนิดดังแสดงในตารางที่ 1 ทั้งนี้มีสารพฤกษเคมีรสขมหลายชนิดที่ให้ประโยชน์กับร่างกายดังแสดงในตารางที่ 2 นอกจากนี้ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างสารรสขมบางชนิดและระดับที่ผู้บริโภครับรู้รสขม[1,2,8]

ตารางที่ 1 สารพฤกษเคมีที่ให้รสขมบางชนิด

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
สารประกอบฟีนอลิก			
ฟลาโวโนน (flavanones)	นารินจิน (naringin)	- ผิวเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม	2,701-4,319 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เปลือกด้านในของผลไม้ตระกูลส้ม	1,301–15,592 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เนื้อในของผลไม้ตระกูลส้ม	13,285–17,603 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เมล็ดของผลไม้ตระกูลส้ม	295–2,677 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ผลอ่อนของผลไม้ตระกูลส้ม	97,920–144,120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	300–750 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Oroblanco	346-489 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Melogold	413-580 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาโวน (flavones)	แทนเจอรีติน (tangeretin)	- ผลส้ม	0–30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
		- น้ำส้ม	0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเข้มข้น	0.2–0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
	โนบิเลติน (nobiletin)	- ผลส้ม	14-112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
		- น้ำส้ม	2.7-2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเข้มข้น	1.8-2.3 มิลลิกรัมต่อลิตร
	ไซเนนซีติน (sinensetin)	- ผลส้ม	14-46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง
		- น้ำส้ม	0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเข้มข้น	1.7-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาโวนอล (flavonols)	เควอซิติน (quercetin)	- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำมะนาว	7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
ฟลาโวนอล (flavonols)	เควอซิทิน (quercetin)	- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำมะนาว	7.4 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ผักชิโครี	1.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ดอกฮอปส์สด	700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ไวน์	4.1-16 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	10-25 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	13 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาเขียว	14-23 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาแวน (flavans)	คาเทชิน (catechins)	- ไวน์แดง	11.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาเขียว	13.19.1 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	6.0-6.4 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	9.2-15.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
	อิพิคาเทชิน (epicatechin)	- ไวน์แดง	7.7 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ผงโกโก้ไขมันต่ำ	940-2,470 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ผงโกโก้สำเร็จรูป	180-230 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- น้ำชาเขียว	105-118 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	63.5-68 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	16.8-35 มิลลิกรัมต่อลิตร
	อิพิคาเทชินแกลเลต (epicatechin gallate)	- น้ำชาเขียว	152.2-223 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	182.8-227.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	114-168 มิลลิกรัมต่อลิตร
	อิพิกัลโลคาเทชิน (epigallocatechin)	- น้ำชาเขียว	186-257 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	182.4-242 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	17-50 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
ฟลาแวน (flavans)	อิพิกัลโลคาเทชินกัลเลต (epigallocatechin gallate)	- น้ำชาเขียว	237.2-330.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาอู่หลง	251.2-307.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำชาดำ	96.8-110.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
ฟลาโวนอยด์ (flavonoid)	คาเทชิน (catechins) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 500	- ไวน์แดง	1,000-3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ไวน์กุหลาบ	200 มิลลิกรัมต่อลิตร
	คาเทชิน (catechins) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 500 (แทนนิน)	- ไวน์แดง	รสไม่ขมแต่มีรสฝาด
		- แอปเปิลไซเดอร์	รสไม่ขมแต่มีรสฝาด
	พอลิฟีนอล	- ผงโกโก้ไขมันต่ำ	8,380-31,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ผงโกโก้สำเร็จรูป	1,370-4,460 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ไอโซฟลาโวน (isoflavone)	เจนิสติน (genistein) และเดดซีน (daidzein)	- ถั่วเหลือง	24-40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เศษถั่วเหลืองพร่องไขมัน	51 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- โปรตีนเกษตรหรือเนื้อเทียม	67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เนื้อเทียมไส้เบอร์เกอร์	14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เต้าหู้	29-78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
ไตรเทอร์พีน (triterpenes)			
ลิโมนอยด์ อะกลีโคน (limonoid aglycones)	ลิโมนิน (limonin)	- น้ำมะนาว	12.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้ม	9.7 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	11.4 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มเขียวหวาน	34.7 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- ผิวเปลือกของผลไม้ตระกูลส้ม	6.1-42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เปลือกด้านในของผลไม้ตระกูลส้ม	11.6-65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เนื้อในของผลไม้ตระกูลส้ม	103-525 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- เมล็ดของผลไม้ตระกูลส้ม	1,188-1,885 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

กลุ่มสารพฤกษเคมี	สารรสขม	แหล่ง	ปริมาณ
ไตรเทอร์พีน (triterpenes)			
ลิโมนอยด์ อะกลีโคน (limonoid aglycones)	โนมิลิน (nomilin)	- น้ำผลไม้ตระกูลส้ม	0.1-1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Oroblanco	0.4-0.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
		- น้ำส้มพันธุ์ Melogold	0.9-1.8 มิลลิกรัมต่อลิตร
สารประกอบอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์ (organosulfur compounds)			
กลูโคซิโนเลต (glucosinolates)	ซินิกริน (sinigrin)	- กะหล่ำปลี	70-410 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- กะหล่ำดาว	110-1,560 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ดอกกะหล่ำ	10-630 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- หัวผักกาด	0-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- บรอกโคลีพันธุ์ Calabrese	0-10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- บรอกโคลี	0-16 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
		- ผักคะน้า	625-1,973 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
		- ผักเคล	0-287 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
		- ผักกาดเขียว	6,930-7,790 ไมโครโมลต่อกิโลกรัม
	โปรโกอิทริน (progoitrin)	- กะหล่ำดาว	100-1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- กะหล่ำ	10-80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- ดอกกะหล่ำ	0-140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- หัวผักกาด	90-830 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
		- บรอกโคลีพันธุ์ Calabrese	0-82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
	กลูโคบราสซิซิน (glucobrassicin)	- กะหล่ำดาว	220-1,110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ที่มา : (2)

ตารางที่ 2 สารพฤกษเคมีรสขมที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

สารพฤกษเคมีรสขม	**แหล่ง**	**ประโยชน์ต่อร่างกาย**
สารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ - เบต้าแคโรทีน ไลโคปีน ลูทีน แซนโทรฟิล	มะเขือเทศ แครอท มันเทศ แตงโม ผักโขม	- ต้านอนุมูลอิสระ - เพิ่มปริมาณเซลล์ส่งสัญญาณ - ลดความเสี่ยงจอประสาทตาเสื่อม
สารในกลุ่มลิโมนอยด์ - ดีลิโมนิน ลิโมนินไกลโคไซด์	ผลไม้ตระกูลส้ม	- เสริมสร้างเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ปกป้อง - เป็นสารเคมีที่ใช้ทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในร่างกาย
สารในกลุ่มฟีนอลฟลาโวนอยด์ - คาเทชิน แอนโธไซยานิน โปรแอนโธไซยานิดิน นารินจิน เควอซิติน แทนเจอรีติน กิงโกะ	ชา เบอร์รี ไวน์ ผลไม้ตระกูลส้ม แอปเปิล ผักกาดหอม ชิกโครี แครนเบอร์รี หัวหอม ผักเคล	- ต้านอนุมูลอิสระ - เพิ่มเอนไซม์ที่ช่วยในการต้านโรคมะเร็ง - ลดโรคหลอดเลือดฝอยเปราะ - ป้องกันการอักเสบ
สารในกลุ่มไอโซฟลาโวน - เจนิสติน เดดซีน ไกลไคริซิน ไอโซคูมาริน	มิโสะ นมถั่วเหลือง เต้าหู้ ชะเอมเทศ แคร์รอต	- ช่วยเผาผลาญสารเอสโทรเจน - เพิ่มเอนไซม์ที่ช่วยในการต้านโรคมะเร็ง - ลดคอเลสเตอรอล
สารในกลุ่มกรดฟีนอลิก - กรดแกลลิก กรดเอลลาจิก กรดคาเฟอิก ไอโซคูมาริน	ชา สตรอว์เบอร์รี บลูเบอร์รี แอปเปิล ส้ม องุ่น มันฝรั่งขาว น้ำองุ่น กาแฟ พรุน	- เพิ่มเอนไซม์ที่มีประโยชน์กับร่างกาย - ต้านอนุมูลอิสระ - ยับยั้งสารก่อมะเร็งไนโตรซามีน
สารในกลุ่มกลูโคซิโนเลตหรือสารไอโซไทโอไซยาเนต - อัลลิลไอโซไทโอไซยานิด	ผักกะหล่ำ ผักเคล กะหล่ำดาว บรอกโคลี	- เพิ่มเอนไซม์ที่มีประโยชน์กับร่างกาย - ลดกระบวนการเติมหมู่เมทิลเข้าในสายดีเอ็นเอเพื่อลดความชราในร่างกาย
สารในกลุ่มพอลิฟีนอล - แทนนินและเรสเวอราทรอล	ไวน์	- ยับยั้งการเกิดเนื้องอกระยะต้นและระยะกลาง - ยับยั้งการอักเสบ - ต้านอนุมูลอิสระ

ที่มา : (1)

ตารางที่ 3 สารรสขมบางชนิดและระดับที่ผู้บริโภครับรู้รสขม

กลุ่มของสารประกอบ	สารรสขม	ระดับที่รับรู้ (มิลลิโมลาร์)
กรดไขมันไฮดรอกซี	9-Hydroxy-10t,12c-octadecadienoic acid	6.5–8.0
(hydroxy fatty acids)	9,10,13-Trihydroxyoctadeca-10-enoic acid	0.6–0.9
และกรดไขมัน (fatty acids)	9c-Octadecenoic acid	9.0–12.0
	9c,12c,15c-Octadecatrienoic acid	0.6–1.2
	5c,8c,11c,14c-Eicosatetraenoic acid	6.0–8.0
เปปไทด์ (peptides)	Alanine-Leucine	18–22
	Leucine-Valine-Leucine	2.0
	Phenylalanine-Glycine-Phenylalanine-Glycine	1.0–1.5
กรดอะมิโน (amino acids)	L-valine	20
	L-phenylalanine	4.5-7.0
	L-tyrosine	4.0-6.0
เอมีน (amines)	Propylamine	15-25
	Butylamine	4.0–8.0
	Pentylamine	1.5–2.0
	Dodecanylamine	0.3–0.5
	Diacetylamine	5.0–15
	Triacetylamine	2.0–3.0
อะซาไซโคแอลเคน	Azacyclopentane	8.0–12
(azacycloalkanes)	Azacyclohexane	0.6–1.0
สารประกอบเอ็นเฮเทอโรไซคลิก	Pyrazole	15–20
(N-Heterocyclic	Imidazole	4.0–8.0
compounds)	Piperidine	8.0–12
	Piperazine	20–30
	Pyridine	1.0–3.0
	Adenine	2.0–4.0
	Adenosine	3.0–6.0
	Hypoxanthine	4.5–6.0
เอไมด์ (amides)	Propionamide	50–55
	N-methylacetamide	10–15
	Benzamide	0.8–1.0
	Denatonium benzoate	0.00001–0.00002
	Thioacetamide	1.0–2.0
	N-phenylthioacetamide	0.01–0.02
	Delta-valerolactam-2-piperidinone	3.0–4.0

ตารางที่ 3 (ต่อ)

กลุ่มของสารประกอบ	สารรสขม	ระดับที่รับรู้ (มิลลิโมลาร์)
	Saccharin	~0.3
ยูเรีย (ureas)	Urea	60–70
ไทโอยูเรีย (thioureas)	N-methylurea	35–40
คาร์บาไมด์ (carbamides)	N-ethylurea	20–25
	N-butylurea	5.0–7.5
	N-phenylurea	4.0–6.0
	N-methylthiourea	0.5–0.6
	N,N-dimethylcarbamate	5.0–8.0
เอสเทอร์ (esters)	Ethylbenzoate	2.0–5.0
	4-Ethylhydroxybenzoate	4.0–6.0
	4-Aminohydroxybenzoate	2.0–5.0
แลคโตน (lactones)	Butyrolactone	50–60
	Ethyl-γ-butyrolactone	10
	Butyl-γ-butyrolactone	0.2–2.0
สารประกอบคาร์บอนิล	2-Pentanone	25–35
(carbonyl compounds)	2-Octanone	3.5–4.0
	2-Decanone	1.0–1.5
	Cyclooctanone	2.0–4.0
ฟีนอล (phenols)	1,2-Dihydroxybenzene	5.0–10
	1,3-Dihydroxybenzene	5.0–15
	1,2,3-Trihydroxybenzene	6.0–8.0
คราวน์อีเธอร์	12-Crown-4-ether	12–15
(crown ethers)	18-Crown-6-ether	0.5–0.7
	Dibenzo-18-crown-6-ether	0.01–0.013
อัลคาลอยด์ (alkaloids)	Caffeine	0.2
	Nicotine	0.019
	Atropine	0.1
	Cocaine	0.5
	Quinine	0.01
	Strychnine	0.002
	Morphine	0.5
	Cholcicine	0.01
ประจุของโลหะ	KI	6.4
(metal ions)	$CaSO_4$	3.7
	$MgSO_4$	4.2

ที่มา : (1)

เปปไทด์ที่ให้รสขมจากการย่อยโปรตีน (bitter peptides in protein hydrolysates)

เป็นที่ทราบกันว่าสารหลาย ๆ ชนิดที่อยู่ในอาหารมีผลต่อรสชาติอาหาร เช่น เปปไทด์ ซึ่งเปปไทด์เป็นอนุพันธ์ของโปรตีนและพบในอาหารมากมายหลายชนิดรวมทั้งอาหารที่ได้จากกระบวนการหมักด้วย ได้แก่ มิโสะ ซอสถั่วเหลือง น้ำปลา นัตโตะ คัตสึโอะบุชิ (ปลาแห้งญี่ปุ่น) ชีส และสาเก เป็นต้น การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอสหรือการหมักมักจะทำให้เกิดรสขมเนื่องมาจากการได้เปปไทด์รสขมในระหว่างการหมักหรือการย่อยนั้น ในปี ค.ศ. 1952 มีการศึกษาพบว่า การย่อยเจลาตินและเคซีนทำให้เกิดรสขมที่ผู้บริโภคไม่ชื่นชอบ แต่รสขมจากการย่อยเคซีนสามารถทำให้ลดลงโดยใช้ถ่านกัมมันต์ โดยถ่านกัมมันต์จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับเปปไทด์รสขมได้เป็นอย่างดี จากการสังเกตเบื้องต้นพบว่า รสขมนั้นได้มาจากเปปไทด์มากกว่ากรดอะมิโนอิสระ และเปปไทด์จะสามารถดูดซับได้ในสารดูดซับที่ไม่ชอบน้ำ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า รสชาติแรกที่สัมผัสได้ในชีสคือรสขมเนื่องมาจากเปปไทด์ ซึ่งช่วงระหว่างระยะเวลาการบ่มมีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมผลิตชีสจึงได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เป็นที่ทราบกันอย่างชัดเจนแล้วว่า เคซีนจะผลิตรสขมภายหลังการย่อย รวมถึงโปรตีนที่ถูกย่อยโดยเอนไซม์โปรติเอสจะทำให้เกิดโครงสร้างของสารที่ให้รสขมเสมอ คุณสมบัติของรสชาติโปรตีนที่ถูกย่อยจะขึ้นกับชนิดของโปรตีนและเอนไซม์ที่ย่อยนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมสดมักไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคเนื่องจากรสขมที่เกิดขึ้นซึ่งก็คือเปปไทด์ที่ให้รสขมนั่นเอง[5]

ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองได้รับความนิยมมากเพราะเป็นแหล่งของโปรตีนที่ได้จากพืชที่ดีต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วยป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ มีงานวิจัยพบว่า การลดขนาดโครงสร้างและลดขนาดโมเลกุลของโปรตีนถั่วเหลืองชนิด 11S glycinin โดยใช้เอนไซม์ทริปซินให้มีขนาดลดลงในช่วง 0.36–2.1 กิโลดาลตัน มีผลทำให้เกิดรสขม นัตโตะซึ่งเป็นถั่วหมักของประเทศญี่ปุ่นทำจากถั่วเหลืองที่ถูกหมักหรือย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสจากแบคทีเรีย โดยรสขมที่เกิดขึ้นในนัตโตะได้มาจากกระบวนการย่อยที่ไม่สมบูรณ์หรือการหมักที่ไม่เพียงพอ กรดอะมิโนที่ต่อกันเป็นสายเปปไทด์มีผลต่อรสขมซึ่งแสดงให้เห็นได้จากปลายทั้งทางด้าน N-terminus (ปลายทางด้านเอมีนอิสระ, -NH_2) สู่ทางด้าน C-terminus (ปลายทางด้านกรดคาร์บอกซิลิก) ของเปปไทด์[4]

รสขมของเปปไทด์ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดอะมิโนที่มาต่อกันเป็นสายเปปไทด์ โพรลีนคือกรดอะมิโนที่มีผลต่อรสขมของเปปไทด์โดยตรง หากโครงสร้างของเปปไทด์ชนิดนั้นมีกรดอะมิโนโพรลีนอยู่ด้วยจะมีผลให้เกิดรสขม นอกจากนี้กรดอะมิโนไกลซีน อะลานีน วาลีน ลิวซีน ไทโรซีน และฟีนิลอะลานีน ก็มีส่วนทำให้เกิดรสขมในโครงสร้างของเปปไทด์ได้[9]

สารประกอบฟีนอลและแทนนินที่ให้รสขม (bitter phenols and tannins)

สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกจะมีรสขมและรสฝาด ซึ่งมีอยู่ในอาหารและเครื่องดื่มหลาย ๆ ชนิด สารประกอบกลุ่มฟีนอลิกในอาหารมีมากกว่า 15 กลุ่ม ตั้งแต่โมเลกุลของฟีนอลิกขนาดเล็กไปจนถึงพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ โดยที่สารในกลุ่มฟลา-

โวนอยด์คือ กลุ่มที่ใหญ่และสำคัญที่สุด ซึ่งมีสารมากกว่า 5,000 ชนิด เช่น ฟลาโวโนน ฟลาโวนอล ฟลาโวน ไอโซฟลาโวน ฟลาแวน (คาเทชิน) และแอนโทไซยานิน เป็นต้น สารพอลิฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า 500 ที่รู้จักกันดีในพืช คือ แทนนิน ในส่วนของสารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็กก็มีแนวโน้มให้รสขมด้วยเช่นกัน แต่สารประกอบฟีนอลิกที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่จะให้รสฝาด สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ ซึ่งถูกสร้างโดยพืชเพื่อป้องกันเชื้อโรค ปรสิต และสัตว์กินพืชต่าง ๆ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืชผักมีผลต่อระดับความขม ซึ่งมีปัจจัยมาจากยีน สายพันธุ์ การงอก ระดับความแก่-สุก สภาวะสิ่งแวดล้อม รวมถึงกระบวนการแปรรูปและสภาวะการเก็บรักษา ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืชทั้งสิ้น รสขมที่ได้จากสารประกอบฟีนอลิก เช่น เควอซิทิน เป็นสารให้รสขมที่มีอยู่มากในผลแอปเปิลที่ยังอ่อนรวมถึงในผลไม้ชนิดอื่น ๆ โดยปกติแล้วสารประกอบฟีนอลิกจะมีอยู่ปริมาณมากในเมล็ดหรือเมล็ดที่กำลังงอกมากกว่าที่จะพบในพืชที่ยังอ่อน ซึ่งเชื่อว่าเพื่อปกป้องเมล็ดหรือพืชที่มีการงอกรากออกจากเมล็ดให้ปลอดภัยจากศัตรูพืชและสัตว์ต่าง ๆ สารประกอบพอลิฟีนอลหรือสารแทนนินมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงเนื่องจากไปลดการดูดซึมของโปรตีนหรือธาตุเหล็ก แทนนินพบมากในธัญพืช เช่น ข้าวฟ่าง ลูกเดือย ข้าวบาเล่ย์ พืชตระกูลถั่ว ผลไม้ ชา ไวน์ และพืชที่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์ นอกจากนี้การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนนิน โปรตีน สตาร์ชหรือแป้ง และเอนไซม์ย่อยอาหารมีผลทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงได้[2]

สารฟลาโวนอยด์ที่ให้รสขมในพืชตระกูลซิตรัส (bitter flavonoids in citrus fruit)

ฟลาโวนอยด์ในผลไม้ตระกูลซิตรัส รวมถึงฟลาโวโนน (นารินจิน) ฟลาโวน (โนบิเลติน) และฟลาโวนอล (เควอซิทิน) รวมทั้งสารประกอบฟลาโวนโพลีเมทอกซิเลต เช่น สารแทนเจอรีตินและสารโนบิเลตินที่มีอยู่มากในผิวของผลไม้ที่ยังอ่อนและเป็นสารรสขมอยู่ในน้ำมันหอมระเหยของผลไม้ตระกูลส้ม ฟลาโวนอยด์รสขมมีฤทธิ์ป้องกันแบคทีเรียหรือมีผลทำให้รสชาติของพืชนั้นไม่เป็นที่ต้องการของแบคทีเรีย ซึ่งระดับความขมของฟลาโวนอยด์นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสายไกลโคไซด์ สารนารินจิน คือ flavanone neohesperidoside และ neohesperidin ซึ่งให้รสที่ขมมาก ในขณะที่สารเฮสเพอริดินไม่มีรสขม ส่วนสารนีโอเฮสเพอริดินไดไฮโดรชาลโคนเป็นสารให้รสหวานมาก สารนารินจินมีมากในใบอ่อนและในผลไม้ที่ยังอ่อน ปริมาณของนารินจินในน้ำองุ่นมีประมาณ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ปัญหาคือหากเป็นองุ่นนอกฤดูกาลจะมีผลทำให้ปริมาณนารินจินสูงขึ้นมาถึง 1,200 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้ ซึ่งมีผลให้น้ำองุ่นนั้นมีรสขมจนไม่เป็นที่ยอมรับ นอกเหนือจากผลของการปลูกต่อรสขมแล้ว กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ก็มีผลต่อรสขมด้วยเช่นกัน ลิโมนินซึ่งเป็นสารไตรเทอร์ปีน ก็เป็นสารให้รสขมในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ตระกูลส้มด้วยเช่นกัน นอกจากนี้สารตั้งต้นของลิโมนินซึ่งไม่มีรสชาติแต่จะถูกปลดปล่อยจากเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายและเปลี่ยนโครงสร้างเป็นสารลิโมนิน ทำให้เกิดรสขมขึ้น สารให้รสขมในกลุ่มฟลาโวนอยด์และลิโมนอยด์เป็นปัญหาสำคัญในอุตสาหกรรมผลไม้ตระกูล

ส้ม จึงมีความพยายามในการลดรสขมในผลไม้ตระกูลส้มโดยการลดหรือขจัดสารนารินจินและลิโมนิน[2]

สารประกอบฟีนอลิกที่ให้รสขมในชาและช็อกโกแลต (bitter phenolic compounds in tea and chocolate)

สารประกอบฟีนอลิก ได้แก่ คาเทชินและอิพิคาเทชินที่มักพบในชา ซึ่งอิพิคาเทชินจะให้รสขมมากกว่าคาเทชิน ส่วนในชาเขียวมักจะพบสารประกอบพอลิฟีนอลที่ชื่อว่า เอพิกัลโลคาเทชินกัลเลต ชาเขียวญี่ปุ่นจะมีปริมาณของคาเทชินและเอพิกัลโลคาเทชินมากกว่าชาดำและชาอู่หลงจึงทำให้มีรสขมมากกว่าด้วย รสขมในชาเป็นการรวมตัวกันของสารหลาย ๆ ชนิด เช่น คาเทชิน ซาโปนิน คาเฟอีน และกรดอะมิโน โดยการให้รสขมหรือรสฝาดในชาจะขึ้นกับขนาดโครงสร้างหรือน้ำหนักโมลกุลของสารคาเทชิน โดยปกติแล้วซาโปนินจะให้ลักษณะฉุน ส่วนรสขมในช็อกโกแลตได้มาจากสารคาเทชินซึ่งมีอยู่ในปริมาณสูง เมล็ดโกโก้ที่ผ่านกระบวนการหมักเพื่อจะนำมาทำช็อกโกแลตจะมีอิพิคาเทชิน พอลิฟีนอล และแอนโธไซยานิน ซึ่งแอนโธไซยานินคือไกลโคไซด์ของแอนโธไซยานิดินที่จับอยู่กับน้ำตาล สารคาเทชินในช็อกโกแลตจะมีทั้งรสขมผสมรสหวานตอนปลาย หรือรสขมและรสฝาด กระบวนการหมักเมล็ดโกโก้จะทำให้เกิดโครงสร้างพอลิเมอร์ของสารคาเทชินและเกิดสารประกอบเชิงซ้อนร่วมกับโปรตีนได้ การยอมรับรสขมของการหมักของเมล็ดโกโก้จะมีปริมาณของสารที่ชัดเจน เช่น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกต้องไม่เกิน 58 มิลลิกรัมต่อกรัมของผงโกโก้ สารแทนนินไม่เกิน 31 มิลลิกรัมต่อกรัมของผงโกโก้ และสารอิพิคาเทชินไม่เกิน 3 มิลลิกรัมต่อกรัมของผงโกโก้ นอกจากสารคาเทชินจะให้รสขมในช็อกโกแลตแล้ว ยังมีงานวิจัยที่บอกว่า รสขมในช็อกโกแลตสามารถเกิดได้จากสารคาเฟอีน สารธีโอโบรมีนซึ่งให้ลักษณะรสขมร่วมกับให้กลิ่นโลหะ รวมถึงสารธีโอโบรมีนที่ทำปฏิกิริยาร่วมกับสารไดคีโทปิเพอราซีนในระหว่างการให้ความร้อนช็อกโกแลต ซึ่งสารไดคีโทปิเพอราซีนให้ลักษณะกลิ่นมอลต์คั่ว[2]

สารประกอบฟีนอลิกรสขมในไวน์แดง (bitter phenolic compounds in red wine)

สารประกอบฟีนอลิกในไวน์มีตั้งแต่สารที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็ก คือ คาเทชิน ไปจนถึงสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดใหญ่ คือ แทนนิน การรับรู้รสขมและรสฝาดแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารคาเทชินและแทนนินในเมล็ดองุ่น สารประกอบในกลุ่มฟลาโวนอยด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น สารคาเทชินและอิพิคาเทชินจะให้รสขมมากว่ารสฝาด แต่ถ้าสารมีน้ำหนักโมเลกุลมากขึ้น เช่น พอลิ-เมอร์ของสารคาเทชินจะเปลี่ยนเป็นให้รสฝาดแทน ดังนั้นสารประกอบพอลิฟีนอลในไวน์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า 500 เช่น แทนนินในเมล็ดองุ่นจะให้รสฝาดมากกว่ารสขม จากการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่า สารอิพิคาเทชินในไวน์แดงจะให้รสขมและรสฝาดมากกว่าสารคาเทชิน ปกติแล้วปริมาณฟีนอลิกในองุ่นจะอยู่ในช่วง 2-4 มิลลิกรัมต่อกรัมของเนื้อองุ่น อย่างไรก็ตามฟีนอลในไวน์มาจากเปลือกของผลองุ่นประมาณร้อยละ 30 และมาจากเมล็ดองุ่นร้อยละ 70 ภายหลังจากการหมักไวน์ ปริมาณฟีนอลิกที่อยู่ในผิวและเมล็ดขององุ่นสามารถเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1,000-

3,500 มิลลิกรัมต่อลิตร ในไวน์แดง ทั้งนี้ขึ้นกับกระบวนการผลิตไวน์ด้วย การลดรสขมของสารประกอบฟีนอลิกสามารถทำได้โดยการเติมน้ำตาล ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นด้วย[2]

สารไอโซฟลาโวนที่ให้รสขมในถั่วเหลือง (bitter isoflavones in soybeans)

สารเจนิสตินคือ สารให้รสขมและรสฝาดอยู่ในกลุ่มไอโซฟลาโวนกลูโคไซด์ ซึ่งได้จากถั่วเหลืองและทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ไอโซฟลาโวนเกี่ยวข้องกับโปรตีนที่อยู่ถั่วเหลือง การสกัดไขมันออกจากแป้งถั่วเหลืองหรือจากโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้นโดยใช้เฮกเซนมักจะมีรสขมและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์หรือกลิ่นเหม็นเขียวในถั่ว สารแอลฟีนิลอลานีนและสารไซรินจิกอยู่ในกลุ่มกรดฟีนอลิกที่อยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองซึ่งให้รสขม รสฝาด และรสเปรี้ยว การย่อยด้วยเอนไซม์หรือกรดของโปรตีนถั่วเหลืองมีผลทำให้ได้เปปไทด์ที่มีรสขมรวมทั้งได้กรดไขมันไฮดรอกซีที่มีรสขมด้วย แป้งถั่วเหลืองอาจมีรสฝาดด้วย สารรสขมไอโซฟลาโวนกลูโคไซด์ สารเจนิสตินและสารเดดซีนเป็นสารที่ถูกย่อยจากกระบวนการหมักซึ่งมีผลต่อการยอมรับนมถั่วเหลือง และสารเหล่านี้จะเข้มข้นขึ้นในระหว่างการนำถั่วเหลืองมาแช่น้ำซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการแปรรูปนมถั่วเหลืองรวมทั้งมิโสะ เต้าเจี้ยว และซอสถั่วเหลือง ซึ่งทั้งสารเจนิสตินและสารเดดซีนเป็นตัวทำให้นมถั่วเหลืองมีรสขม[2]

สารกลูโคซิโนเลตที่ให้รสขมในพืชตระกูลกะหล่ำ (bitter glucosinolates in cruciferous vegetables)

สารอินทรีย์ที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันตัวเองจากผู้ล่า พืชตระกูลกะหล่ำ (บรอกโคลี กะหล่ำดอก ผักเคล หัวผักกาด ผักคะน้า กะหล่ำดาว กะหล่ำปลี กะหล่ำปม หัวผักกาดสวีเดน ผักกาดขาว และผักกวางตุ้ง) จะมีสารกลูโคซิโนเลตอยู่ในปริมาณ 0.5-1 กรัมต่อกรัมของพืชตระกูลกะหล่ำ ซึ่งสารตัวนี้โดยพื้นฐานแล้วจะมีฤทธิ์ต่อต้านแมลงโดยมีความเป็นพิษต่อแมลง และสารหลักที่มีอยู่ในกะหล่ำปลีและกะหล่ำดาว ได้แก่ ซินิกริน โปรโกอิทริน และกลูโคบราสซิซิน จะมีความเป็นพิษต่อหนู นอกจากนี้ยังมีรายงานถึงพิษของผักเคลที่มีผลทำให้เกิดโรคคอพอกในคนด้วย และหากอาหารสัตว์มีความเข้มข้นของสารกลูโคซิโนเลตอยู่สูงก็จะเป็นพิษต่อต่อมไทรอยด์ ตับ และไตในวัวนม นอกจากเป็นพิษแล้วยังทำให้เกิดรสขมด้วย ซึ่งสารรสขมกลูโคซิโนเลตในพืชตระกูลกะหล่ำเป็นสารรสขมที่ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ โดยสารซินิกรินและกลูโคซิโนเลตในกะหล่ำดาวมีผลทำให้เกิดรสขม มีการทดสอบพบว่า ผู้ถูกทดสอบส่วนใหญ่รับรู้ถึงรสขมของสารซินิกรินและกลูโคนาปินได้มาก ในขณะที่ผู้บริโภคจะรับรู้รสขมในสารโปรโกอิทรินและกลูโคบราสซิซินได้น้อยกว่า ความเข้มข้นต่ำที่สุดของสารรสขมซินิกรินที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้คือ 106 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่สารรสขมไวนิลออกซาโซลิดีนที่ระดับผู้ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้คือ 12 มิลลิกรัมต่อลิตร[2]

สารพฤกษเคมีที่เป็นพิษและมีรสขม (bitter and toxic phytochemicals)

สารพฤกษเคมีบางชนิดมีรสขมและมีพิษที่อาจทำอันตรายถึงชีวิตได้ บางครั้งพืชตระกูลแตง เช่น แตงกวา ซูกินี น้ำเต้า ฟักทอง และเมลอน อาจมีรสขมจนไม่สามารถรับประทานได้ สารคิวเคอร์บิทาซิน หรือออกซิเจนเนตเตตระไซคลิกไตรเทอร์พีนเป็นสารพิษที่เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะมีผลทำให้ป่วยจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ สารคิวเคอร์บิทาซินให้รสขมที่อยู่ในซูกินีที่มีปริมาณอยู่ในช่วง 50-600 ส่วน ในล้านส่วนจะมีพิษต่อมนุษย์เมื่อรับประทานมากกว่า 3 กรัม ขึ้นไป แตงกวามักจะพบรสขมทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอยู่บ่อยครั้ง ถั่วแดง ถั่วแดงหลวง ถั่วขาว ถั่วตาดำและถั่วลิม่า มีสารรสขมไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์ ถั่วลิม่าสีดำมีรสขมมากที่สุดขณะเดียวกันก็มีพิษมากที่สุดเช่นกัน สารรสขมไซยาโนจีนิคไกลโคไซด์มีอยู่ในเมล็ดของอัลมอนด์ เลมอน มะนาว แอปเปิล ลูกแพร์ เชอร์รี แอพริคอต ลูกพรุน และลูกพลัม สามารถนำมาใช้เป็นสารป้องกันโรคได้[2]

กระบวนการลดรสขม (debittering process)

การรับรสขมและการปฏิเสธรสขมเป็นพฤติกรรมที่มาตั้งแต่กำเนิดของมนุษย์ ในอุตสาหกรรมอาหารมีเป้าหมายในการพยายามลดรสขมในอาหารให้ได้มากที่สุดหรือต้องถูกกำจัดออกเพื่อเพิ่มการยอมรับในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งการพยายามลดหรือการกำจัดรสขมในอาหารอาจส่งผลต่อการลดคุณค่าสารอาหารหรือประโยชน์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วย[7] เนื่องจากรสขมไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคจึงเป็นข้อจำกัดในผลิตภัณฑ์อาหารหรือจำเป็นต้องปรับปรุง เช่น ใช้การปกปิดรสขม ตัวอย่างอาหารบางชนิด ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว ผลไม้ และวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารนิยมใช้เทคโนโลยีการพัฒนาหรือปรับปรุงสายพันธุ์เพื่อเน้นการลดรสขมตั้งแต่ต้นหรือการหลีกเลี่ยงการทำงานของเอนไซม์ในสภาวะต่าง ๆ เพื่อไม่ให้เกิดรสขมขึ้นในอาหาร ยกตัวอย่างในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำผลไม้มีการนำส้มที่เป็นวัตถุดิบหลักมาผ่านกระบวนการลดรสขมโดยการกำจัดสารนารินจีนินหรือนารินจิน-7-โอกลูไซด์ที่ให้รสขมให้เหลือน้อยที่สุด นอกจากนี้ในการกรองสารพอลีฟีนอลออกเพื่อลดความขุ่นในน้ำแอปเปิลซึ่งจะช่วยในเรื่องลดรสขมหรือรสฝาดลงได้ด้วยเช่นกัน ปัจจุบันปัญหาเรื่องรสขมในผลิตภัณฑ์อาหารกลับมาเป็นปัญหาหลักอีกครั้ง เนื่องจากความต้องการอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพในเรื่องของการลดปริมาณน้ำตาล ลดไขมัน รวมทั้งการลดปริมาณโซเดียมในอาหาร โดยการเติมสารทดแทนต่าง ๆ ทำให้อาหารมีรสชาติเปลี่ยนไป เช่น มีรสเปรี้ยว รสขม หรือรสฝาดมากขึ้น สารให้ความหวานสังเคราะห์ส่วนใหญ่จะให้รสขมหรือรสฝาดภายหลังการกลืน ส่วนสารทดแทนเกลือหรือทดแทนโซเดียมรวมทั้งโพแทสเซียมคลอไรด์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้มากมายแต่ก็ยังคงมีปัญหาในเรื่องรสขมมากเช่นกัน ซึ่งนั่นเป็นปัญหาที่ทำให้ผู้บริโภคยังไม่ให้การยอมรับสารประกอบอื่น ๆ เช่น พอลิฟีนอล ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ไฟโตสเตอรอล วิตามิน เกลือแร่ หรือน้ำมันปลา เป็นต้น สารเหล่านี้นิยมนำมาเติมเพื่อเพิ่มคุณค่าของอาหารมากขึ้นแต่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นในรสชาติในทางที่แย่ลงในบางผลิตภัณฑ์อาหารได้เช่นกัน หนึ่งในปัญหาการปกปิดรสชาติที่ไม่ดีคือ

ความซับซ้อนในการรับรู้รสชาติ เนื่องจากการรับรู้รสไม่ได้มีเพียงแค่การรับรสขมได้ แต่สามารถรับรสได้หลากหลาย เช่น ฝาดหรือเปรี้ยวด้วย แต่ละการรับรสจะมีการแปลงสัญญาณโดยใช้ระบบการรับรสที่แตกต่างกันของโมเลกุลในปาก และความสามารถในการรับรู้รสส่วนผสมที่ยุ่งยากซับซ้อนในการแบ่งแยกคุณภาพทางรสชาติแต่ละชนิด มีหลายเทคนิคและวิธีการในการลดหรือกำจัดรสขมและรสชาติที่ไม่เป็นที่ต้องการในอาหารลงได้ วิธีที่สามารถทำได้มีหลายวิธี ได้แก่ ใช้สารห่อหุ้มปกปิดรสขมด้วยวิธีทางกายภาพ เช่น การเอนแคปซูลเลชัน (encapsulation) การเคลือบ (coating) การทำให้อยู่ในระบบอิมัลชัน (emulsions) การแขวนลอยสาร (suspensions) และการกำจัด (scavengers) การทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน (complexing agents) สารที่ปรับแต่งกลิ่นและรสชาติให้เข้มข้น เช่น เกลือ สารให้ความหวาน กรด กลิ่นรสจากผลไม้ รวมทั้งสารที่แต่งกลิ่นให้เหมือนหรือเลียนแบบผลิตภัณฑ์ เช่น ช็อกโกแลต ผลไม้ตระกูลส้ม หรือกาแฟ เป็นต้น อีกทั้งการปกปิดกลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น กลิ่นเหม็นหืน กลิ่นคาว และการลดโมเลกุลรสขมลง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมามีทั้งข้อจำกัดหรือเป็นวิธีการที่ไม่สามารถนำมาใช้ได้จริงในผลิตภัณฑ์อาหารหรือเครื่องดื่มเนื่องจากข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีปริมาณน้ำมากจนเกินไปหรือข้อจำกัดทางกฎหมายที่ไม่อนุญาตให้ใช้สารหรือวัตถุดิบบางชนิดได้[4] อย่างไรก็ตามการกังวลเรื่องรสขมไม่ได้อยู่แค่ในอาหารเท่านั้น แต่เกี่ยวของกับรสขมทางยาด้วย ผู้ป่วยเด็กและผู้ป่วยที่ต้องทานยาต่อเนื่องตลอดชีวิตมักจะทรมานกับการทานยาที่มีรสขม ซึ่งเป็นสิ่งที่อุตสาหกรรมยาให้ความสำคัญในการลดหรือกำจัดรสขมในยาลง เช่น การเคลือบยาที่มีรส ดังนั้นควรมีวิธีการในการทำให้ผู้ป่วยยอมรับรสขมของสารพฤกษเคมีซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์กับร่างกาย อาจทำโดยการปกปิดรสขมก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง[8]

รสขมในพืชผักมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจะส่งผลกระทบไปถึงการเลือกซื้อมาบริโภคด้วย ทั้งนี้ระดับหรือความเข้มของรสขมขึ้นอยู่กับชนิดสายพันธุ์พืช ระยะการสุก-แก่ กระบวนการแปรรูป รวมไปถึงกระบวนการเก็บรักษา ในอุตสาหกรรมอาหารพยายามมองหาโครงสร้างของสารรสขม การตอบรับความต้องการเกี่ยวกับรสชาติในอาหารของผู้บริโภคที่ไม่ชอบรสขม ดังนั้นอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ต้องกำจัดสารในกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ไอโซฟลาโวน เทอร์พีน และแทนนินออกจากอาหาร มีความพยายามเพิ่มศักยภาพในการกำจัดรสขมของสารพฤกษเคมี กระทั่งรวมไปถึงการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้รสขมน้อยที่สุด ตัวอย่างเช่น กะหล่ำดาวมีสารให้รสขมซินิกรินและโปรโกอิทรินซึ่งไม่ได้มีผลดีใด ๆ ต่อสุขภาพอย่างชัดเจนแต่ให้รสขมมากไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และนอกเหนือจากรสขมยังมีรายงานว่าหากมีสารโปรโกอิทรินในปริมาณมากจะส่งผลต่อการเกิดโรคผื่นภูมิแพ้ผิวหนัง นักวิทยาศาสตร์การอาหารยังมีการถกเถียงว่าควรมีการตัดต่อสายพันธุ์พืชตระกูลกะหล่ำเพื่อให้ไม่มีสารรสขมโปรโกอิทรินหรือลดความเข้มข้นของสารซินิกริน ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกที่จะบริโภคพืชตระกูลกะหล่ำของผู้บริโภค เนื่องจากรสขมของพืชผักทำให้ผู้บริโภคหลีกเลี่ยงที่จะรับประทาน ปัจจุบันกระแสดูแลสุขภาพโดยการเพิ่มการบริโภคพืชผักให้มากขึ้นกำลังมาแรง ดังนั้นจึงมีการพัฒนา

และปรับปรุงสายพันธุ์ให้พืชผักแต่ละชนิดนั้นมีสารพฤกษเคมีที่ให้ประโยชน์ต่อร่างกายมากขึ้นรวมทั้งต้องมีการลดความขมเพื่อให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคผักให้มากขึ้นด้วย การพัฒนาสายพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ให้มีรสขมลดลง รวมทั้งมีการปรับปรุงพันธุ์เพื่อลดสารกลูโคซิโนเลตในพืชเมล็ดน้ำมันเรพซีด (น้ำมันคาโนลา) และเมล็ดน้ำมัน *Crambe abyssinica* ได้สำเร็จ นอกจากนี้ยังมีรายงานการปรับปรุงพันธุ์พืชตระกูลซิตรัสให้ไม่มีสารลิโมนินจึงช่วยลดรสขมลงได้ กระบวนการสังเคราะห์สารพฤกษเคมีที่ให้รสขมเป็นรูปแบบการสร้างความคงทนต่อสภาวะแวดล้อมจากศัตรูพืชต่าง ๆ เช่น โรคพืช เชื้อจุลินทรีย์ แมลง รวมทั้งสัตว์กินพืชทั้งหลาย จึงเป็นการชี้ให้เห็นว่า พืชที่ถูกมนุษย์เลือกว่ามีรสชาติดีมักจะเป็นพืชไม่ทนโรค ไม่ทนแมลงนำไปสู่การผลิตสารสังเคราะห์หรือยาฆ่าแมลงมาใช้อยู่เสมอ โดยจะแตกต่างกับพืชที่มีรสขมมักจะทนโรคและแมลงจึงไม่ต้องมีการผลิตยาฆ่าแมลงมาใช้กับพืชกลุ่มนี้ สารรสขมหลาย ๆ ชนิดจะถูกทำลายไปในระหว่างกระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร โดยปกติแล้วการลดกลิ่นถั่วและรสขมจากถั่วเหลืองจะใช้ได้หลายวิธี เช่น ใช้ตัวทำละลาย การตกตะกอน การกรอง รวมทั้งการใช้เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งวิธีการหรือกระบวนการลดรสขมส่วนใหญ่จะเน้นออกแบบมาเพื่อลดทั้งเปปไทด์ที่ให้รสขมและลดสารออกซิไดส์ออกจากถั่วเหลืองด้วย แต่ก็จะเป็นการทำให้ไอโซฟลาโวนลดปริมาณลงไปด้วย ก่อนหน้านี้มีความพยายามในการผลิตอาหารเสริมจากโปรตีนถั่วเหลืองแต่พบว่ามักจะถูกข้อจำกัดจากรสชาติที่ไม่ถูกปากผู้บริโภค รสขมที่อยู่ในรูปของสารประกอบฟีนอลิกสามารถทำให้ลดลงได้หลายวิธี เช่น ถูกดูดซับด้วยเรซิน ถูกทำให้เกิดโครงสร้างแบบพอลิเมอร์หรือการต่อกันเป็นสายยาวซึ่งมีผลให้เกิดการตกตะกอน หรือถูกสกัดออกด้วยตัวทำละลาย รวมทั้งถูกทำให้เปลี่ยนเป็นสารที่ไม่มีรสขมได้ สารประกอบฟีนอลรวมทั้งแทนนินในไวน์ถูกกำจัดออกได้ด้วยหลายวิธีการ การกรองไวน์ด้วยโปรตีน เช่น ไข่ขาว เคซีน เจลาตินที่ได้จากปลา สามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลทำให้รสขมและรสฝาดในไวน์ลดลง แทนนินในไวน์สามารถถูกกำจัดโดยใช้เนื้อเยื่อโพลีไวนิลโพลีไพโรลิโดน การบ่มไวน์จะช่วยลดทั้งรสขมและรสฝาดลงได้เนื่องจากสารประกอบฟีนอลจะเกิดโครงสร้างแบบพอลิเมอร์หรือการต่อกันเป็นสายยาวซึ่งมีผลให้เกิดการตกตะกอนจึงสามารถลดได้ทั้งรสขมและรสฝาด ส่วนไวน์แดงที่ไม่ผ่านการบ่มส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำตาลจากองุ่นหลงเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 1-3 จึงสามารถช่วยลดรสขมและรสฝาดลงได้เช่นกัน การเติมน้ำตาลลงในไวน์ก็สามารถช่วยลดรสขมลงด้วย รสขมสามารถถูกปกปิดได้ด้วยสารหลายชนิด เช่น ไซโคเด็กซ์ตริน ซึ่งเป็นสารที่นิยมนำมาใช้ปกปิดรสขมในน้ำผลไม้ตระกูลซิตรัส เนื่องจากไซโคเด็กซ์ตรินเป็นที่นิยมใช้ในทางการค้าสามารถละลายฟลาโวนอยด์และปกปิดรสขมในน้ำผลไม้ตระกูลส้มได้ แต่ถึงแม้ฟลาโวนอยด์จะถูกปกปิดไว้แต่ไม่ได้หายไปจึงยังสามารถออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้ นอกจากนี้การให้ความร้อน การหมักดอง การเติมไขมัน น้ำตาล หรือเกลือก็เป็นวิธีการที่ช่วยลดรสขมในพืชลงได้[2]

บทสรุป

มนุษย์เราสามารถรับรู้รสขมและต่อต้านรสขมเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายที่อาจเอาสู่ร่างกายได้ เนื่องจากสารพิษหลายชนิดมีรสขม สารรสขมในพืชผักผลไม้เป็นสารที่พืชสร้างมาเพื่อป้องกันตัวเองจากอันตรายต่าง ๆ ทั้งผู้ล่าและเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคพืช สารรสขมในพืชมีมากมายหลายชนิดรวมทั้งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกายด้วย ซึ่งรสขมประโยชน์ต่อร่างกายนี้เป็นสิ่งที่ภาคอุตสาหกรรมอาหารตระหนักและมีความพยายามในการลดรสขมนั้นลง โดยเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกสายพันธุ์พืช กระบวนการแปรรูปรวมไปถึงการเก็บรักษา การนำความรู้เกี่ยวกับรสขมในอาหารไม่ว่าจะเป็นชนิดหรือปริมาณสารรสขมรวมทั้งแหล่งของสารรสขมนั้นสามารถนำข้อมูลมาใช้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่แก่ผู้บริโภคได้ โดยการผ่านกระบวนการลดรสขมลงเพื่อเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภคสามารถทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับผู้บริโภคภายใต้การระบุบนฉลากว่ามีรสขมน้อยลงได้และเป็นทางเลือกให้ผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีประโยชน์จากพืชได้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Meyerhof W. Elucidation of mammalian bitter taste. Rev Physiol Biochem. 2005;154:37-72.
2. Drewnowski A, Gomez-Carneros C. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. Am J Clin Nutr. 2000;72:1424-1435.
3. Behrens M, Meyerhof W. Bitter taste receptors and human bitter taste perception. Cell Mol Life Sci. 2006;63:1501-1509.
4. Ley JP. Masking bitter taste by molecules. Chem Percept. 2008;1:58-77.
5. Maehashi K, Huang L. Bitter peptides and bitter taste receptors: a review. Cell Mol Life Sci. 2009;66:1661-1671.
6. Higgins MJ, Hayes JE. Regional variation of bitter taste and aftertaste in humans. Chem Senses. 2019;44:721-732.
7. Nissim I, Dagan-Wiener A, Niv MY. The taste of toxicity: a quantitative analysis of bitter and toxic molecules. IUBMB Life. 2017;69(12):938-946.
8. Meyerhof W, Behrens M, Brockhoff A, Bufe B, Kuhn C. Human bitter taste perception. Chem Senses. 2005;30(suppl 1):i14-i15.
9. Zhao CJ, Schieber A, Gänzle MG. Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations – a review. Food Res Int. 2016;89:39-47.

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)