ISSN : 2821-9813 (Online)
ปีที่ 52 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2565
Vol. 52 No. 4 October - December 2022

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

บทความวิชาการ

- **ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช**
- **ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืชและคุณสมบัติเชิงหน้าที่**
- **มะรุม : โปรตีนพืชทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุ**
- **คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพของสารโปรไซยานิดินของโกโก้** กับประโยชน์ด้านสุขภาพ

เมนูคู่สุขภาพ

- **จากถั่วเหลืองสู่ถั่วเหลืองงอก**
  คุณประโยชน์ที่อยากบอก... "อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ"

JFRPD (online)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
INSTITUTE OF FOOD RESEARCH AND PRODUCT DEVELOPMENT
KASETSART UNIVERSITY

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่วิทยาการและเสนอข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีทางอาหาร วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ
2. ส่งเสริมการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น
3. เป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภค และหน่วยงานของรัฐ

Objectives

1. To distribute the publication in all areas of food science and technology, post harvest technology and nutrition.
2. To promote industrially innovative food processing of agricultural products.
3. To mediate food science information between food producers, entrepreneur consumers and government sectors.

สำนักงาน

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

Office

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

ที่ปรึกษา

ดร.พิศมัย ศรีชาเยช
อภิญญา จุฑางกูร
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย

Consultant

Dr. Phisamai Srichayet
Apinya Chudhangkura
Janpen Saengprakai

บรรณาธิการ

วนิดา เทวารุทธิ์ ชิติสรรค์กุล

Editor

Wanida Tewaruth Chitisankul

รองบรรณาธิการ

ดร.อรวรรณ ละอองคำ
ดร.วนิดา ปานอุทัย

Assistant-editor

Dr. Orawan La-ongkham
Dr. Wanida Pan-utai

กองบรรณาธิการ

ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ
ดร.สุมิตรา บุญบำรุง
ช่อลัดดา เที่ยงพุก
ดร.ศันสนีย์ อุดมระติ
กนกวรรณ ยอดอินทร์
ดร.นิพัฒน์ ลิ้มสงวน
วาสนา นาราศรี
ดร.นราพร พรหมไกรวร
พสธร ผ่องแผ้ว
ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์
ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน
ดร.อรไท สวัสดิชัยกุล

Editorial-board

Dr. Ladda Sangduean Wattanasiritham
Dr. Waraporn Prasert
Dr. Sumitra Boonbumrung
Chowladda Teangpook
Dr. Sunsanee Udomrati
Kanokwan Yodin
Dr. Nipat Limsangouan
Wassana Narasri
Dr. Naraporn Phomkaivon
Possathorn Pongpaew
Dr. Kanthida Wadeesirisak
Nuttawut Lainumngen
Dr. Orathai Sawatdichaikul

กองจัดการ

มณฑาทิพย์ ธรรมนิติโชค

Manager

Montatip Thammanitichok

วารสาร
วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สวัสดีค่ะ วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ฉบับนี้เป็นฉบับสุดท้ายของปี พ.ศ. 2565 ซึ่งใกล้เทศกาลส่งท้ายปีเก่าต้อนรับปีใหม่ ในโอกาสนี้ ขอมอบความปรารถนาดีให้ผู้อ่านทุกท่านมีความสุข สุขภาพแข็งแรง ไร้โรคภัยไข้เจ็บ เดินทางใกล้ไกลโดยสวัสดิภาพ กองบรรณาธิการขอขอบคุณท่านผู้อ่านและผู้เขียนบทความทุกท่าน ที่ได้มีส่วนร่วมให้วารสารได้ทำหน้าที่ในการเผยแพร่ข้อมูลองค์ความรู้ด้านอาหารและโภชนาการ เทคโนโลยีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อความกินดีอยู่ดีของประชาชน และช่วยขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารในประเทศ

ในฉบับนี้ขอนำเสนอบทความวิชาการจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ เรื่อง “ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช” กล่าวถึงแหล่งของพืชที่นิยมนำมาใช้ผลิต กระบวนการผลิต และปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับในผลิตภัณฑ์นมพืช เรื่อง “ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืชและคุณสมบัติเชิงหน้าที่” ว่าด้วยทิศทาง งานวิจัย และคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมัก เรื่อง “มะรุม : โปรตีนพืชทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุ” ให้ข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนาการของมะรุมเพื่อเป็นโปรตีนทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาของโรคไขมันในเลือดและโรคความดันโลหิตสูง และ เรื่อง “คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพของสารโปรไซยานิดินของโกโก้กับประโยชน์ด้านสุขภาพ” กล่าวถึงสารโปรไซยานิดินที่สกัดได้จากโกโก้มีฤทธิ์ทางชีวภาพอย่างไร และสุดท้ายขอนำเสนอเมนูคู่สุขภาพ เรื่อง “จากถั่วเหลืองสู่ถั่วเหลืองงอก คุณประโยชน์ที่อยากบอก...อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ” แนะนำเมนูอาหารจากถั่วเหลืองงอก ซึ่งทำง่ายและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ไปติดตามกันนะคะ

ท่านผู้อ่านสามารถติดตาม วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ได้ที่เว็บไซต์ https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/JFRPD และแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ผ่านแบบสอบถาม QR code หรืออีเมล fic.ifrpd@gmail.com เรายินดีรับคำแนะนำจากท่านตลอดเวลานะคะ เพื่อนำไปปรับปรุงและขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

แบบสอบถาม

ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย

ISSN : 2821-9813 (Online)
ปีที่ 52 ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม 2565
Vol. 52 No. 4 October - December 2022

วารสาร วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
Journal of Food Research and Product Development
JFRPD

สารบัญ

บทความวิชาการ

- **ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช** 5
  Plant-based alternative milk
  ณฐิฆา รอดขวัญ (Natita Rodkwan)

- **ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืชและคุณสมบัติเชิงหน้าที่** 14
  Fermented plant-based milk and functional properties
  ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์ (Dr. Kanthida Wadeesirisak)

- **มะรุม : โปรตีนพืชทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุ** 27
  Moringa oleifera : Alternative protein for elderly
  ดร.ซาฟียะห์ สะอะ (Dr. Safiah Saah)

- **คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพของสารโปรไซยานิดินของโกโก้** 36
  กับประโยชน์ด้านสุขภาพ
  Chemical and biological properties of procyanidins of cocoa
  and health benefits
  ดร.สมัชญา งามสุข (Dr. Samuchaya Ngamsuk)

เมนูคู่สุขภาพ

- **จากถั่วเหลืองสู่ถั่วเหลืองงอก คุณประโยชน์ที่อยากบอก...** 50
  "อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ"
  Benefits of soybean sprout from soybean seeds, the alternative food for health
  ญาธิปวีร์ ปักแก้ว (Yathippawi Pakkaew)

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน 58

วิชาการ

ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช

Plant-based alternative milk

ณฐิฆา รอดขวัญ (Natita Rodkwan)

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป (Department of Food Processing and Preservation)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- พืชที่นิยมนำมาใช้ผลิตนมทางเลือก
- กระบวนการผลิตนมทางเลือกจากพืช
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช

Highlights

- Types of plant for alternative milk production
- plant-based milk producing process
- Effecting factors on quality and acceptability of plant-based alternative milk

บทคัดย่อ

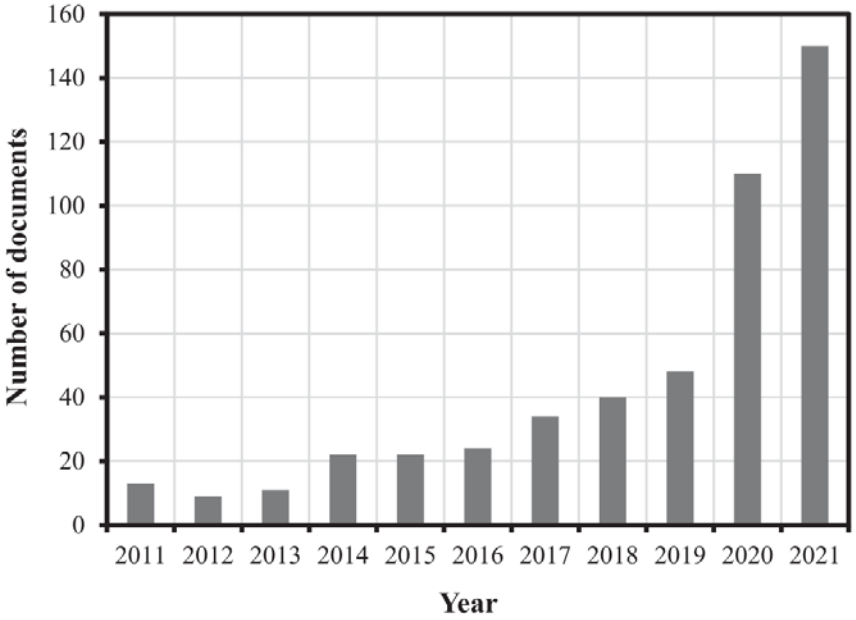
ในปัจจุบันนมพืชทางเลือกมีวางจำหน่ายในท้องตลาดอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัวและผู้บริโภคที่รับประทานมังสวิรัติ ซึ่งพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมีหลากหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ข้าวโอ๊ต งา อัลมอนด์ ควินัว และจากถั่วต่าง ๆ เป็นต้น ผลิตภัณฑ์นมพืชมีการพัฒนาทั้งทางด้านกระบวนการผลิต การนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการผลิตเพื่อพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีเพื่อทดแทนนมวัว รวมถึงพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความคงตัว และเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามการนำพืชมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นมทางเลือกอาจมีข้อจำกัด เช่น สี กลิ่น และองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ยังไม่ใกล้เคียงกับนมวัว รวมถึงอาจมีการแพ้ถั่วเหลืองในผู้บริโภคบางกลุ่ม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและเลือกใช้พืชในการผลิตนมทางเลือกให้เหมาะสม

คำสำคัญ : นมทางเลือกจากพืช การแพ้โปรตีนจากนมวัว กระบวนการผลิตนมทางเลือกจากพืช

Keywords : plant-based alternative milk, cow's milk protein allergy, plant- based milk producing process

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการรับประทานอาหารที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น กระแสการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มจากพืช (plant-based) ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคมีพฤติกรรมสนใจอาหารที่ทำจากพืช ผัก ผลไม้ ธัญพืชและถั่วต่าง ๆ สำหรับผลิตภัณฑ์นมจากพืชได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยพบว่า จำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับ plant-based milk ในฐานข้อมูล Scopus ในปี ค.ศ. 2011-2021 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1 เนื่องจากมีกลุ่มผู้บริโภคที่มีปัญหาการแพ้โปรตีนจากนมวัว (cow's milk protein allergy) และผู้บริโภคบางกลุ่มไม่สามารถย่อยน้ำตาลแล็กโทสในนมวัวได้ (lactose intolerant) จากปัญหาดังกล่าวจึงเป็นข้อจำกัดในการดื่มนมวัว ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์นมจากพืชจึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับทั้งผู้บริโภคที่แพ้นมวัวและผู้บริโภคที่รับประทานมังสวิรัติ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์นมจากพืชหลากหลายชนิด ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโอ๊ต น้ำนมมะพร้าว เป็นต้น



รูปที่ 1 จำนวนงานวิจัยในฐานข้อมูล Scopus สำหรับการค้นหาคำว่า plant-based milk
ที่มา : Bocker and Silva (2022)

พืชที่นิยมนำมาใช้ผลิตนมทางเลือก

ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกมีการผลิตจากวัตถุดิบหลากหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ข้าว ข้าวโอ๊ต งา อัลมอนด์ มะพร้าว ควินัว และจากถั่วต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์นมจากพืชแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 1 การผลิตนมจากพืชมีการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความคงตัวและมีสารอาหารต่าง ๆ ใกล้เคียงกับนมวัว พืชที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. ธัญพืช (cereal based)

ธัญพืชที่นิยมนำมาใช้ เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าว และข้าวโพด โดยข้าวเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีและมีประโยชน์ มีทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโนจำเป็น วิตามินและแร่ธาตุ เช่น วิตามินอี ฟอสฟอรัส

โพแทสเซียม และแมกนีเซียม โดยข้อดีของการใช้ข้าวคือได้ผลิตภัณฑ์นมที่ปราศจากกลูเตน เมื่อนำข้าวมาผลิตเป็นน้ำนมมักจะพบปัญหาการแยกชั้นเนื่องจากมีสตาร์ชในปริมาณสูง จึงต้องมีการใช้เอนไซม์เพื่อย่อยสตาร์ช โดยนิยมใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (alpha-amylase) บีตา-อะไมเลส (beta-amylase) (Amagliani *et al*., 2017)

2. พืชตระกลูถั่ว (legume based)

พืชตระกลูถั่วที่นิยมใช้ คือ ถั่วเหลือง ซึ่งประกอบด้วยสารอาหาร คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และพบกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น linoleic acid (18:2) และ linolenic acid (18:3) นมถั่วเหลืองมีสารพฤกษเคมี (phytochemicals) เช่น ไอโซฟลาโวน (isoflavones) ซาโปนิน (saponins) และกรดไฟติก (phytic acid) ปัจจุบันนมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้เป็นที่นิยมดื่มกันทั่วไป เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงนมวัว และยังคงมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเติมแคลเซียมเพื่อให้คุณค่าทางโภชนาการเทียบเท่ากับนมวัว นอกจากนี้นมถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำอาหารจากพืช (plant-based diet) เช่น การใช้ทดแทนไข่ในการทำมายองเนส เป็นต้น

3. ถั่วเปลือกแข็ง (nut based)

พืชกลุ่มถั่วเปลือกแข็งที่นิยมใช้ เช่น เฮเซลนัท (hazelnut) ถั่วบราซิล (brazil nut) อัลมอนด์ (almond) เม็ดมะม่วงหิมพานต์ (cashew nut) สำหรับในปัจจุบันนมอัลมอลด์ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงมีการผลิตเป็นนมทางเลือกจากพืชเพื่อทดแทนนมวัววางขายอย่างแพร่หลายในยุโรป ในเมล็ดอัลมอนด์มีไขมันประมาณ 35-52% โปรตีน 22-25% มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) และมีกรดอะมิโนจำเป็น นอกจากนี้ประกอบด้วยแคลเซียม แมกนีเซียม ซีลิเนียม โพแทสเซียม ไฟเบอร์ วิตามินอีและสารต้านอนุมูลอิสระ (Maria and Victoria, 2018) ในน้ำนมจากเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) ประมาณ 70% โดยมีทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid) และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) มีประโยชน์ต่อร่างกายคือสามารถช่วยลดคอเลสเตอรอลชนิดแอลดีแอล (LDL cholesterol) และเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิดเอชดีแอล (HDL cholesterol) (Amorim *et al*., 2018)

4. กลุ่มเมล็ดพืช (seed based)

ในกลุ่มเมล็ดพืชนิยมใช้งาและเมล็ดทานตะวันสำหรับงาเป็นแหล่งโปรตีน น้ำมัน วิตามินและเกลือแร่ที่ดี รวมถึงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง (Hassan *et al*., 2012) งามีไขมันประมาณ 37% โดยมีกรดไขมันที่มีประโยชน์ เช่น palmitic acid (16:0), stearic acid (18:0), oleic acid (18:1) และ linoleic acid (18:2) มีโปรตีนประมาณ 47% ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น lysine นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของแคลเซียม ธาตุเหล็ก และสังกะสี ส่วนของเปลือกหุ้มเป็นแหล่งของวิตามินบีรวม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างนมถั่วเหลืองและนมงา (sesame milk) พบว่า นมงามีข้อจำกัดในการบริโภคน้อยกว่า เนื่องจากการดื่มนมงาไม่ส่งผลต่อสภาวะท้องอืดท้องเฟ้อและมีการแพ้ที่น้อยกว่าถั่วเหลือง รวมถึงไม่มีกลิ่นเหม็นเขียวและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า (Fitrotin *et al.,* 2015; Sethi *et al.,* 2016)

5. กลุ่มหญ้าที่ไม่ใช่ธัญพืช (pseudocereal based)

กลุ่มหญ้าที่ไม่ใช่ธัญพืชเป็นพืชที่ผลและเมล็ดสามารถนำมาผลิตแป้งได้ เช่น บักวีท (buckwheat) เจีย (chia) และควินัว (quinoa) โดยควินัวเป็นแหล่งโปรตีน มีกรดอะมิโนจำเป็น เช่น methionine, cysteine และ lysine ควินัวเป็นแหล่งโปรตีนที่ปราศจากกลูเตนจึงสามารถนำไปใช้กับอาหารสำหรับคนที่แพ้กลูเตนได้ ควินัวประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประมาณ 32-69% มีไขมันประมาณ 5% ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เช่น linoleic acid (18:2), oleic acid (18:1) เป็นต้น (Vilcacundo and Hernández-Ledesma, 2017) เนื่องจากควินัวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งจึงมีการใช้เอนไซม์ย่อยแป้งก่อนนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่ม ข้อจำกัดของควินัวคือมีความขมจากสารซาโปนิน (saponins) ซึ่งอาจส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์นมจากพืชแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์นมวัว

Type of milk (per serving of 240 ml)	Calories (g)	Protein (g)	Fat (g)	Carbohydrates (g)	Dietary fibres (g)	Calcium (% daily value)	Iron (% daily value)	Vitamin A (% daily value)
Soy milk (Silk)	80	7	4	4	1	30	–	10
Quinoa milk (Ecomil)	104	4.5	6	9	–	–	–	–
Rice milk (Pacific)	130	1	2	27	0	30	6	10
Oat milk (Oatly)	80	2.5	4	16	2	15	0	10
Sesame milk (Ecomil, with agave syrup)	140	1.5	6	16.5	0.5	–	–	–
Almond milk (Silk)	40	1	3	2	1	20	2	10
Coconut milk (Silk)	80	<1	5	7	0	45	4	10
Hemp milk (Living harvest)	70	2	6	1	0	30	6	10
Hazelnut milk (Ecomil)	124	1.4	6	14	–	–	–	–
Multigrain milk (Pacific Organic 7 grain milk)	140	3	2	27	1	35	8	15
Cow's milk (Amul Gold standardized UHT milk)	168	8	10	11	–	338 mg	1.25 µg	168 µg

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sethi *et al*. (2016)

ผลิตภัณฑ์นมจากพืชแต่ละชนิดมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) และประโยชน์ต่อสุขภาพที่แตกต่างกัน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบ เช่น ไอโซฟลาโวน สารประกอบฟีนอล เบต้า-กลูแคน เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืชมีประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ ช่วยลดคอเลสเตอรอล ช่วยเกี่ยวกับโรคหัวใจและหลอดเลือด ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน รวมถึงมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) เพื่อเป็นอาหารให้กับจุลินทรีย์ดีในลำไส้ (probiotic) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและประโยชน์ต่อสุขภาพของนมทางเลือกจากพืชแต่ละชนิด

ผลิตภัณฑ์นมพืช	**สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ**	**ประโยชน์ต่อสุขภาพ**
Soy milk	Isoflavones Phytosterols	Protective effect against cancer, cardiovascular disease, and osteoporosis Cholesterol lowering properties
Peanut milk	Phenolic compounds	Protective role against oxidative damage and diseases like coronary heart disease, stroke, and various cancers
Oat milk	β-glucan	Increases solution viscosity and can delay gastric emptying time, increases gastrointestinal transit time which are associated with their

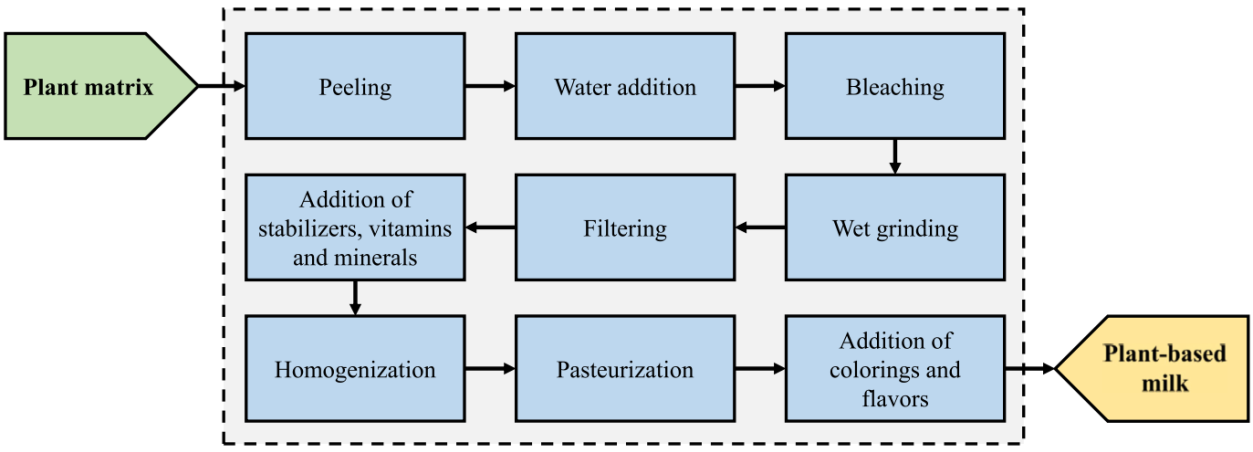
ตารางที่ 2 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและประโยชน์ต่อสุขภาพของนมทางเลือกจากพืชแต่ละชนิด (ต่อ)

ผลิตภัณฑ์นมพืช	สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	ประโยชน์ต่อสุขภาพ
		reduced blood glucose level, hypocholesterolemic effect by reducing total and LDL cholesterol
Sesame milk	lignans such as sesamin, sesamolin, sesamino	Neutraceutical properties such as antioxidative, hypocholesterolemic, anticarcinogenic, antitumor, and antiviral activities
Almond milk	Alpha-tocopherol Arabinose	Powerful antioxidant which plays a critical role in protecting against free-radical reactions Prebiotic properties
Coconut milk	Lauric acid	Promotes brain development, boosts immune system and maintains the elasticity of the blood vessels

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sethi *et al*. (2016)

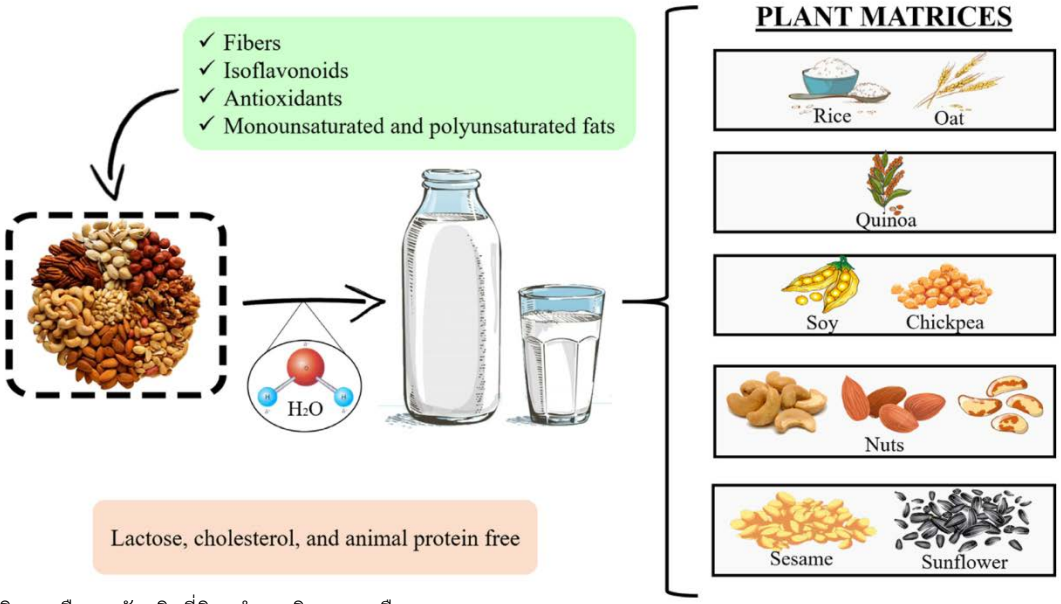
กระบวนการผลิตนมทางเลือกจากพืช

กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นมจากพืชมีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 2 โดยเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบที่ใช้ ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้พืชหลากหลายชนิด เช่น ถั่วและธัญพืชต่าง ๆ โดยเริ่มจากการปอกเปลือกวัตถุดิบและบดเพื่อลดขนาดให้เล็กลง เป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสทำให้สกัดได้ดีขึ้น และมีการลวก (bleaching) เพื่อลดเชื้อจุลินทรีย์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นเหม็นเขียวในถั่วเหลือง (Aydar *et al*., 2020) สำหรับพืชบางชนิด เช่น งาและควินัวจะมีการนำไปคั่วก่อนเพื่อเพิ่มกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (Giri and Mangaraj, 2012) หลังจากนั้นทำการกรองและเติมส่วนผสมต่าง ๆ เช่น สารให้ความคงตัว วิตามินและเกลือแร่ หรือสารต่าง ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ต่อมาเป็นขั้นตอนการโฮโมจิไนซ์ (homogenization) ซึ่งเป็นขั้นตอนในการทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว ไม่แยกชั้นและเป็นเนื้อเดียวกัน (Maghsoudlou *et al*., 2016) ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน โดยวิธีที่นิยมส่วนใหญ่เป็นการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีวิธีในการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายวิธี เช่น การใช้ความดันสูง (high-pressure processing) การใช้พัลส์สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (pulsed electric fields) เป็นต้น (Munekata *et al*., 2020)



รูปที่ 2 ขั้นตอนในการผลิตผลิตภัณฑ์นมจากพืช
ที่มา : Bocker and Silva (2022)

สำหรับผลิตภัณฑ์นมจากพืชบางชนิดอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณโปรตีน ปริมาณกรดอะมิโน แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการผลิตสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ได้ เช่น การเพิ่มวิตามินและเกลือแร่ต่าง ๆ หรือสามารถใช้วัตถุดิบจากพืชที่หลากหลายมากขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณกรดอะมิโนและสารอาหารต่าง ๆ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ไฟเบอร์ ไอโซฟลาโวน เป็นต้น (Silva *et al*., 2020) แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชนิดของพืชและวัตถุดิบที่นิยมนำมาผลิตนมจากพืช
ที่มา : Bocker and Silva (2022)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช

เนื่องจากผลิตภัณฑ์นมทางเลือกผลิตจากวัตถุดิบที่หลากหลายชนิด จึงอาจมีข้อจำกัดในการเลือกใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน รวมถึงการเลือกวิธีการผลิตและเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุดิบชนิดนั้น ๆ โดยข้อจำกัดของพืชแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 3 กรรมวิธีการผลิตและเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ซึ่งมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วย โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์มีดังนี้

ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (product stability)

ความคงตัวของผลิตภัณฑ์นมจากพืชขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาค หากมีอนุภาคขนาดใหญ่อาจเกิดการแยกชั้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน การลดขนาดของอนุภาคสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวได้ โดยมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้เครื่องบดเปียก (colloid mill) ในการเตรียมนมถั่วเหลืองและนมถั่วชนิดต่าง ๆ การใช้เทคโนโลยี Ultrahigh pressure homogenization (UHPH) เพื่อลดขนาดและทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ของเหลว โดยจากงานวิจัยของ Cruz *et al*. (2007) ทดลองใช้ UHPH ที่แรงดัน 200 และ 300 MPa ในการผลิตผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองพบว่า นอกจากช่วยลดขนาดอนุภาคของผลิตภัณฑ์แล้วยังเป็นการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคอีกด้วย

การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ของผลิตภัณฑ์ (removal of off-flavor)

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของโปรตีนและเป็นพืชที่นิยมนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์นมจากพืช แต่เนื่องจากถั่วเหลืองมีกลิ่นเฉพาะซึ่งมีผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค ซึ่งถั่วเหลืองมักมีกลิ่นเหม็นเขียวหรือกลิ่นที่เรียกว่า beany flavor โดยทั่วไปมักมีการแก้ปัญหาด้วยการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenases ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีผลต่อการเกิดกลิ่นเขียว หรือมีการเติมสารแต่งกลิ่นจากธรรมชาติ สารแต่งกลิ่นสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าความเป็นกรดด่าง (pH) มีผลต่อกลิ่นถั่วที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavor) นอกจากนี้ยังมีวิธีการต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 ที่ช่วยในการลดปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นถั่ว

การลดสารยับยั้งเอนไซม์ (decreasing enzyme inhibitors)

พืชในตระกูลถั่วจะมีสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin) ในปริมาณสูงกว่าพืชชนิดอื่น โดยส่วนที่พบสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินมากที่สุดคือเมล็ด ซึ่งสารนี้จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซินในทางเดินอาหารทำให้มีการย่อยและการดูดซึมโปรตีนได้น้อยลง ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนในการลดปริมาณสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการลดสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน เช่น การให้ความร้อน ความชื้น และระยะเวลาในการเตรียมตัวอย่าง โดยมีงานวิจัยของ Yuan *et al*. (2008) ศึกษาผลการยับยั้งเอนไซม์ทริปซินในถั่วเหลืองโดยการใช้ไอน้ำ การลวก และการให้ความร้อนแบบยูเอชที (UHT) พบว่าการใช้ไอน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ทำให้มีสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินคงเหลืออยู่ 13% ส่วนการลวกสามารถลดสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินได้ 25-50% และการให้ความร้อนแบบยูเอชทีทำให้มีสารยับยั้งเอนไซม์ทริปซินคงเหลืออยู่ 10%

อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (shelf life)

ผลิตภัณฑ์นมจากพืชเป็นแหล่งของสารอาหารที่มีคุณประโยชน์ และยังเป็นแหล่งอาหารที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ จึงต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนเป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อช่วยทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียรวมถึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อีกด้วย แต่การให้ความร้อนที่มากเกินไปอาจทำลายโครงสร้างของวิตามินและกรดอะมิโนในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นจึงต้องเลือกระดับอุณหภูมิและเวลาให้เหมาะสม เช่น การให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์ อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส การฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที และการฆ่าเชื้อแบบยูเอชที อุณหภูมิ 135-150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วินาที ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรส์จำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ต้องแช่ตู้เย็น (4-8 °C) ในขณะการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์และการฆ่าเชื้อแบบยูเอชทีสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องได้ กระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (thermal) นิยมนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองและนมถั่วต่าง ๆ แต่เป็นข้อจำกัดสำหรับพืชบางชนิดที่มีแป้งในปริมาณสูง เช่น ข้าวโอ๊ต ข้าว ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการเลือกใช้ทั้งกระบวนการฆ่าเชื้อที่ใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน (non-thermal) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพทั้งทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสที่ดีขึ้น รวมถึงเพื่อช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ กระบวนการฆ่าเชื้อที่ไม่ใช้ความร้อน เช่น กระบวนการ high-pressure (HPP), ultra high pressure homogenization (UHPH) และ pulsed electric field (Cruz *et al*. 2007)

ตารางที่ 3 ข้อจำกัดและเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตภัณฑ์นมจากพืช

ผลิตภัณฑ์นมพืช	ข้อจำกัด	เทคโนโลยีที่ใช้แก้ปัญหา
soy milk	beany flavor due to action of lipoxygenase on unsaturated fatty acids presence of inhibitors	vacuum treatment at high temperature, hot grinding, blanching in boiling water, alkaline soaking, use of soy protein isolates, addition of flavouring compounds denaturation and inactivation by heat
peanut milk	beany flavor	defatting, roasting, alkali soaking, steaming
rice milk	poor emulsion stability due to high starch content	enzymatic hydrolysis of starch by alpha and beta amylase or glucosidase
oat milk	poor emulsion stability due to high starch content	enzymatic hydrolysis of starch by alpha and beta amylase

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sethi *et al*. (2016)

บทสรุป

ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืชเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มตลาดอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัวและผู้บริโภคที่รับประทานมังสวิรัติ ซึ่งนมพืชที่มีวางขายในปัจจุบัน เช่น นมถั่วเหลือง นมข้าว นมข้าวโอ๊ต นมงา นมอัลมอนด์ นมมะพร้าว นมควินัว และนมจากถั่วต่าง ๆ เป็นต้น ในอนาคตคาดว่าความต้องการผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้มีแนวโน้มที่สูงขึ้น และอาจมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมากขึ้นเพื่อพัฒนาทั้งทางด้านกระบวนการผลิตหรือการนำเทคโนโลยีการฆ่าเชื้อต่าง ๆ ทั้งแบบที่ใช้ความร้อนและไม่ใช้ความร้อน มาใช้ในการผลิตเพื่อพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์จากพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีสามารถทดแทนผลิตภัณฑ์จากนมวัวได้ รวมถึงพัฒนาลักษณะปรากฏ ลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่นรส ความคงตัวและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

Amagliani L, O'Regan J, Kelly AL and O'Mahony JA. 2017. The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. Trends in Food Science & Technology. 64 : 1-12.

Amorim M, Pereira JO, Silva LB, Ormenese RCSC, Pacheco MTB and Pintado M. 2018. Use of whey peptide fraction in coated cashew nut as functional ingredient and salt replacer. Food Science and Technology. 92 : 204-211.

Aydar EF, Tutuncu S and Ozcelik B. 2020. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. Journal of Functional Foods. 70 : 103975.

Bocker R and Silva EK. 2022. Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. Future Foods. 5 : 100098.

Cruz N, Capellas M, Hernández M, Trujillo AJ, Guamis B and Ferragut V. 2007. Ultra high pressure homogenization of soymilk: microbiological, physicochemical and microstructural characteristics. Food Research International. 40 : 725-732.

Fitrotin U, Utami T, Hastuti P and Santoso U. 2015. Antioxidant properties of fermented sesame milk using lactobacillus plantarum Dad 13. International Research Journal of Biological Sciences. 4(6) : 56-61.

Giri SK and Mangaraj S. 2012. Processing influences on composition and quality attributes of soymilk and its powder. Food Engineering Reviews. 4(3) : 149-164.

Hassan AA, Aly MMA and El-Hadidie ST. 2012. Production of cereal-based probiotic beverages. World Applied Sciences Journal. 19(10) : 1367-1380.

Maghsoudlou Y, Alami M, Mashkour M and Shahraki MH 2016. Optimization of ultra-sound-assisted stabilization and formulation of almond milk. Journal of Food Processing and. Preservation. 40(5) : 828-839.

Maria MF and Victoria AT. 2018. Influence of processing treatments on quality of vegetable milk from almond (*Terminalia catappa*) kernels. Acta Scientific Nutritional Health. 2(6) : 37-42.

Munekata PES, Domínguez R, Budaraju S, Roselló-Soto E, Barba FJ, Mallikarjunan K, Roohinejad S and Lorenzo JM. 2020. Effect of innovative food processing technologies on the physicochemical and nutritional properties and quality of non–dairy plant-based beverages. Foods. 9(3) : 288.

Sethi S, Tyagi SK and Anurag RK. 2016. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. Journal of Food Science and Technology. 53(9) : 3408–3423.

Silva ARA, Silva MMN and Ribeiro BD. 2020. Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. Food Research. International. 131 : 108972.

Vilcacundo R and Hernández-Ledesma B. 2017. Nutritional and biological value of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). Current Opinion in Food Science. 14 : 1-6.

Yuan S, Chang SKC, Liu Z and Xu B. 2008. Elimination of trypsin inhibitor activity and beany flavor in soy milk by consecutive blanching and ultrahigh-temperature (UHT) processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56(17) : 7957-7963.

วิชาการ

ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืชและคุณสมบัติเชิงหน้าที่

Fermented plant-based milk and functional properties

ดร.กานต์ธิดา วดีศิริศักดิ์ (Dr. Kanthida Wadeesirisak)

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ (Department of Applied Microbiology)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- น้ำนมทางเลือกจากพืช
- ทิศทางและงานวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืช
- คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืช

Highlights

- Plant-based alternative milk
- Trend of fermented plant-based milk research
- Functional property of fermented plant-based milk product

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันโปรตีนทางเลือกกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะโปรตีนจากพืช ทำให้เกิดการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมในอุตสาหกรรมอาหารที่มุ่งเน้นการศึกษากลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเชิงหน้าที่ (functional beverage products) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้น้ำนมจากพืชที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำนมวัวหรือน้ำนมสัตว์ ซึ่งเหมาะกับผู้บริโภคที่มีอาการแพ้โปรตีน แพ้น้ำตาลแล็กโทส รวมถึงปัญหาอื่นที่มักพบในกลุ่มผู้บริโภคนมวัว เช่น ท้องอืด ท้องเสีย เป็นต้น ทำให้ผู้บริโภคมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการเลือกผลิตภัณฑ์อาหารมากขึ้น น้ำนมจากพืชหมักด้วยจุลินทรีย์ (fermented plant-based milks) เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย สืบเนื่องจากผู้บริโภคให้ความสำคัญกับอาหารและคำนึงถึงคุณประโยชน์ของอาหารที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดี คุณค่าทางโภชนาการของน้ำนมจากพืชอาจมีไม่ครบถ้วนเท่ากับนมวัว จึงมีการศึกษาการนำน้ำนมจากพืชมาผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์เพื่อเพิ่มสมบัติเชิงหน้าที่ต่าง ๆ แต่ยังมีข้อจำกัดเรื่องรสชาติจึงต้องมีการพัฒนาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคซึ่งถือเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในแง่ของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ น้ำนมจากพืชที่นิยมนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จากพืช ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมอัลมอนด์ น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโอ๊ต และน้ำนมจากมะพร้าว โดยผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืชแต่ละชนิดนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการ สมบัติทางเคมีกายภาพ และคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน

ไปตามชนิดของพืช กระบวนการหมักและชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งการศึกษาวิจัยผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืชนั้นต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาการและคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นที่ผู้บริโภคจะได้รับด้วย

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมพืช กระบวนการหมัก อาหารเชิงหน้าที่ โพรไบโอติก พรีไบโอติก
Keywords : fermented plant-based milk product, fermentation, functional food, probiotic, prebiotic

บทนำ

โดยทั่วไปแล้วผู้บริโภคจะพิจารณาอาหารตามหลักโภชนาการที่ควรได้รับรวมถึงวิตามินและแร่ธาตุตามความต้องการของผู้บริโภคที่มีความแตกต่างกันตามเพศและวัย แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคคำนึงถึงสุขภาพมากขึ้นทำให้ในแวดวงอุตสาหกรรมอาหารมีการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ที่เป็นมากกว่าอาหารทั่วไป ทำให้เกิดกระแสความนิยมอาหารเพื่อสุขภาพ เช่น functional foods, super foods และ enriched foods เพื่อตอบสนองและดึงดูดความสนใจแก่ผู้บริโภคที่มีความต้องการอาหารพิเศษเหล่านี้ (Beltr *et al.*, 2016) ส่งผลดีต่อผู้บริโภคและภาคอุตสาหกรรมอาหาร ทำให้เกิดการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค (Küster and Capilla, 2017)

เมล็ดธัญพืช (seed grains) เป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่นิยมใช้เป็นส่วนประกอบอาหารทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ (Silagadze *et al.*, 2017) สาเหตุที่ผู้บริโภคเลือกใช้โปรตีนจากพืชอาจเพราะปัจจุบันพบสาเหตุการเกิดโรคจากวิถีการใช้ชีวิต สภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไป รวมถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจ ทำให้น้ำนมจากพืชได้รับความนิยมมากขึ้น ผู้บริโภคมีความพยายามในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคให้เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มที่มีอาการแพ้นมวัว กลุ่มที่หลีกเลี่ยงอาหารที่มีคอเลสเตอรอล และกลุ่มที่ต้องการอาหารที่ให้พลังงานต่ำ (Palmett, 2017) รวมถึงกลุ่มคนที่มีปัญหาด้านสุขภาพ มีปัญหาการย่อยน้ำตาลแล็กโทสและแพ้โปรตีนจากนมวัว (Espin *et al.*, 2019)

น้ำนมจากพืช

โดยทั่วไปแล้วนมวัวถือเป็นแหล่งโปรตีนพื้นฐานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก โดยเฉพาะจำนวนประชากรโลก ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนอาหาร สินค้าราคาแพง รวมถึงการเกิดอาการไม่พึงประสงค์หรือการแพ้นมวัว จึงมีการศึกษาแหล่งโปรตีนจากน้ำนมจากพืช ทั้งที่ได้จากเมล็ดพืช ผลหรือส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มีความคล้ายกับนมจากสัตว์เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกอีกทางหนึ่ง

ช่วงทศวรรษสุดท้ายของศตวรรษที่ 20 มีการกล่าวถึงน้ำนมจากพืชชนิดแรกที่ได้รับความสนใจ คือ น้ำนมถั่วเหลือง (soy milk) (Stall, 2017) CODEX Alimentarius ให้คำจำกัดความของคำว่า นม (milk) คือ น้ำนมที่ได้จากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยการรีดนมและไม่มีการเติมหรือการสกัดใด ๆ เพื่อใช้บริโภคในฟาร์มหรือนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปต่อไป Royal Spanish Academy ให้คำจำกัดความของน้ำสีขาวที่ได้จากพืชบางชนิด จากผลหรือเมล็ดพืชนั้นว่า น้ำนมเช่นกัน (RAE, 2019) จึงมีการให้คำจำกัดความของคำว่า น้ำนมพืช คือ สารอิมัลชัน (emulsion) ที่ได้จากการสกัดหรือเจือจางส่วนของพืช เมล็ดพืช หรือผลของพืช (Dávila, 2017; Haraguchi *et al.*, 2019) มีการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของของแข็งที่แขวนลอย

ในของเหลวที่มีลักษณะคล้ายนมวัว (Mäkinen *et al*., 2016) การอ้างอิงถึงการระบุรายละเอียดในผลิตภัณฑ์อาหารหรือการโฆษณาควรให้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องและเข้าใจตรงกันกับผู้บริโภค สร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่มาจากน้ำนมพืช ส่วนข้อมูลทางโภชนาการของนมวัวและน้ำนมพืชมีความแตกต่างกัน โดย USDA (2020) ให้ข้อมูลไว้ดังตารางที่ 1 ซึ่งน้ำนมพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับนมวัว ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมอัลมอนด์ น้ำนมข้าวโอ๊ต น้ำนมข้าว และน้ำนมมะพร้าว (กะทิ) แต่รสชาติของน้ำนมพืชนั้นมีความแตกต่างจากนมวัว ซึ่งปัจจุบันพบน้ำนมจากพืชเหล่านี้มีจำหน่ายทางการค้าแล้ว (Plana and De Lecuona, 2017)

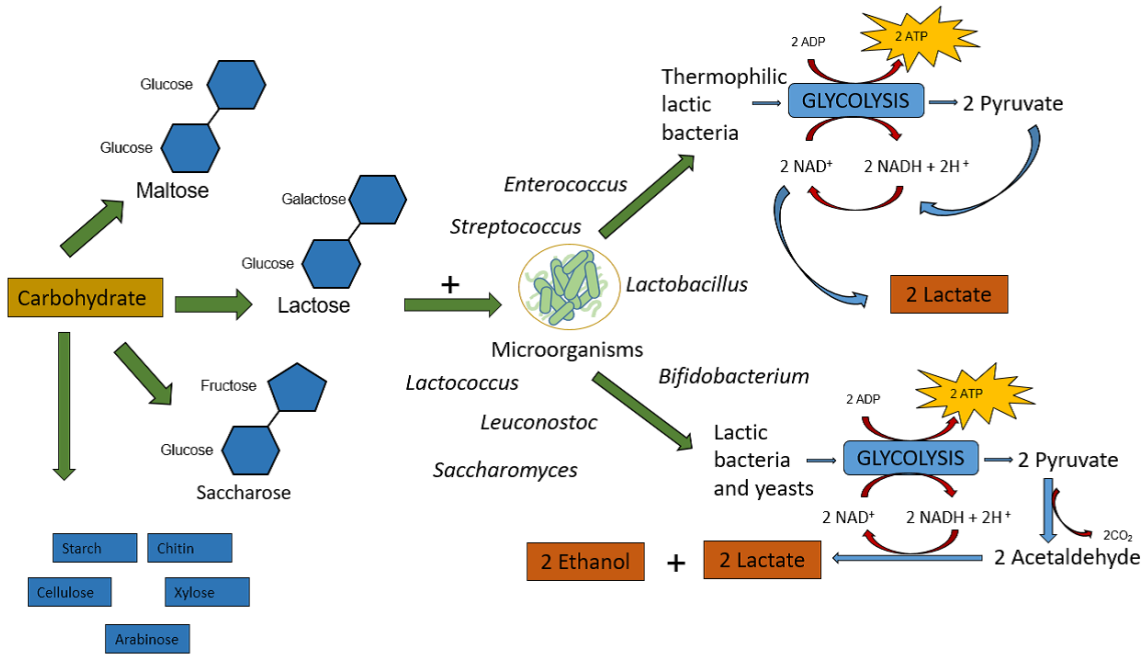
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบข้อมูลทางโภชนาการของนมวัวและน้ำนมจากพืช

แหล่งน้ำนม	องค์ประกอบ					
	น้ำ (กรัม)	แคลอรี (กิโลแคลอรี)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ใยอาหาร (กรัม)	โปรตีน (กรัม)
นมวัว	88.13	61	3.25	4.8	0	3.15
ถั่วเหลือง	90.36	43	1.47	4.92	0.2	2.6
อัลมอนด์	93	41	3.73	1.24	0.8	1.66
ข้าวโอ๊ต	88	43	0.12	10.64	0.2	0.25
ข้าว	89.28	47	0.97	9.17	0.3	0.28
มะพร้าว	67.62	19	24	3.8	2.2	2.3

ที่มา : USDA (2020)

ผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมัก

กระบวนการหมักที่ทำให้เกิดกรดแล็กติก (lactic acid fermentation) ในอาหารจากพืชเป็นที่รู้จักกันมานาน (Olveira and González, 2016) จนกระทั่งปัจจุบันยังคงมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะกระบวนการหมักน้ำนมจากพืชที่อุดมไปด้วยใยอาหารที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สามารถปรับปรุงและส่งเสริมคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ ที่ดีขึ้นภายหลังผ่านกระบวนการหมัก (Santos *et al*., 2019) นมหมักได้จากกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแล็กติก (lactic acid bacteria) ซึ่งโพรไบโอติก (probiotic) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ดี สามารถเจริญเติบโตในอาหารที่มีน้ำตาล hexose และ pentose สามารถผลิตกรดแล็กติกออกมาระหว่างกระบวนการหมัก รวมถึงมีการสร้างสารเมตาบอไลต์ (metabolite) เช่น acetaldehyde และ diacetyl ทำให้เกิดกลิ่นรสที่จำเพาะ มีการผลิตกรดแล็กติกทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วง 3.8-4.0 การเกิดกรดแล็กติกนี้มีส่วนช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ระหว่างกระบวนการหมักร่วมกับจุลินทรีย์อื่น (แบคทีเรียและยีสต์) มีการผลิตแอลกอฮอล์ในอาหารและเครื่องดื่ม รวมถึงการเกิดลักษณะคล้ายโฟม การเกิดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และกรด (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 Metabolic pathway of lactic acid fermentation
ที่มา : Herrera-Sanchez *et al*. (2021)

โยเกิร์ตจากพืช เป็นผลิตภัณฑ์หลักที่ทำจากน้ำนมพืชที่มีจำหน่ายทางการค้า ซึ่งมีกระบวนการผลิตคล้ายกับการผลิตโยเกิร์ตจากนมวัว เริ่มจากการเตรียมน้ำนมจากพืช การคิดค้นและพัฒนาสูตร การฆ่าเชื้อแบบพาสเจอไรซ์ (pasteurization) การผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) การบ่ม (incubation) และการเก็บโดยการแช่เย็น (refrigeration) มาตรฐานผลิตภัณฑ์หมักจากนมต้องผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus* มีการสร้างกรดเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ลดลง หรืออาจมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์ *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* อย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสอง น้ำนมจากพืชที่ผ่านการหมักและให้รสสัมผัสใกล้เคียงกับโยเกิร์ตจากนมวัว เช่น น้ำนมจากมะพร้าว น้ำนมอัลมอนด์ และน้ำนมถั่ว แต่จะมีสัมผัสคล้ายครีมมีความข้นหนืดมากกว่าน้ำนมวัว เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักควรเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำ จะสามารถเพิ่มเนื้อสัมผัสที่ดีให้กับผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนผลิตภัณฑ์จากข้าวโอ๊ตและข้าวเมื่อหมักแล้วจะมีลักษณะเหลวมากกว่าถึงแม้จะเก็บในอุณหภูมิต่ำ

ปัจจุบันนี้มีผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากน้ำนมพืชจำหน่ายในตลาดอาหารเพื่อสุขภาพจำนวนมากและเป็นการผลิตระดับครัวเรือน ผลิตภัณฑ์ที่รู้จักกันดีส่วนใหญ่จะเป็นโยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าในน้ำนมถั่วเหลืองนั้นมีข้อจำกัดเรื่องกลิ่นและรสชาติไม่พึงประสงค์ ทำให้ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคลดลง ซึ่งกลิ่นและรสที่ไม่พึงประสงค์นี้อาจมาจากสารประกอบ เช่น hexanal และ 2-pentifuran ที่มีในถั่วเหลือง แต่สามารถลดความเข้มข้นของสารเหล่านี้ได้ด้วยกระบวนการหมักและเกิดกลิ่นรสที่ดี ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ (Harlé *et al*., 2020) นอกจากนี้ในน้ำนมถั่วเหลืองมีปริมาณน้ำตาล raffinose และ stachyose ที่ค่อนข้างสูงอาจทำให้เกิดปัญหาการย่อยในระบบทางเดินอาหารในผู้บริโภคบางกลุ่มได้ จึงทำให้มีการศึกษาและพบว่าระหว่างกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ผลิตกรด

แล็กติกสามารถย่อยน้ำตาล raffinose และ stachyose ในน้ำนมถั่วเหลือง ส่งผลถึงรสชาติและกลิ่นรสที่ดีของโยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลืองได้ (Zhou *et al*., 2019) ปัญหาสำคัญในการผลิตโยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลืองอีกหนึ่งอย่างคือ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำนมส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนและแป้งต่าง ๆ เนื่องจากเป็นน้ำนมจากพืชจึงไม่มีส่วนประกอบของน้ำตาลแล็กโทส จึงจำเป็นต้องมีการเสริมสารอาหารให้แก่แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแล็กติกที่ใช้ในกระบวนการหมักโยเกิร์ต ยกตัวอย่างในกระบวนการหมักน้ำนมถั่วเหลือง กะทิ และน้ำนมอัลมอนด์นั้น มีการเติมน้ำตาล ไซรัป หรือแป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งอาหารให้แบคทีเรียระหว่างกระบวนการหมัก (Amirah *et al*., 2020) ส่วนน้ำนมข้าวโอ๊ตเป็นน้ำนมที่ได้จากธัญพืชซึ่งเป็นแป้งชนิดหนึ่ง เมื่อนำมาทำน้ำนมได้นมที่มีรสชาติค่อนข้างดี เช่นเดียวกับน้ำนมข้าวซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารอาหารใดเพิ่มเนื่องจากมีส่วนประกอบของน้ำตาลจากธรรมชาติที่เพียงพออยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีรสสัมผัสและมีความข้นหนืดคล้ายโยเกิร์ต อาจมีการเติมเจลาติน วุ้น หรือแป้งต่าง ๆ ในส่วนผสมของน้ำนมพืชก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักโยเกิร์ต (Grasso *et al*., 2020)

คีเฟอร์ (kefir) เป็นผลิตภัณฑ์หมักจากนม มีต้นกำเนิดจากแถบเทือกเขาคอเคซัส (Caucasus Region) เป็นการหมักที่อุณหภูมิห้องด้วยกระบวนการหมักง่าย ๆ ร่วมกับแบคทีเรียและยีสต์ในกระบวนการย่อยโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่สร้างแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่น ๆ (Karagozlu *et al*., 2017) คีเฟอร์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ การปรับรูปแบบการตอบสนองภูมิคุ้มกันร่างกาย (immunomodulation) การส่งเสริมระบบย่อยอาหาร การป้องกันการกลายพันธุ์ (antimutagenic) การต้านการเกิดมะเร็ง (anticancer) และสมบัติการต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial properties) (Hikmetoglu *et al*., 2020) น้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมอัลมอนด์สามารถนำมาทำคีเฟอร์ได้ง่าย ส่วนน้ำนมมะพร้าวอาจต้องผ่านกระบวนการที่ซับซ้อนเนื่องจากมีส่วนของแข็งที่เป็นไขมันเป็นส่วนประกอบสูง (Lim *et al*., 2019)

นวัตกรรมของผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมัก

ผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมักนี้ ไม่ได้มีเพียงโยเกิร์ตเท่านั้น ซึ่งโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักนมด้วยแบคทีเรีย 2 สายพันธุ์ คือ *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* และ *Streptoccocus thermophilus* หากขาดเชื้อจุลินทรีย์ตัวใดตัวหนึ่งจะไม่ถือว่าเป็นโยเกิร์ต อ้างอิงจากประกาศมาตรฐานของ NMX-F-703COFOCALEC-2012 ผลิตภัณฑ์นมหมักต้องประกอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่อย่างน้อย 10^6 โคโลนีต่อกรัม (CFU/g) จุลินทรีย์เหล่านี้ทำให้โปรตีนในน้ำนมจับตัวกันเป็นก้อนแข็งเรียกว่า ลิ่มน้ำนม (curd) (Fisberg and Machado, 2015) ในขณะที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 353 พ.ศ. 2556 เรื่อง “นมเปรี้ยว” (กระทรวงสาธารณสุข) กำหนดให้มีจุลินทรีย์คงเหลือในผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อหลังการหมักไม่น้อยกว่า 10^7 โคโลนีต่อกรัม (CFU/g)

น้ำนมพืชหมักเป็นผลิตภัณฑ์หมักด้วยจุลินทรีย์ที่เริ่มต้นจากกระบวนการหมักแบบดั้งเดิมในระดับครัวเรือน สั่งสมประสบการณ์มาอย่างยาวนานสู่การขยายการผลิตระดับกึ่งอุตสาหกรรม นำไปสู่การพัฒนากระบวนการผลิตระดับอุตสาหกรรม ซึ่งแตกต่างจากน้ำนมพืชที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักหรือน้ำนมพืชที่ไม่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ใด ๆ มีรายงานการศึกษา

ผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมักที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่น ผลิตภัณฑ์น้ำนมอัลมอนด์หมัก (Herrera-Sanchez, 2021) ผลิตภัณฑ์หมักจากน้ำนมข้าวโอ๊ต ข้าว และคีนัว เป็นต้น (Salous *et al*., 2020)

สมบัติเชิงหน้าที่ของน้ำนมพืชหมัก

อาหารเชิงหน้าที่ กรอบแนวคิดของอาหารเชิงหน้าที่เกิดในช่วงปี ค.ศ. 1980 มีการคิดค้นและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ โดยเริ่มเป็นที่รู้จักในประเทศแถบตะวันออก เนื่องจากพบว่าประชากรมีอายุเฉลี่ยสั้นลง ยารักษาโรคมีราคาสูงขึ้น มีผลกระทบต่อผู้บริโภคโดยตรง อาหารและยาจึงได้รับความสำคัญในแง่ของการกินอาหารเพื่อป้องกันและรักษาโรค โดยการออกแบบอาหารของ FOSHU (Food for Specified Health Use) (Aguirre, 2019) อาหารไม่ได้เป็นแหล่งโภชนาการเท่านั้น แต่ยังมีหน้าที่พิเศษในการเสริมสุขภาพหรือลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ด้วยการเติมสารประกอบทางชีวภาพ (biologically active components) เช่น วิตามิน กรดไขมัน สารต้านอนุมูลอิสระ (Srikaeo, 2020)

Washington Institute of Medicine ให้คำจำกัดความคำว่า อาหารเชิงหน้าที่ คือ อาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบที่ดีต่อสุขภาพ เป็นอาหารที่ผ่านการแปรรูปหรือมีส่วนผสมที่ทำให้อาหารมีหน้าที่ที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ (Hilton, 2017) จากรายงานการศึกษาต่าง ๆ พบว่า กระบวนการหมัก (fermentation) เป็นกระบวนการที่สามารถเพิ่มคุณประโยชน์หรือคุณสมบัติเชิงหน้าที่ให้กับผลิตภัณฑ์อาหารหมักได้ เช่น วิตามิน แร่ธาตุ และสารไอโซฟลาโวน (isoflavone) ในน้ำนมถั่วเหลืองได้ รวมถึงการปรับรสชาติและเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่และเสริมสร้างสุขภาพที่ดีให้กับผู้บริโภคอีกด้วย (Patrignani *et al*., 2020) ผลิตภัณฑ์อาหารเชิงหน้าที่มีหลากหลายซึ่งมีคุณสมบัติด้านหน้าที่ที่แตกต่างกันไป หนึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้รับความนิยมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโพรไบโอติก (probiotic) และพรีไบโอติก (prebiotic) เช่น ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ชีส และนมหมักจากน้ำนมสัตว์หรือน้ำนมพืช (Srikaeo, 2020) โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในกลุ่มแบคทีเรีย *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus casei*, *L rhamnosus*, *L. acidophilous*, *L. delbruekii* subsp. *bulgaricus*, *L. johnsonii*, *L. fermentum* และ *L. reuteri* ซึ่งแต่ละสายพันธุ์มีกลไกการทำงานและระบบเมแทบอลิซึมที่ต่างกัน เช่น อุณหภูมิในการเพาะเลี้ยง การเติมน้ำตาล ต้องมีการปรับให้มีสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ และต้องมีจุลินทรีย์โพรไบโอติกที่มีชีวิตอยู่ในผลิตภัณฑ์ตามปริมาณที่กำหนด โดยมีจำนวนเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่ (viable cell) 10^6-10^8 โคโลนีต่อกรัม (CFU/g) ต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (Castillo-Escandón *et al*., 2019)

การทำงานของจุลินทรีย์โพรไบโอติก FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ให้คำจำกัดความคำว่า โพรไบโอติก คือ จุลินทรีย์ดีที่มีชีวิต มีประโยชน์ต่อร่างกาย ส่งผลด้านสุขภาพที่ดีแก่ผู้บริโภค (Olveira and González, 2016) โพรไบโอติกที่นิยมใช้ในอาหารเป็นกลุ่มแบคทีเรียแล็กโทบาซิลลัส (*Lactobacillus* sp.) และไบฟิโดแบคทีเรียม (*Bifidobacterium* sp.) (Dupont, 2017) สำหรับพรีไบโอติก คือ สารอาหารที่ไม่ถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร แต่สามารถส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารได้ ก่อให้เกิดผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค ซึ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีทั้งพรีไบโอติกและโพรไบโอติกนั้น จุลินทรีย์โพรไบโอติกจะใช้พรีไบโอติกเป็นสารอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต เรียกผลิตภัณฑ์ที่

มีทั้งพรีไบโอติกและโพรไบโอติกนี้ว่า ซินไบโอติก (synbiotics) ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่ว่าจะเป็นอาหารเสริมหรืออยู่ในยาเม็ดแคปซูลที่เป็นอาหารเสริมที่ต้องรับประทานแยกกับอาหาร แต่สิ่งสำคัญคือ ต้องอยู่ในรูปแบบที่ผู้บริโภคได้รับโพรไบโอติกที่ยังมีชีวิตอยู่และมีปริมาณขั้นต่ำตามที่กฎหมายกำหนด (Marteau and Seksik, 2020) และหลังจากผู้บริโภครับประทานเข้าไปแล้วต้องได้รับประโยชน์และส่งผลดีต่อสุขภาพอีกด้วย

โพรไบโอติกพบได้ในร่างกายมนุษย์ เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ช่วยรักษาสภาวะสมดุลของร่างกาย ผลิตสารเมแทบอไลต์ที่เป็นประโยชน์และผลิตสารต้านจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ และแบคเทอริโอซิน (bacteriocins) กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายได้ นอกจากนี้กระบวนการหมักยังช่วยเสริมสร้างความสามารถในการย่อยโปรตีน การดูดซึมแร่ธาตุ และสารอาหารรองต่าง ๆ ได้ดี ระหว่างกระบวนการหมักจุลินทรีย์มีการสร้างวิตามิน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารต้านอนุมูลอิสระ กรดไขมันไม่อิ่มตัวหรือสารยับยั้งการทำงานของสารต้านสารอาหาร (anti-nutritional factors) เช่น ไฟเตต (Rezac *et al*., 2018) เป็นต้น โดยเลือกสภาวะการเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมและการเลือกใช้วัตถุดิบในการหมักต้องเป็นสารตั้งต้นที่ดีเมื่อผ่านกระบวนการหมักที่มีประสิทธิภาพและส่งเสริมคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของอาหารหมักนั้นได้ โดยทั่วไปแล้วผลิตภัณฑ์จากน้ำนมสัตว์เป็นแหล่งของสารอาหารที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ได้รับความสนใจและมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้น้ำนมทางเลือกอื่น ทั้งจากพืช ผลไม้ หรือเมล็ดพืชต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคที่ไม่สามารถย่อยน้ำนมจากสัตว์หรือกลุ่มคนที่ไม่ต้องการบริโภคอาหารจากสัตว์มากขึ้น

น้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมักสามารถเพิ่มการสร้างวิตามิน แร่ธาตุ และสารไอโซฟลาโวน รวมถึงทำให้มีกลิ่นรสที่ดีขึ้นและสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่หลากหลายมากขึ้น ส่วนคีเฟอร์เป็นหนึ่งในส่วนผสมที่ใช้ในกระบวนการหมักน้ำนมพืชโดยการหมักร่วมกับแบคทีเรียผลิตกรดแล็กติก ยีสต์และเชื้อรา ซึ่งเกิดจากสารโพลีแซคคาไรด์ เรียกว่าคีเฟอร์แรน (Kefiran) (Santos, 2019) ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ชอบอุณหภูมิสูงจำนวนระหว่าง 2-7 สายพันธุ์ โดยจุลินทรีย์นี้เจริญเติบโตและทำงานได้ดีที่อุณหภูมิการหมักประมาณ 43 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการสร้างกลิ่นรสที่ดีในการหมัก เช่น การสร้างสาร acetaldehyde หรือ diacetyl ส่งเสริมคุณภาพอาหาร ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน และลดอาการภูมิแพ้ เสริมสร้างความแข็งแรงของผิวหนังในกรณีที่มีอาการสิวหรือโรคผิวหนังอักเสบรวมถึงสมบัติการต้านมะเร็ง (Castillo-Escandón *et al*., 2019)

ทั้งนี้การผลิตผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมักนั้นขั้นตอนการแช่วัตถุดิบก่อนนำไปสกัดน้ำนมพืชมีผลต่อการเพิ่มปริมาณแร่ธาตุและวิตามิน (วิตามินบี 6 และวิตามินบี 12) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและสารอาหารจากธรรมชาติซึ่งสารต่าง ๆ เหล่านี้ ต้องเตรียมเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักโดยแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแล็กติกจะยับยั้งการทำงานของสารต้านสารอาหารและเพิ่มปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และสังกะสี ให้มีปริมาณสูงขึ้น ส่งผลดีแก่แบคทีเรียซึ่งเป็นตัวช่วยในระบบย่อยอาหารและช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกาย (Paul *et al*., 2019)

การทำงานของพรีไบโอติก ข้อมูลการศึกษาในระยะ 5 ปี ที่ผ่านมา พบข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาประโยชน์ของการบริโภคพรีไบโอติกที่หลากหลาย พรีไบโอติกเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่ร่างกาย

มนุษย์ไม่สามารถย่อยได้เมื่ออยู่ในระบบทางเดินอาหารของร่างกายและเคลื่อนตัวสู่ลำไส้ใหญ่เพื่อเป็นอาหารให้จุลินทรีย์ประจำถิ่น (microflora) ที่มีความจำเพาะต่อการเจริญและการทำงานจุลินทรีย์ที่ดีโดยเฉพาะแบคทีเรียที่มีประโยชน์ภายในร่างกายมนุษย์ (microbiota) (Olveira and González, 2016) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารที่มีทั้งพรีไบโอติกและโพรไบโอติกนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้พรีไบโอติกในการส่งเสริมการอยู่รอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติกในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกต้องสามารถอยู่ในระบบทางเดินอาหารจนถึงลำไส้ใหญ่โดยไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารและเป็นอาหารสำหรับกลุ่มจุลินทรีย์ดีที่อยู่ในลำไส้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียกลุ่มแล็กโทบาซิลลัสและไบฟิโดแบคทีเรียม

ร่างกายมนุษย์สามารถดูดซึมโอลิโกแซคคาไรด์จากน้ำนมถั่วเหลืองได้บางส่วน แต่ในกลุ่มของน้ำตาล raffinose และ stachyose มีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก ไม่สามารถดูดซึมและย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้เล็กของมนุษย์ได้ เป็นสาเหตุทำให้ผู้บริโภคมีอาการท้องอืด ท้องเสีย และอาการไม่พึงประสงค์ต่อร่างกาย (Rui *et al*., 2019) จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมต้องมีกระบวนการหมักน้ำนมถั่วเหลืองด้วยจุลินทรีย์ เพื่อย่อยโอลิโกแซคคาไรด์ในน้ำนมถั่วเหลืองด้วยเอนไซม์อัลฟากาแล็กโตซิเดส (α-galactosidase) นอกจากนี้มีรายงานว่า การเติมไวน์น้ำผึ้ง (mead) น้ำอ้อย หรือน้ำมะพร้าวผสมกับน้ำนมพืชที่หมักร่วมกับโพรไบโอติกทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้อุดมไปด้วยโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ สามารถป้องกันโรคระบบทางเดินอาหาร ป้องกันมะเร็งบางชนิด โรคเบาหวาน และอาการแพ้น้ำตาลแล็กโทส (Martínez *et al*., 2019)

คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ มีกลไกหลากหลายชนิดที่แตกต่างกัน แต่คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์นมหมัก คือ การยับยั้งการสร้างสาร peroxides หรือโครงสร้างอื่น ๆ ของสารอนุมูลอิสระที่จะสามารถเกิดขึ้นได้ในร่างกาย (Herrera-Sanchez *et al*,. 2021) Xiudong และคณะ (2019) รายงานว่าการหมักน้ำนมถั่วเหลืองร่วมกับชาหมักคอมบูชาสามารถเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ α-glucosidase และ α-amylase ระหว่างกระบวนการหมักซึ่งอาจเพราะมีปริมาณสารฟีนอลิก (phenolic) เฟอรูริก (ferulic) คลอโรจีนิก (chlorogenic) และกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ที่สูง ทำให้มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในน้ำนมถั่วเหลืองสูงขึ้นด้วย ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลืองเป็นอาหารเชิงหน้าที่ที่มีผลต่อการต้านการเกิดโรคต่าง ๆ ที่มีสาเหตุจากกระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) (Chavan *et al*., 2018; Yamamoto *et al*., 2019) กระบวนการหมักทำให้มีการผลิตกรดฟีนอลิก ไอโซฟลาโวน อะไกลโคน (isoflavone aglycones) และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น (Azi *et al*., 2020)

ส่วนข้าวโอ๊ตและผลิตภัณฑ์จากน้ำนมข้าวโอ๊ตที่ผ่านกระบวนการหมักจะมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี เนื่องจากมีสารอาหารที่ดี ได้แก่ สารฟีนอลิก สาร avenanthramides สาร saponins (avenacoside A และ avenacoside) กรดไฟติก สารสเตอรอล และสารอื่น ๆ ที่มีประโยชน์อีกมาก (Paul *et al*., 2019) นอกจากนี้ยังมีการนำข้าวโอ๊ตผ่านกระบวนการหมักร่วมกับเชื้อราแดง (*Monascus anka*) ทำให้มีการผลิตสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มมากขึ้น รวมถึงสารกลูโคซามีนซึ่งมีผลต่อการส่งเสริมสมบัติการกำจัดสาร

อนุมูลอิสระ (free radical scavenging property) ของข้าวโอ๊ต (Sethi *et al*., 2016) ส่วนในมะพร้าวนั้นมีทั้งส่วนประกอบที่เป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ เมื่อผ่านกระบวนการหมักพบว่าสามารถเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้นแตกต่างกันไป (Azi *et al*., 2020)

การกระตุ้นการทำงานของโปรตีน (protein boost) มีรายงานผลการศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมักหรือโยเกิร์ตจากน้ำนมพืชเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตจากนมวัวพบว่า โยเกิร์ตจากน้ำนมพืชมีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น 0.6-4.6 กรัม ต่อโยเกิร์ต 100 กรัม โดยเฉพาะโยเกิร์ตจากน้ำนมถั่วเหลืองและน้ำนมอัลมอนด์ที่มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Grasso *et al*., 2020) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า กระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแล็กติกมีความเหมาะสมกับการย่อยโปรตีนในถั่วเหลือง และได้โปรตีนที่มีคุณภาพสูงกว่าโปรตีนในน้ำนมถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก (Rui *et al*., 2019) การเพิ่มโปรตีนในน้ำนมอัลมอนด์ด้วยโปรตีนจากรำข้าว และนำมาผ่านกระบวนการหมักด้วยเชื้อ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้ได้โยเกิร์ตที่มีปริมาณโปรตีนสูงถึงร้อยละ 9 ซึ่งเป็นวิธีการเพิ่มปริมาณโปรตีนจากพืชอื่นส่งผลให้เกิดประโยชน์ทางโภชนาการต่อผู้บริโภคได้ (Herrera-Sanchez, 2021)

ประโยชน์ต่อสุขภาพ ถั่ว ธัญพืช และเมล็ดพืชที่ให้น้ำมัน มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เนื่องจากพืชต่าง ๆ เหล่านี้อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ สารอาหารหลัก สารอาหารรอง และสารพฤกษเคมี สินค้าและผลิตภัณฑ์อาหารจากพืชเหล่านี้จึงเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีต่อสุขภาพ เมื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำนมจากพืชและนำไปผ่านกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์จึงเป็นกุญแจสำคัญที่ทำให้มีการเสริมสร้างการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารอาหารต่าง ๆ ในปริมาณมากขึ้น ทำให้การบริโภคอาหารหมักจากน้ำนมพืชเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้นด้วย

ส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย มีรายงานการศึกษาประโยชน์ของน้ำนมพืชหมักต่อร่างกายของผู้บริโภค เช่น การต้านการกลายพันธุ์ การเสริมศักยภาพของภูมิคุ้มกันร่างกาย (immunopotentiation) และการต้านการเกิดเซลล์มะเร็ง (antitumor) รวมถึงการต้านแบคทีเรียก่อโรค (pathogenic bacteria) ด้วยความหลากหลายของชนิดของน้ำนมพืชที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรียกลุ่มผลิตกรดแล็กติกจึงทำให้มีคุณสมบัติในการเสริมสร้างประโยชน์ที่ดีต่อผู้บริโภคที่แตกต่างกันด้วย (Domínguez *et al*., 2014) เช่น น้ำนมถั่วเหลืองที่อุดมไปด้วยสารไอโซ-ฟลาโวนที่มีประโยชน์ต่อร่างกายสูง เมื่อผ่านกระบวนการหมักทำให้มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดมะเร็งเต้านม (Sidhu and Alkandari, 2020) ลดอาการวัยทอง (menopause) ภาวะที่สตรีเข้าสู่วัยหมดประจำเดือน โรคกระดูกพรุน (osteoporosis) และชะลอการเสื่อมของผิวหนัง ซึ่งในน้ำนมถั่วเหลืองมีฮอร์โมนไฟโตเอสโตรเจน (phytoestrogens) ได้แก่ เจนิสเตอีน (genistein) เดดเซอีน (daidzein) และไกลซีสเตอีน (glycythein) ซึ่งมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับกับฮอร์โมนเอสโตรเจน (estrogen) และมีประโยชน์ต่อสุขภาพด้านการต่อต้านโรคต่าง ๆ ทั้งโรคผิวหนัง มะเร็ง โรคกระดูกพรุน โรคหัวใจและหลอดเลือด และกลุ่มโรคที่เกิดการเสื่อมของเซลล์ประสาท (Feyza *et al*., 2020) อย่างไรก็ตามในส่วนของการตรวจสอบสารไอโซฟลาโวนที่ร่างกายดูดซึมเข้าไปนั้น มีรายงานของ Yamamoto และคณะ (2019) ว่าน้ำนมถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรีย

กลุ่มผลิตกรดแล็กติกมีปริมาณสารไอโซฟลาโวนที่สูงและเพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพด้วย

คอเลสเตอรอล น้ำนมพืชหมักสามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดได้ โดยเฉพาะในน้ำนมอัลมอนด์ที่อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลที่มีประโยชน์ที่อยู่ในร่างกายมนุษย์ และมีการศึกษาในผู้ป่วยที่บริโภคอัลมอนด์พบว่า มีการรักษาระดับคอเลสเตอรอลได้ดี (Nagino *et al*., 2018) นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถลดระดับของคอเลสเตอรอลทั้งหมดในเลือดและลดปริมาณ Low-Density Lipoprotein (LDL) ในผู้ป่วยชายที่มีภาวะไขมันในเลือดสูง (Tiss *et al*., 2020) กระบวนการหมักน้ำนมถั่วเหลืองร่วมกับเชื้อ *L. plantarum* ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารไอโซฟลาโวนให้อยู่ในรูป aglyconic isoflavones (Valdovinos *et al*., 2017) นอกจากนี้ยังพบว่า สารเบต้ากลูแคน (β-glucan) ในน้ำนมข้าวโอ๊ตมีผลในการลด LDL คอเลสเตอรอล และ apolipoprotein B (Shen *et al*., 2016) ซึ่งสารเบต้ากลูแคนเป็นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และใยอาหารอื่น ๆ ที่มีความจำเพาะที่สำคัญต่อระบบหายใจ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจได้

โรคเบาหวาน เป็นที่ทราบกันดีว่า น้ำตาล เป็นสาเหตุของการเกิดโรคเบาหวาน น้ำตาลจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายอย่างรวดเร็วและเป็นเหตุให้เกิดโรคอ้วน เมื่อบริโภคน้ำตาลในปริมาณมากเกินความจำเป็นของร่างกาย น้ำตาลนิยมใช้เป็นสารให้ความหวานในการผลิตโยเกิร์ต อย่างไรก็ตามการบริโภคน้ำตาลสูงกว่าปริมาณที่กำหนดอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยจากการใช้เป็นส่วนผสมอาหารในชีวิตประจำวันและเพิ่มความเสี่ยงในการเป็นโรคเบาหวานได้ จึงมีการใช้สารให้ความหวานทางเลือกอื่นเพื่อมาทดแทนน้ำตาล (Sung and Lim, 2019) ในปี ค.ศ. 2019 จำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานทั่วโลกมีประมาณ 4.2 ล้านคน (Herrera-Sanchez, 2021) ทำให้เกิดการตื่นตัวในการนำถั่วต่าง ๆ มาใช้ในการประกอบอาหาร โดยเฉพาะอัลมอนด์ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ดีต่อผู้บริโภคโดยเฉพาะกลุ่มคนที่เป็นโรคเบาหวาน อัลมอนด์มีใยอาหารสูง มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นไขมันดีต่อร่างกาย มีวิตามินและแร่ธาตุ รวมถึงคุณสมบัติต่าง ๆ อีกมากมาย นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำนมข้าวโอ๊ตหมักมีสารเบต้ากลูแคน ซึ่งมีผลต่อการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานและโรคอ้วน โดยการลดการตอบสนองของระดับน้ำตาลในเลือดและลดระดับของคอเลสเตอรอลทั้งหมดในเลือด (Garcia, 2017) ผลิตภัณฑ์อาหารจากน้ำนมพืชหมักเหล่านี้ช่วยป้องกันและควบคุมโรคเบาหวาน นอกจากนี้มีรายงานการศึกษาในหนูทดลองพบว่าคีเฟอร์ที่ทำจากน้ำนมถั่วเหลืองส่งผลดีต่อหนูที่เป็นโรคอ้วนและมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงซึ่งเกิดจากการบริโภคอาหารที่มีไขมันและน้ำตาลฟรุกโตสสูง เป็นการยืนยันว่า กระบวนการหมักคีเฟอร์นี้ส่งเสริมความสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อัลฟา-อะไมเลสและเอนไซม์ไลเปสซึ่งมีผลดีต่อตับอ่อนในการย่อยน้ำตาลและไขมัน เพื่อลดระดับน้ำตาลในเลือดและลดระดับของคอเลสเตอรอลทั้งหมดในเลือด และส่งเสริมความสามารถในการยับยั้งได้สูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในกระบวนการหมักน้ำนมถั่วเหลืองมากกว่า 16 ชั่วโมง (Tiss *et al*., 2020)

บทสรุป

โปรตีนทางเลือกกำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะโปรตีนจากพืช แต่ยังไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่า ผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมักเป็นผลิตภัณฑ์มีประโยชน์มากกว่านมหมักจากนมสัตว์ หากแต่ว่าน้ำนมพืชหมักเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับกลุ่ม

ผู้บริโภคที่แพ้น้ำตาลแล็กโทส (lactose intolerant) ซึ่งในบทความข้างต้นนี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของคุณสมบัติและประโยชน์ของน้ำนมพืชในแง่ของอาหารเชิงหน้าที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพืชที่ใช้เป็นวัตถุดิบและสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการหมัก ได้แก่ อุณหภูมิ เชื้อจุลินทรีย์ สภาวะแวดล้อม และระยะเวลาในการหมัก อย่างไรก็ตามน้ำนมถั่วเหลืองยังคงเป็นน้ำนมจากพืชมีคุณสมบัติเป็นอาหารเชิงหน้าที่ที่ดีกว่าพืชชนิดอื่น ส่วนน้ำนมมะพร้าวยังคงมีการศึกษาเพื่อบ่งชี้ถึงคุณประโยชน์ที่ชัดเจนมากขึ้น และยังคงต้องมีการศึกษาหน้าที่ของน้ำนมพืชหมักในแง่ของประโยชน์ที่มีต่อสุขภาพของผู้บริโภค สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเชิงเดี่ยว (single active compound) หรือคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นที่มีผลต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตามกลุ่มผลิตภัณฑ์น้ำนมพืชหมักนี้ยังจำเป็นต้องมีการคิดค้นและพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตที่ครอบคลุมความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลาย รวมถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์ต้องมีผลลัพธ์ที่เป็นไปในทิศทางที่ดีหรือมีผลเป็นบวกได้รับการยอมรับในการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งรสชาติและกลิ่นรสที่สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคที่จะตัดสินในในการเลือกซื้อสินค้าในกลุ่มน้ำนมพืชหมักที่อุดมไปด้วยคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ผู้บริโภคจะได้รับในระยะกลางจนถึงระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง “นมเปรี้ยว”. (ฉบับที่ 357) พ.ศ. 2556. (2556, 24 กรกฎาคม). ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 130, ตอนพิเศษ 87 ง.

Aguirre P. 2019. Functional foods, between the new and old corporalities. Aibr-Iberoamerican Anthropol. J. 14 : 95-120.

Amirah AS, Nor Syazwani S, Radhiah S, Anis Shobirin MH, Nor-Khaizura MAR, Wan Zunairah WI, *et al*. 2020. Influence of raisins puree on the physicochemical properties, resistant starch, probiotic viability and sensory attributes of coconut milk yogurt. Food Res 4(1) : 77-84.

Azi F, Tu C, Rasheed HA and Dong M. 2020. Comparative study of the phenolics, antioxidant and metagenomic composition of novel soy whey based beverages produced using three different water kefir microbiota. Int. J. Food Sci. Technol. 55(4) : 1689-1697.

Beltr R, Heredia DE and Europa E. 2016. Functional food. Nutrition 30 : 3-5.

Castillo-Escandón V, Fernández-Michel SG, Cueto- Wong MC and Ramos-Clamont Montfort G. 2019. Technological criteria and strategies for the evolution and survival of probiotics in fruits, cereals and their derivatives. TIP. J. Spec. Chem. Sci. 22 : 1-17.

Chavan M, Gat Y, Harmalkar M and Waghmare R. 2018. Development of nondairy fermented probiotic drink based on germinated and ungerminated cereals and legume. LWT- Food Sci. Technol. 91 : 339-344.

Dávila de Campagnaro E. 2017. Vegetable drinks and milk from other mammals. Arch Venez Puer Ped [online]. 2017, 80,(3) : p.96-101. ISSN 0004-0649.

Domínguez Gonzáleza KN, Cruz Guerrero AE, Márquez HG, Gómez Ruiz LC, García-Garibay M and Rodríguez Serrano GM. 2014. The antihypertensive effect of fermented milks. Argentine J Microbiol. 46(1) : 58-65.

Dupont C. 2017. Probiotiques et prébiotiques. Med Ther Pediatr. 5 : 49-53.

Espín Jaime B, Díaz Martín JJ, Blesa Baviera LC, Claver Monzón Á, Hernández Hernández A, García Burriel JI, *et al*. 2019. Non-IgE-mediated cow’s milk allergy : Consensus document of the Spanish Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition (SEGHNP), the Spanish Association of Paediatric Primary Care (AEPAP), the Spanish Society of Extra-hospital Paediatric. Ann Pediatr. 90(3) : 193.e1-193.e11.

Feyza E, Tutuncu S and Ozcelik B.2020.Plant-based milk substitutes : Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. J. Funct. Foods. 70 : 103975.

Fisberg M and Machado R. 2015. History of yogurt and current patterns of consumption. Nutr Rev. 73(1): 4-7. doi: 10.1093/nutrit/nuv020. PMID: 26175483.

García NM. 2017. Vegetable Drinks. End Degree Artic, p. 1-20.

Grasso N, Alonso-Miravalles L and O'Mahony JA. 2020. Composition, physicochemical and sensorial properties of commercial plant-based yogurts. Foods. 9(3) : 252.

Haraguchi Y, Goto M, Kuda T, Fukunaga M, Shikano A, Takahashi H and Kimura B. 2019. Inhibitory effect of *Lactobacillus plantarum* Tennozu-SU2 and *Lactococcus lactis* subsp. lactis BF1 on *Salmonella Typhimurium* and Listeria monocytogenes during and post fermentation of soymilk. LWT 102 : 379-384.

Harlé O, Falentin H, Niay J, Valence F, Courselaud C, Chuat V, Maillard MB, Guédon É, Deutsch SM and Thierrya A. 2020. Diversity of the metabolic profiles of a broad range of lactic acid bacteria in soy juice fermentation. Food Microbiol. 89 : 103410.

Herrera-Sanchez N, RodrÃguez-Jasso RM, Loredo A, Belmares R and Cruz M. 2021. Comparative study of functional properties of fermented vegetable milks in health. Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. 35 : 28047-28057.

Hikmetoglu M, Soğut E, Soğut O, Gokirmakli C and Guzel-Seydim ZB. 2020. Changes in carbohydrate profile in kefir fermentation. Bioact Carbohydrates Diet Fibre. 23(1) : 100220.

Hilton J. 2017. Growth patterns and emerging opportunities in nutraceutical and functional food categories: market overview. In : Bagchi D and Nair S. (eds.) Developing New Functional Food and Nutraceutical Products Academic Press. p. 1-28.

Karagozlu C, Unal G, Akalin AS, Akan E and Kinik O. 2017. The effects of black and green tea on antioxidant activity and sensory characteristics of kefir. Agro Food Ind Hi Tech. 28(2) : 77-80.

Küster BI and Capilla VI. 2017. Consumer attitudes in the election of functional foods. Spanish Journal of Marketing - ESIC, 21 : 65-79.

Lim XX, Koh WY, Uthumporn U, Maizura M and Wan RWI. 2019. The development of legume-based yogurt by using water kefir as starter culture. Int. Food Res. J. 26(4) : 1219-1228.

Liu AT, Chen S, Jena PK, Sheng L, Hu Y and Wan YY. 2021. Probiotics Improve Gastrointestinal Function and Life Quality in Pregnancy. Nutrients. 13(11) : 3931. doi: 10.3390/nu13113931. PMID: 34836186; PMCID: PMC8624890.

Mäkinen OE, Wanhalinna V, Zannini E and Arendt EK. 2016. Foods for special dietary needs : Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 56(3) : 339-349.

Marteau P and Seksik P. 2020. Unstable microbiota. EMC - AKOS – Trattato Di Med. 22 : 1-6.

Martínez MA, Wong Paz JE, Aguilar Zárate P and Muñiz-Márquez DB. 2019. Functional Value of Traditional Beverages with Possible Prebiotic Potential. Journal of bioprocess and chemical technology. 13(22) : 8-14.

Nagino T, Kaga C, Kano M, Masuoka N, Anbe M, Moriyama K, Maruyama K, Nakamura S, Shida K and Miyazaki K. 2018. Effects of fermented soymilk with *Lactobacillus casei* Shirota on skin condition and the gut microbiota : A randomised clinical pilot trial. Benef. Microbes. 9(2) : 209-218.

Olveira G and González Molero I. 2016. Updating of probiotics, prebiotics and symbiotics in clinical nutrition. Endocrinol. Nutr. 63(9) : 482-494.

Palmett Ríos HE. 2017. Cross-sectional study on healthy lifestyles and their relationship with HDL cholesterol in the adult population. Colomb. J. Cardiol. 24 : 523-531.

Patrignani F, D'Alessandro M, Vannini L and Lanciotti R. 2020. Use of functional microbial starters and probiotics to improve functional compound availability in fermented dairy products and beverages. In : Sustainability of the Food System, edited by N. Betoret and E. Betoret Academic. p. 167-180.

Paul AA, Kumar S, Kumar V and Sharma R. 2019. Milk Analog : Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. Crit. Rev. Food. Sci. Nutr. 60(4) : 1-19.

Plana MJ and De Lecuona I. 2017. Food information : ethical, legal and policy issues. University of Barcelona. Barcelona.

Rezac S, Kok CR, Heermann M and Hutkins R. 2018. Fermented foods as a dietary source of live organisms. Front. Microbiol. 9 : 1785.

Rui X, Zhang Q, Huang J, Li W, Chen X, Jiang M and Dong M. 2019. Does lactic fermentation influence soy yogurt protein digestibility : a comparative study between soymilk and soy yogurt at different pH. J. Sci. Food Agric. 99(2) : 861-867.

Salous A El, Arcos F, Nuñez P and Alex C. 2020. Sensory evaluation of three types of vegetable yogurt based on rice milk, quinoa and oats, sweetened with stevia, as a food alternative. Centro. Sur. Soc. Sci. J.

Santos DC dos, Oliveira Filho JG de, Santana ACA, Freitas BSM de, Silva FG, Takeuchi KP and Egea MB. 2019. Optimization of soymilk fermentation with kefir and the addition of inulin: Physicochemical, sensory and technological characteristics. LWT. 104 : 30-37.

Sethi S, Tyagi SK and Anurag RK. 2016. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages : a review. J. Food Sci. Technol. 53(9) : 3408-3423.

Shen XL, Zhao T, Zhou Y, Shi X, Zou Y and Zhao G. 2016. Effect of oat β-glucan intake on glycaemic control and insulin sensitivity of diabetic patients : A meta-analysis of randomized controlled trials. Nutrients. 8(1) : 39.

Sidhu JS and Alkandari D. 2020. Overview of probiotics in cancer prevention and therapy. Elsevier Inc, pp. 261-282.

Silagadze MA, Pruidze EG, Gachechiladze ST, Pkhakadze GN and Khvadagiani KB. 2017. Obtaining and a comprehensive study of highly bioavailable functional food additives based on Georgian soya varieties. Ann. Agrar. Sci. 15(3) : 356-360.

Srikaeo K. 2020. Biotechnological tools in the production of functional cereal-based beverages. In A. M. Grumezescu and A. M. Holban (eds.), Biotechnological Progress and Beverage Consumption. p. 149-193. Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816678-9.00005-9

Stall S and Adams G. 2017. Can Almond Milk Be Called Milk? J Ren Nutr. 27 : e15-e17.

Sung DE and Lim SY. 2019. Effects of quality and sensory characteristics of yogurt added with tagatose. Food Eng. Prog. 23 : 30-38.

Tiss M, Souiy Z, Abdeljelil N ben, Njima M, Achour L and Hamden K. 2020. Fermented soy milk prepared using kefir grains prevents and ameliorates obesity, type 2 diabetes, hyperlipidemia and Liver-Kidney toxicities in HFFD-rats. J. Funct. Foods. 67 : 103869.

USDA. 2020. Food Data Central. https://fdc.nal.usda.gov. [accessed 9 August 2022].

Valdovinos MA, Montijo E, Abreu AT, Heller S, González-Garay A, Bacarreza D, *et al*. 2017. Mexican consensus on probiotics in gastroenterology. Gastroenterol J. Mex. 82(2) : 156-178.

Xiudong X, Yiqiang D, Han W, Xiaoli L, Ying W, Liqing Y, *et al*. 2019. Kombucha fermentation enhances the health-promoting properties of soymilk beverage. ScienceDirect. J. Funct. Foods 62 : 103549.

Yamamoto N, Shoji M, Hoshigami H, Watanabe K, Watanabe K, Takatsuzu T, *et al*. 2019. Antioxidant capacity of soymilk yogurt and exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. Biosci Microbiota Food Heal 38(3) : 97-104.

Zhou Y, Li X, Hua Y, Kong X, Zhang C, Chen Y, *et al*. 2019. The absence of lipoxygenase and 7S globulin of soybeans and heating temperatures on the properties of soymilks and soy yogurts. LWT. 115 : 108431.

มะรุม : โปรตีนพืชทางเลือกสำหรับผู้สูงอายุ

Moringa oleifera : Alternative protein for elderly

ดร.ซาฟียะห์ สะอะ (Dr. Safiah Saah)

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- โปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับผู้สูงอายุในการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกัน
- แหล่งโปรตีนทางเลือกจากมะรุมสำหรับผู้สูงอายุ
- โปรตีนไฮโดรไลเซตจากมะรุมมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ

Highlights

- Proteins are very important nutrients for the elderly in boosting immunity
- Alternative source of protein from moringa for elderly
- Protein hydrolysate from moringa has natural bioactive compounds good for health

บทคัดย่อ

การเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสมต่อสุขภาพเป็นเรื่องที่จำเป็น โดยเฉพาะผู้สูงอายุซึ่งเป็นวัยที่ต้องการพลังงานและสารอาหารแตกต่างจากวัยทำงานหรือผู้ที่มีสุขภาพร่างกายปกติ เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายที่ลดลง จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจในเรื่องอาหารและโภชนาการเป็นอย่างดี ความต้องการสารอาหารโดยเฉพาะโปรตีน ซึ่งเป็นสารอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อผู้สูงอายุมากที่จะช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ปกติ และยังเป็นสารอาหารที่จะช่วยให้กล้ามเนื้อและกระดูกมีความแข็งแรง โดยทั่วไปแหล่งโปรตีนมักได้จากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ถือได้ว่าเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการบริโภคโปรตีนจากเนื้อสัตว์อาจเพิ่มความเสี่ยงให้เกิดมะเร็งลำไส้ เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อสัตว์มีไขมันและโฮโมซิสเตอีนสูง ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบในร่างกายได้ ดังนั้นแหล่งโปรตีนจากพืชจึงเป็นทางเลือกใหม่เพราะมีพืชบางชนิดมีโปรตีนอยู่ไม่น้อยและให้แคลอรีต่ำ เช่น มะรุมเป็นหนึ่งในพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน โดยพบว่า ในใบมะรุมมีโปรตีนสูงกว่านมสดถึง 2 เท่า และยังมีกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย ในบางประเทศจึงมีการส่งเสริมให้นำมะรุมมารับประทานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อป้องกันและรักษาภาวะทุพโภชนาการ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับผู้สูงอายุ ซึ่งเป็นวัยที่จำเป็นต้องได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอเพื่อป้องกันหรือลดการเจ็บป่วย

คำสำคัญ : มะรุม โปรตีนทางเลือก โปรตีนจากพืช ผู้สูงอายุ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน
Keywords : *Moringa oleifera*, alternative protein, plant-based protein, elderly, boost immunity

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการแพทย์และสาธารณสุขที่ดีขึ้นทำให้คนมีอายุยืนยาวขึ้นและนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของประชากรผู้สูงอายุ พบว่าปัจจุบันจำนวนผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยที่กำลังจะก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุโดยสมบูรณ์ (aged society) โดยมีการประมาณการว่าในปี พ.ศ. 2564 มีสัดส่วนผู้สูงอายุในช่วง 60 ปี ขึ้นไปถึงร้อยละ 20 ของจำนวนประชากรทั้งหมด หรือไม่น้อยกว่า 13 ล้านคน และมีการคาดการณ์ว่าอีกประมาณ 20 ปี ข้างหน้า หรือในปี พ.ศ. 2583 ประเทศไทยจะมีผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นถึง 20 ล้านคน หรือ 1 ใน 3 ของประชากรไทยจะเป็นผู้สูงอายุ และผู้สูงอายุ 80 ปี ขึ้นไปจะมีมากถึง 3.5 ล้านคน (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2563) วัยผู้สูงอายุเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกาย การทำงานของร่างกายจะลดลงทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคของต่อมไร้ท่อ โรคระบบกล้ามเนื้อ โรคกระดูกและข้อ ซึ่งโรคต่าง ๆ เหล่านี้มักเกิดขึ้นจากความบกพร่องในการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย รวมถึงภาวะทุพโภชนาการจากการได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โดยส่วนใหญ่แล้วผู้สูงอายุมักจะได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ การรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วนโดยเฉพาะโปรตีนอย่างเพียงพอ ซึ่งโปรตีนเป็นหนึ่งในสารอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อผู้สูงอายุมาก จะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ปกติ เนื่องจากเซลล์และสารคัดหลั่งต่าง ๆ ในระบบภูมิคุ้มกันล้วนประกอบไปด้วยโปรตีนที่สร้างขึ้นมาจากกรดอะมิโนที่ได้จากอาหารโปรตีนที่ร่างกายรับประทานเข้าไป และโปรตีนยังเป็นสารอาหารที่ช่วยให้กล้ามเนื้อแข็งแรง กล้ามเนื้อกระชับและเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดูก ส่งผลให้การทำงานของกลไกต่าง ๆ ของร่างกายทำงานได้อย่างสมบูรณ์ (สมศักดิ์, 2555) ดังนั้นภาวะทุพโภชนาการขาดโปรตีนจะส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันทุกระบบ โดยเฉพาะผู้สูงอายุมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องรับโปรตีนอย่างเพียงพอ โดยปกติแล้วแหล่งโปรตีนมักจะได้มาจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ อย่างไข่และนม ถึงแม้โปรตีนจากสัตว์จะเป็นโปรตีนคุณภาพดี แต่โปรตีนจากเนื้อสัตว์จะมีไขมันสูงและมีโฮโมซิสเตอีนสูง ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดการอักเสบในร่างกายเพิ่มขึ้น ดังนั้นแหล่งโปรตีนจากพืชจึงเป็นทางเลือกใหม่ เนื่องจากมีพืชบางชนิดที่มีโปรตีนอยู่ไม่น้อยและให้แคลอรีต่ำ อีกทั้งปัจจุบันโปรตีนจากพืช (plant-based protein) กำลังเป็นที่นิยมในการรับประทานกันมากขึ้น เพราะแนวโน้มการรักสุขภาพและการดูแลตนเองกำลังมาแรง โปรตีนจากพืชจึงเป็นแหล่งทางเลือกสำหรับคนหลายกลุ่ม ทั้งผู้ที่รับประทานมังสวิรัติ ผู้ที่มีข้อจำกัดในการบริโภคเนื้อสัตว์ ศาสนา รวมถึงผู้สูงอายุ (Górska-Warsewicz *et al.,* 2018)

มะรุมเป็นหนึ่งในพืชที่มีปริมาณโปรตีนสูง โดยพบว่า ในใบมะรุมมีโปรตีนสูงกว่านมสดถึง 2 เท่า และยังมีกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย รวมถึงแร่ธาตุ กรดไขมัน และวิตามิน และที่สำคัญมะรุมยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และต้านการอักเสบ (Rodríguez-Pérez *et al.,* 2015)

โปรตีน

โปรตีนมีความสำคัญต่อผู้สูงอายุอย่างมาก เพราะโปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญช่วยสร้างกล้ามเนื้อให้แข็งแรง ส่งผลให้กล้ามเนื้อกระชับและเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดูก และมีบทบาทต่อการสร้างเสริมระบบภูมิคุ้มกัน ผู้สูงอายุจำเป็นที่จะต้องได้รับโปรตีนในปริมาณที่เพียงพอเพื่อป้องกันหรือลดการเจ็บป่วย การที่ผู้สูงอายุได้รับโปรตีนที่เพียงพอจะช่วยให้ผู้สูงอายุมีแรงมากขึ้นจะทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า สดชื่น ช่วยให้ระดับน้ำตาลในเลือดคงที่ ไม่รู้สึกหิวและมีแรง และยังช่วยให้ผู้สูงอายุควบคุมน้ำหนักได้ดี อีกทั้งทำให้การทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้โปรตีนยังช่วยรักษามวลกล้ามเนื้อให้แข็งแรง ป้องกันภาวะกล้ามเนื้อลีบ เนื่องจากเอนไซม์ในร่างกายล้วนประกอบไปด้วยโปรตีน ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายจะต้องการโปรตีนเพื่อซ่อมแซมส่วนต่าง ๆ ของร่างกายประมาณ 40-60 กรัมต่อวัน หรือประมาณ 1 กรัมต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อวัน หรือมื้อละประมาณ 12-20 กรัม (ฉัตรภา, 2558) โดยเฉพาะโปรตีนไฮโดรไลเซตมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรค ลดความเสี่ยงในการได้รับสารที่จะกระตุ้นร่างกายให้เกิดการอักเสบ เนื่องจากการอักเสบเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ มากมาย การหลั่งสารสื่อกลางการอักเสบ (cytokine) ที่มากเกินไปหรือหลั่งเป็นระยะเวลาต่อเนื่องเกี่ยวข้องกับการเกิดพยาธิวิทยาของโรคต่าง ๆ เช่น โรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (Rheumatoid arthritis) โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) โรคพาร์กินสัน (Parkinson's disease) ภาวะช็อคจากการติดเชื้อ (Septic shock) โรคเบาหวาน และโรคอักเสบต่าง ๆ รวมถึงโรคมะเร็ง (Coleman, 2001; Guzik *et al.*, 2003) ซึ่งกรดอะมิโนจำเป็นที่ได้จากโปรตีนในอาหารสำคัญต่อการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดการอักเสบ และเสริมสร้างเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันอย่างมาก มีรายงานว่าโปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของปลา เช่น ก้าง กระดูก เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และเกล็ดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ (Wiriyaphan *et al.*, 2012)

การขาดโปรตีนในผู้สูงอายุ

สำหรับผู้สูงอายุโดยส่วนใหญ่ใน 1 วัน จะได้รับโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย อาจเป็นเพราะการเบื่ออาหารหรือรับประทานแต่อาหารเดิม ๆ จนทำให้รู้สึกไม่อยากรับประทานอาหารและรับประทานอาหารได้น้อยลง ซึ่งสาเหตุอาจมาจากสภาพร่างกายที่เสื่อมถอยทำให้การเคี้ยวและการกลืนอาหาร การรับรสชาติของอาหาร รวมถึงความสามารถในการย่อยอาหารที่ลดลง ส่งผลให้ผู้สูงอายุมีความอ่อนล้า อ่อนเพลีย ไม่สดชื่น ไม่มีแรง เพราะส่วนสำคัญในการเคลื่อนไหวร่างกายไม่ใช่แค่กระดูกและไขข้อ แต่ยังรวมถึงกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่บังคับให้ร่างกายเคลื่อนไหว ดังนั้นเมื่อผู้สูงอายุไม่ได้รับโปรตีนที่เพียงพออาจทำให้มีปัญหาในการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุและบาดเจ็บ หากเกิดการบาดเจ็บร่างกายจะใช้เวลาในการฟื้นฟูร่างกายได้นานกว่าปกติ และเสี่ยงต่อการเกิดโรคอื่น ๆ ตามมา เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคกระดูกและข้อ โรคติดเชื้อ โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น อีกทั้งผู้สูงอายุที่ขาดโปรตีนมักจะอ้วนได้ง่ายกว่าผู้สูงอายุที่รับประทานโปรตีนอย่างเพียงพอ เนื่องจากโปรตีนมีส่วนช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดของผู้สูงอายุให้คงที่ ทำให้ไม่รู้สึกหิวง่าย ช่วยให้ผู้สูงอายุควบคุมการกินและควบคุมน้ำหนักได้ (เมก้าวีแคร์, 2564)

แหล่งโปรตีน

โดยทั่วไปแล้วเรามักได้รับโปรตีนจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เนื้อปลาและอาหารทะเล น้ำนม ไข่ ซึ่งจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่ดี (Górska-Warsewicz *et al.,* 2018) อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2561 กองทุนวิจัยโรคมะเร็งโลก (world cancer research fund) พบว่า โปรตีนเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับโรคมะเร็ง เช่น การบริโภคเนื้อแดง (เนื้อโค เนื้อสุกร เนื้อแพะ เนื้อแกะ) ในปริมาณ 100 กรัมต่อวัน หรือผลิตภัณฑ์เนื้อแปรรูป (การหมักเกลือ การรมควัน การหมักให้เกิดกรดแลคติก) ในปริมาณ 50 กรัมต่อวัน เพิ่มความเสี่ยงให้เกิดมะเร็ง ดังนั้น ผู้บริโภคปัจจุบันจึงให้ความสำคัญกับแหล่งของโปรตีนทางเลือกมากขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนจากพืชที่กำลังได้รับความสนใจในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ไม่บริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (vegan) และผู้บริโภคที่มีข้อจำกัดในการบริโภคโปรตีนจากสัตว์ตามหลักศาสนา วัฒนธรรม ความเชื่อ เช่น การรับประทานเจ (oriental vegetarian) รวมถึงการตระหนักเรื่องหลักสวัสดิภาพสัตว์ สิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ซึ่งพบว่ากลุ่มคนที่บริโภคโปรตีนจากพืชมีอัตราเติบโตอย่างรวดเร็วคิดเป็นร้อยละ 23 ต่อปี และคาดว่าในอีก 9 ปี ข้างหน้าร้อยละ 25 ของการบริโภคเนื้อสัตว์จะถูกทดแทนด้วยโปรตีนจากพืช และที่สำคัญโปรตีนจากพืชไม่มีคอเลสเตอรอล ไม่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งแตกต่างจากเนื้อสัตว์ที่มีคอเลสเตอรอล ก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ อีกทั้งยังมีไฟโตนิวเทรียนท์ กรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุที่สำคัญต่อร่างกายหลายชนิด และมีใยอาหารที่ดีต่อสุขภาพของลำไส้ นอกจากนี้โปรตีนจากพืชยังมีคุณสมบัติต้านการอักเสบ และมีสารต้านอนุมูลอิสระช่วยลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคมะเร็ง ความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และเนื่องจากโปรตีนจากเนื้อสัตว์จะใช้เวลาในการย่อยที่นานและจะมาพร้อมกันกับไขมันอิ่มตัว สำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาของโรคไขมันในเลือดและโรคความดันโลหิตสูงจึงควรระวังการได้รับโปรตีนจากสัตว์ที่มากเกินไป และไม่ควรรับประทานโปรตีนในปริมาณมากก่อนนอนเพราะจะทำให้ไม่สบายท้องและนอนไม่หลับ การรับประทานโปรตีนจากพืชจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้สูงอายุ (Shams-White *et al.*, 2019)

โปรตีนจากพืช

โปรตีนจากพืชมักได้จากเมล็ดพืช เช่น ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ทานตะวัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเมล็ดพืชที่สามารถผลิตได้ในประเทศ ซึ่งโปรตีนจากพืชประกอบไปด้วยสารสำคัญหลายชนิด ได้แก่ สารจำพวกพฤกษ-เคมีหลายกลุ่ม เช่น สารในกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoids) ที่ให้ผลในการป้องกันมะเร็ง สารในกลุ่มฮอร์โมนพืช (phytoestrogen) ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ สารเหล่านี้นับเป็นสารเสริมสุขภาพที่พบได้เฉพาะในพืช ในขณะที่โปรตีนจากเนื้อสัตว์หลายชนิด หรือโปรตีนจากนมมักก่อให้เกิดอาการแพ้หรือรบกวนภูมิต้านทานของโรคบางอย่างได้ นอกจากนี้พบว่า มีการใช้โปรตีนจากพืชเพื่อเพิ่มบทบาทเชิงหน้าที่ของโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร เช่น สมบัติการดูดซึมน้ำ การเกิดฟอง โดยเฉพาะสมบัติการเกิดอิมัลชันและการเกิดเจล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตและแปรรูปอาหาร (Chabanon *et al.,* 2007) และปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากโปรตีนไฮโดรไลเซตอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในวงการอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเซตมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติที่เหมาะจะนำมาเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง และทางด้านการแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติในด้านการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้รับความสนใจ

เป็นพิเศษ เนื่องจากสามารถนำมาทดแทนสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบสังเคราะห์ เช่น propyl gallate (PG), 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylate hydroxyanisole, butylated hydroxytoluene (BHT) และ tertiary butylhydroquinone ในผลิตภัณฑ์อาหารของมนุษย์ได้ เนื่องจากการไฮโดรไลเซตของโปรตีนเป็นการทำลายพันธะเปปไทด์เพื่อให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งจะช่วยให้เกิดความหลากหลายในการเรียงลำดับของกรดอะมิโน ทำให้มีฤทธิ์ทางชีวภาพแตกต่างกัน ซึ่งพบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติที่มีบทบาทต่อการสร้างเสริมระบบภูมิคุ้มกันและลดการอักเสบ โดยกรดอะมิโนจำเป็นที่ได้จากโปรตีนในอาหารสำคัญต่อการสังเคราะห์สารและเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันอย่างมาก เช่น อาร์จินีน (arginine) มีความสำคัญและจำเป็นต่อระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะเจาะจง ช่วยเพิ่มจำนวนและกระตุ้นการสร้างไซโตไคน์จากเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดทีเซลล์ (t-cells) ที่ทำหน้าที่ในการทำลายเซลล์เนื้องอกและเซลล์มะเร็ง (Daly *et al.,* 1990) การขาดโปรตีนจะส่งผลให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้แย่ลง ทำให้เกิดการแบ่งตัวของเซลล์เนื้องอกเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้โปรตีนพืชยังให้กรดอะมิโนที่จำเป็นในการสังเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดการอักเสบ เช่น สารกลูตาไธโอน (glutathione) ซึ่งใช้กรดอะมิโน 3 ชนิด คือ ซิสเตอีน (cysteine) กลูตามีน (glutamine) และไกลซีน (glycine) ในการสังเคราะห์ในร่างกาย การได้รับอาหารโปรตีนไม่เพียงพอจะส่งผลทำให้การสังเคราะห์กลูตาไธโอนต่ำลงและเกิดการอักเสบมากขึ้น กรดอะมิโนอื่น ๆ เช่น ทอรีน (taurine) ซึ่งสามารถสังเคราะห์ในร่างกายได้จากซิสเตอีน เป็นตัวช่วยลดการอักเสบและเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันเช่นกัน (Green and Lamming, 2019; Grimble, 2006; Hryby and Jacques, 2019) ได้มีงานวิจัยรายงานว่า เปปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ๆ (<10 kDa) มีประสิทธิภาพในด้านการต้านอนุมูลอิสระและลดอาการแพ้ลงได้มากกว่าเปปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลสูง ๆ (García-Tejedor *et al.,* 2014; Ruiz *et al.,* 2013)

จากการรายงานพบว่า โปรตีนไฮโดรไลเซตที่ได้จากถั่วแระ ถั่วขาว มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ angiotensin-converting enzyme (ACE) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับโรคหลอดเลือดและความดันโลหิตสูง (Hanafi *et al.,* 2018; Rui *et al.,* 2013) นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกว่าโปรตีนสกัดจากกากถั่วดาวอินคาที่ได้ไฮโดรไลเซตมีฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ ACE สูงถึง 33 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Chirinos *et al.,* 2020)

มะรุม

มะรุมเป็นหนึ่งในพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่พบมากในประเทศไทยและประเทศในเขตร้อน มีประโยชน์สามารถนำมารับประทานได้หลายส่วน ทำให้มีการศึกษาและนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมมากขึ้น ทั้งทางด้านอาหาร ยา เครื่องสำอาง และสิ่งทอ เป็นต้น มะรุมประกอบด้วยโปรตีนในปริมาณที่สูง โดยพบว่าใบมะรุมมีโปรตีนสูงกว่านมสดถึง 2 เท่า และมีกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย (Makkar and Becker, 1996; Moyo *et al.,* 2011) จากการที่มะรุมเป็นพืชที่มีธาตุอาหารปริมาณสูงมาก ในบางประเทศจึงมีการส่งเสริมให้นำมะรุมมารับประทานเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เพื่อป้องกันและรักษาภาวะทุพโภชนาการ

งานวิจัยของ Jongrungruangchok และคณะ (2010) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานและแร่ธาตุในใบมะรุมที่ปลูกในประเทศไทยจากทั้งหมด 11 จังหวัด

จากผลการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบที่พบมากที่สุด คือโปรตีนคิดเป็นร้อยละ 19.15-28.80 ไขมันคิดเป็นร้อยละ 2.06-2.47 กากอาหารคิดเป็นร้อยละ 16.30-23.89 และความชื้นคิดเป็นร้อยละ 8.52-13.53 และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่าง ๆ ของมะรุม (ใบ เปลือก เนื้อ เมล็ด) พบว่า ใบมะรุมจะมีค่าปริมาณโปรตีนสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 30.56 ซึ่งสูงกว่าเมล็ด เปลือก และเนื้อมะรุม ตามลำดับ (อุกฤต, 2562) สอดคล้องกับการศึกษาของ Moyo และคณะ (2011) ที่พบปริมาณโปรตีนในใบมะรุมสูงเท่ากับร้อยละ 30.29 นอกจากนี้ใบมะรุมยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ โดยมีวิตามินซีมากกว่าส้ม 7 เท่า วิตามินเอมากกว่าแคร์รอต 10 เท่า แคลเซียมมากกว่านม 17 เท่า โพแทสเซียมมากกว่ากล้วย 15 เท่า และเหล็กมากกว่าผักโขม 25 เท่า กรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ อาร์จีนิน ฮิสติดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน ธรีโอนีน ทริปโตเฟน และกรดอะมิโนวาลีน ซึ่งล้วนเป็นกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายผลิตขึ้นเองไม่ได้ กรดไขมัน 17 ชนิด และเบต้าแคโรทีนซึ่งเป็นสารสีตามธรรมชาติ (Makkar and Becker, 1996; Moyo *et al.*, 2011) สำหรับสารต้านโภชนะมีรายงานว่า ในใบมะรุมพบ กรดไฟติก ซาโปนิน แทนนิน และออกซาเลต (Shih *et al.*, 2011)

จากคุณสมบัติดังกล่าวใบมะรุมจึงถูกนำไปทดลองใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารสัตว์หลายประเภท เช่น วัว (Mendieta-Araica *et al.*, 2011) แพะ (Kholif *et al.*, 2015) ไก่ (Melesse *et al.*, 2013) ปลาดุกแอฟริกา (Ayotunde *et al.*, 2016) ปลานิล (Richter *et al.*, 2003) และปลาเผาะ (Puycha *et al.*, 2017) ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองเหล่านี้พบว่า ใบมะรุมสามารถใช้ทดแทนโปรตีนในสูตรอาหารได้ โดยระดับที่ใช้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ใบมะรุมมีปริมาณโปรตีนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับมนุษย์หรือเป็นแหล่งโปรตีนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติได้ เนื่องจากทางด้านเภสัชวิทยาพบว่า มะรุมมีฤทธิ์ลดระดับการสะสมไขมันในตับ ลดความอ้วน และยับยั้งการอักเสบเฉียบพลันของปอด ต้านมะเร็ง ป้องกันตับถูกทำลาย รักษาโรคหอบหืด ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการอักเสบ รวมทั้งยังสามารถลดคอเลสเตอรอลในเลือดได้อีกด้วย (Rodríguez-Pérez *et al.*, 2015)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของมะรุมจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ใบสด ใบแห้ง และฝัก ในปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ใบสด	ใบแห้ง	ฝัก
ความชื้น (%)	75	7.5	86.9
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	92	329	26
โปรตีน (กรัม)	6.7	29.4	2.5
ไขมัน (กรัม)	1.7	5.2	0.1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	12.5	41.2	3.7
เยื่อใย (กรัม)	0.9	12.5	4.8
วิตามิน B1 (มิลลิกรัม)	0.06	2.02	0.05
วิตามิน B2 (มิลลิกรัม)	0.05	21.3	0.07
วิตามิน B3 (มิลลิกรัม)	0.8	7.6	0.2
วิตามิน C (มิลลิกรัม)	220	15.8	120

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของมะรุมจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ใบสด ใบแห้ง และฝัก ในปริมาณ 100 กรัม (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ใบสด	ใบแห้ง	ฝัก
วิตามิน E (มิลลิกรัม)	448	10.8	-
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	440	2185	30
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	42	448	24
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	70	252	110
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	259	1236	259
ทองแดง (มิลลิกรัม)	0.07	0.49	3.1
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.85	25.6	5.3
กำมะถัน (มิลลิกรัม)	-	-	137

ที่มา : Gopalakrishnan *et al.* (2016)

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นจากส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ใบสด ใบแห้ง และฝัก ในปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ใบสด	ใบแห้ง	ฝัก
อาร์จินีน (มิลลิกรัม)	406.6	1325	360
ฮีสติดีน (มิลลิกรัม)	149.8	613	110
ไลซีน (มิลลิกรัม)	342.4	1325	150
ทริปโตเฟน (มิลลิกรัม)	107	425	80
ฟีนิลอะลานีน (มิลลิกรัม)	310.3	1388	430
เมทไธโอนีน (มิลลิกรัม)	117.7	350	140
ธรีโอนีน (มิลลิกรัม)	117.7	1188	390
ลิวซีน (มิลลิกรัม)	429.2	1950	650
ไอโซลิวซีน (มิลลิกรัม)	299.6	825	440
วาลีน (มิลลิกรัม)	374.5	1063	540

ที่มา : Fuglie (2005)

บทสรุป

ผู้สูงอายุเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของร่างกาย การทำงานของอวัยะต่าง ๆ จะลดลงทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรค อีกทั้งยังเป็นวัยที่เสี่ยงต่อภาวะทุพโภชนาการจากการได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ การรับประทานอาหารที่มีสารอาหารครบถ้วน โดยเฉพาะโปรตีนอย่างเพียงพอ จะช่วยลดความเสี่ยงจากโรคเรื้อรังหลายชนิด อย่างไรก็ตามการรับประทานโปรตีนโดยเฉพาะโปรตีนจากเนื้อสัตว์สำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาของโรคไขมันในเลือดและโรคความดันโลหิตสูงไม่ควรรับประทานมากเกินไป และไม่ควรรับประทานโปรตีนในปริมาณมากก่อนนอน เพราะจะทำให้ไม่สบายท้องและนอนไม่หลับ เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อสัตว์เป็นโปรตีนที่ใช้เวลาในการย่อยนาน ดังนั้นการรับประทานโปรตีนจากพืชจึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้สูงอายุ โดยเฉพาะโปรตีนจากมะรุม ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นที่สำคัญหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย รวมถึงแร่ธาตุ กรดไขมัน และวิตามิน และที่สำคัญมะรุมยังมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็ง และต้านการอักเสบ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

ฉัตรภา หัตถโกศล. 2558. โปรตีนกับผู้สูงอายุ. https://mgronline.com/qol/detail/9580000048267 [4 กรกฎาคม 65].

เมก้าวีแคร์. 2564. โปรตีน สารอาหารที่สำคัญสำหรับผู้สูงอายุในช่วงนี้. https://www.megawecare.co.th/content/5658/protein-for-elderly [14 กรกฎาคม 65].

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). 2563. สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2562. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

สมศักดิ์ ชุณหรัศมิ์. 2555. รายงานประจำปีสถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2553. 147 หน้า.

อุกฤต มากศรทรง. 2562. คุณสมบัติของสารสกัดและโปรตีนไฮโดรไลเซทจากมะรุมต่อความสามารถในการต้านออกซิเดชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Ayotunde EO, Fidelis BA and Grace NU. 2016. Effect of partial replacement of fishmeal with *Moringa oleifera leaf* meal on the haematology, carcass composition and growth perfomance of Clariasgariepinus (Burchell 1822) fingerlings. Int. J. Fish. Aquat. Stud. 4(4) : 307-311.

Chabanon G, Chevalot I, Framboisier X, Chenu S and Mare, I. 2007. Hydrolysis of rapeseed protein isolates : kinetics, characterization and functional properties of hydrolysates. Process Biochem. 42(2007) : 1419-1428.

Chirinos R. Pedreschi R and Campos D. 2020. Enzyme-assisted hydrolysates from sacha inchi (*Plukenetia Volubilis*) protein with *in vitro* antioxidant and antihypertensive properties. J. Food Process. Preserv. 44(12) : e14969.

Coleman JW. 2001. Nitric oxide in immunity and inflammation. Int Immunopharmacol. 1(8) : 1397-1406.

Daly JM, Rreynolds J, Sigal RK, Shou J and Liberman MD. 1990. Effect of dietary protein and amino acids on immune function. Crit Care Med. 18(2) : S86-S93.

Fuglie LJ. 2005. The Moringa tree. A local solution to malnutrition. http://www.moringanews.org/documents/Nutrition.pdf [2 July 2022].

García-Tejedor A, Sánchez-Rivera L, Castelló-Ruiz M, Recio I, Salom JB and Manzanares P. 2014. Novel antihypertensive lactoferrin-derived peptides produced by Kluyveromyces marxianus: gastrointestinal stability profile and *in vivo* angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibition. J Agric Food Chem. 62(7) : 1609-1616.

Gopalakrishnan L, Doriya K and Kumar DS. 2016. *Moringa oleifera*: A review on nutritive importance and its medicinal application. Food Sci. Hum. Wellness. 5(2) : 49–56.

Górska-Warsewicz H, Laskowski W, Kulykovets O, Kudlinska-Chylak A, Czeczotko M and Rejman K. 2018. Food products as sources of protein and amino acids-the case of Poland. Nutrients. 10(12) : 1977.

Green CL and Lamming DW. 2019. Regulation of metabolic health by essential dietary amino acids. Mech Ageing Dev. 177 : 186-200.

Grimble RF. 2006. The Effects of sulfur amino acid intake on immune function in humans. J Nutr. 136(6) : 1660S-1665S.

Guzik TJ, Korbut R and Adamek-Guzik T. 2003. Nitric oxide and superoxide in inflammation and immune regulation. J Physiol Pharmacol. 54(4) : 469-487.

Hanafi MA, Hashim SN, Chay SY, Ebrahimpour A, Zarei M, Muhammad K, Abdul-Hamid A and Saari N. 2018. High angiotensin-I aonverting enzyme (ACE) inhibitory activity of alcalase-digested green soybean (*Glycine Max*) hydrolysates. Food Res Int. 106 : 589-597.

Hryby A and Jacques PF. 2019. Dietary protein and changes in biomarkers of inflammation and oxidative stress in the Framingham Heart Study Offspring Cohort. Curr Dev Nutr. 3(5) : nzz019.

Jongrungruangchok S, Bunrathep S and Songsak T. 2010. Nutrients and minerals content of eleven different samples of *Moringa oleifera* cultivated in Thailand. J Health Res. 24(3) : 123-127.

Kholif AE, Gouda GA, Morsy T and Kholif AM. 2015. *Moringa oleifera* leaf meal as a protein source in lactating goat's diets: feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile. Small Rumin. Res. 129 : 129-137.

Makkar HPS and Becker K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. Anim. Feed. Sci. Tech. 63(1996) : 211-228.

Melesse A, Getye Y, Berihun K and Banerjee S. 2013. Effect of feeding graded levels of Moringa stenopetala leaf meal on growth performance, carcass traits and some serum biochemical parameters of Koekoek chickens. Livest Sci. 157(2-3) : 498-505.

Mendieta-Araica B, Spörndly R, Reyes-Sanchez N and Spörndly E. 2011. Moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. Livest Sci. 137(1-3) : 10-17.

Moyo B, Masika PJ, Hugo A and Muchenje V. 2011. Nutritional characterization of moringa (*Moringa Oleifera* Lam.) leaves. Afr. J. Biotechnol. 10(60) : 12925-12933.

Puycha K, Yuangsoi B, Charoenwattanasak S and Wongmaneeprateep S. 2017. Effect of moringa (*Moringa oleifera*) leaf supplementation on growth performance and feed utilization of Bocourti's catfish (*Pangasius bocourti*). Agr. Nat. Resour. 51(4) : 286-291.

Richter N, Siddhuraju P and Becker K. 2003. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture. 217(1-4) : 599-611.

Rodríguez-Pérez C, Quirantes-Piné R, Fernández-Gutiérrez A and Segura-Carretero A. 2015. Optimization of extraction method to obtain a phenolic compounds-rich extract from *Moringa oleifera* Lam leaves. Ind Crops and Prod. 66 : 246-254.

Ruiz J, DO G, Chel-Guerrero L and Betancur-Ancona D. 2013. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory and antioxidant peptide fractions from hard-to-cook bean enzymatic hydrolysates. Food Biochem. 37(1) : 26-35.

Rui X, Boye JI, Simpson BK and Prasher SO. 2013. Purification and characterization of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides of small red bean (*Phaseolus Vulgaris*) hydrolysates. J Funct Foods. 5(3) : 1116-1124.

Shams-White MM, Brockton NT, Mitrou P, Romaguera D, Brown S, Bender A, Kahle LL and Reedy J. 2019. Operationalizing the 2018 World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research (WCRF/AICR) Cancer Prevention Recommendations: A Standardized Scoring System. Nutrients. 11(7) : 1572.

Shih MC, Chang CM, Kang SM and Tsai ML. 2011. Effect of different parts (leaf, stem and stalk) and seasons (summer and winter) on the chemical compositions and antioxidant activity of *Moringa oleifera*. Int. J. Mol. Sci. 12(9) : 6077-6088.

Wiriyaphan C, Chitsomboon B and Yongsawadigul J. 2012. Antioxidant activity of protein hydrolysates derived from threadfin bream surimi byproducts. Food Chem. 132(1) : 104-111.

คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพของสารโปรไซยานิดินของโกโก้กับประโยชน์ด้านสุขภาพ

Chemical and biological properties of procyanidins of cocoa and health benefits

ดร.สมัชญา งามสุข (Dr.Samuchaya Ngamsuk)

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร (Department of Food Chemistry and Physics)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- โกโก้ประกอบด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลและโปรไซยานิดินในปริมาณที่สูง
- โปรไซยานิดินจากโกโก้มีฤทธิ์ทางชีวภาพ
- การบริโภคโกโก้หรือผลิตภัณฑ์จากโกโก้ในปริมาณที่พอดีถือว่าปลอดภัย

Highlights

- Cocoa contains high amounts of polyphenols and procyanidins
- Procyanidins from cocoa had bioactive activity
- The intake of moderate quantities of cocoa or cocoa product as safe

บทคัดย่อ

สารประกอบโพลีฟีนอลมีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายด้าน ได้แก่ การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งการแบ่งตัวและเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง การต่อต้านริ้วรอย ฤทธิ์ต้านมะเร็ง การต้านการอักเสบ ช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น สารประกอบโพลีฟีนอลเป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติที่มีงานวิจัยจำนวนมากให้ความสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยในเมล็ดโกโก้อุดมไปด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลที่ช่วยทำให้หลอดเลือดเกิดการขยายตัวและทำให้เลือดไหลเวียนได้ดีในผู้ที่บริโภคโกโก้เป็นประจำ นอกจากนี้ยังพบว่าโกโก้อาจช่วยลดความเสี่ยงของโรคที่เกี่ยวกับระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองและสารในกลุ่มโพลีฟีนอลในโกโก้อาจส่งผลดีต่ออารมณ์และอาการซึมเศร้าโดยไปลดระดับความเครียด ลดความเสี่ยงของโรคเบาหวาน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบและป้องกันการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง เมล็ดโกโก้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารที่อยู่ในรูปโมโนเมอร์ (monomer) ได้แก่ คาเทชิน (catechin) และ อีพีคาเทชิน (epicatechin) และสารที่อยู่ในรูปพอลิเมอร์ (polymer) โดยเมล็ดโกโก้ประกอบด้วยสารสำคัญ คือ ฟลาโวนอยด์

ที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ดังนี้ สารโปรไซยานิดิน (procyanidins) 58% ฟลาแวน-3-โอล (flavan-3-ols) 37% และสารแอนโทไซยานิน (anthocyanins) 4% สารโปรไซยานิดินเป็นสารสำคัญที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและเป็นสารประกอบฟีนอลที่พบได้ตามธรรมชาติ สำหรับโครงสร้างของสารโปรไซยานิดินเป็นที่น่าสนใจมาก เนื่องจากมีกิจกรรมทางชีวภาพที่หลากหลายด้านไม่ว่าจะช่วยในการต้านอนุมูลอิสระ ลดการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ลดการเกิดโรคเบาหวาน ลดความดันโลหิตสูง อีกทั้งมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ และการนำมาใช้ในการรักษาโรคเรื้อรังแบบไม่ติดต่อ

คำสำคัญ : เมล็ดโกโก้ กิจกรรมทางชีวภาพ คุณสมบัติทางเคมี สารโปรไซยานิดิน

Keywords : cocoa beans, bioactive activity, chemical properties, procyanidins

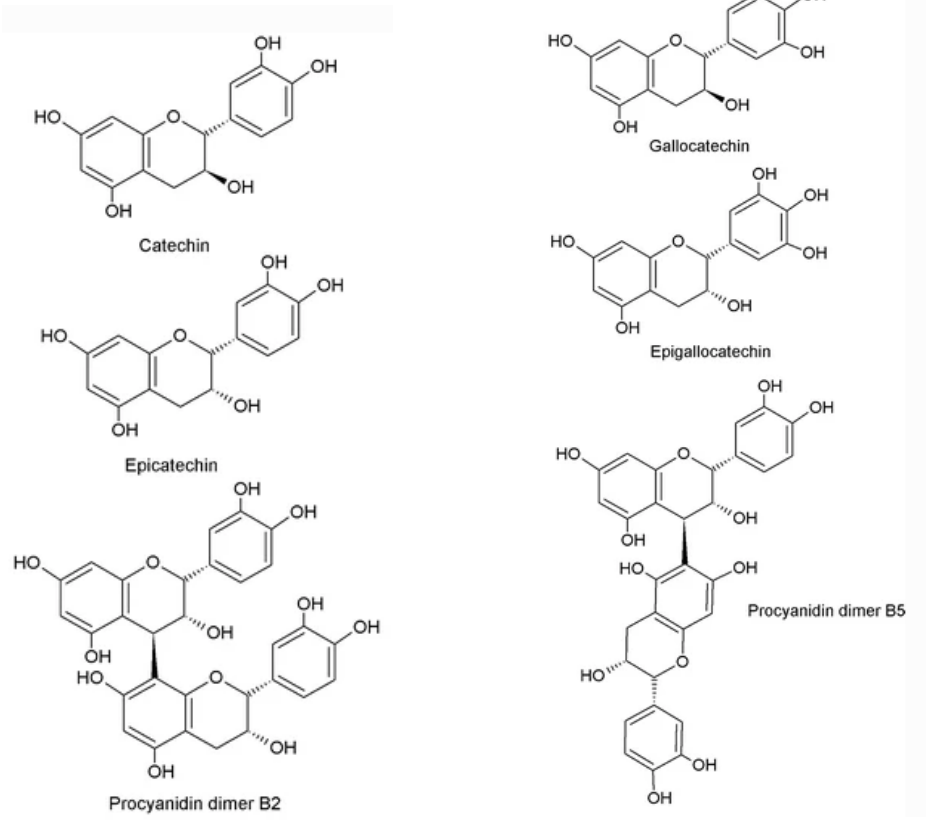
บทนำ

โกโก้เป็นเมล็ดพืชที่นิยมนำมาผลิตเป็นช็อคโกแลต เนื่องจากเมล็ดโกโก้มีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ นอกจากนี้ไขมันในเมล็ดโกโก้ก็สามารถนำมาผสมในครีมบำรุงผิวเพื่อป้องกันริ้วรอยและเพิ่มความชุ่มชื้นแก่ผิว ถึงแม้ว่าโกโก้จะมีประโยชน์มากมายแต่ผู้บริโภคเองก็ควรรับประทานในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อป้องกันผลข้างเคียงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ โกโก้ประกอบไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด เช่น ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เส้นใย โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส ทองแดง เหล็ก แมงกานีส เป็นต้น ในช่วงเกือบ 20 ปี ที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนมากต่างสนใจสารต้านอนุมูลอิสระจากโกโก้และช็อคโกแลตมาใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพมากขึ้น มีการศึกษาถึงสารประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ องค์ประกอบทางเคมีและคุณประโยชน์ที่ช่วยในการรักษาโรคและการป้องกันโรคต่าง ๆ ของโกโก้และผลิตภัณฑ์ของโกโก้ อีกทั้งยังมีสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ คาเทชิน โปร-ไซยานิดิน เป็นต้น โดยมีหลายงานวิจัยได้พบว่าสารโปรไซยานิดินส่งผลดีต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ช่วยควบคุมระดับความดันเลือด ลดระดับคอเลสเตอรอล ต้านอนุมูลอิสระ ลดความเครียด ช่วยการทำงานของระบบประสาท ช่วยชะลอการเสื่อมโทรมของผิว เป็นต้น การตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับกิจกรรมทางชีวภาพทำโดยการจำลองสภาวะการทำงานในหลอดทดลองชี้ให้เห็นว่าโปรไซยานิดินจากโกโก้อาจมีผลต่อภูมิคุ้มกันของร่างกาย เมื่อไม่นานมานี้เริ่มมีการศึกษาที่เน้นย้ำถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของโปรไซยานิดินที่เกี่ยวข้องกับการส่งสัญญาณต่างของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการตาย การเพิ่มจำนวน การอยู่รอดและการตอบสนองต่อการอักเสบ จึงเป็นแรงจูงใจให้รวบรวมผลงานวิจัยและเรื่องราวคุณประโยชน์ของโกโก้แล้วเรียบเรียงเป็นบทความที่เป็นปัจจุบันให้เกิดประโยชน์แก่ผู้สนใจนำไปใช้ประโยชน์

โปรไซยานิดินในโกโก้

โกโก้เป็นแหล่งของสารประกอบโพลีฟีนอลหลายชนิด ได้แก่ กรดไฮดรอกซีเบนโซอิก (gallic acid, syringic acid, protocatechuic acid, vanillic acid) กรดไฮดรอกซีซินนามิกและอนุพันธ์ (caffeic acid, ferulic acid, *p*-coumaric acid, phloretic acid, clovamide, dideoxyclovamide) และ flavan-3-ols (catechin, epicatechin, procyanidins) นอกจากนี้ยังมีสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (quercetin, luteolin, apigenin, naringenin) (Borchers *et al.*, 2000; Natsume *et al.*, 2000; Counet *et al.*,

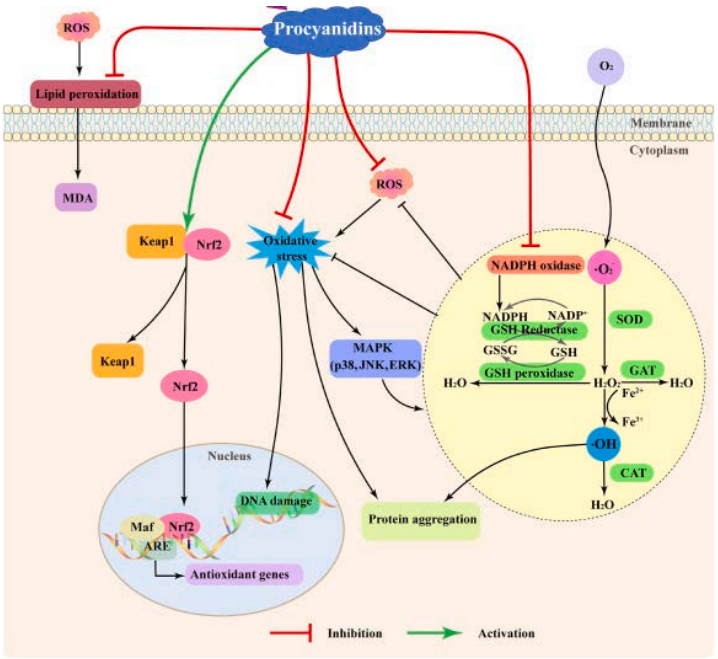
2004) กลุ่มของสารโพลีฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบหลักของโกโก้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 1 โปรไซยานิดิน (procyanidins) ได้มาจากโปรแอนโธไซยานิดินหรือที่รู้จักกันในการเกิดการควบแน่นของแทนนิน (Han *et al.,* 2007) โปรไซยานิดินอาจเกิดจากโอลิโกเมอร์หรือพอลิเมอร์ของ flavan-3-ol ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อย คือ คาเทชินหรืออิพิคาเทชิน และ 3-O-gallates โปรไซยานิดินสามารถแบ่งออกตามการจัดเรียงของสเตอริโอเคมีและระดับของการเกิดพอลิเมอร์ไรเซชันได้เป็น A – type และ B-type (Tsao and McCallum, 2010; Bittner *et al.,* 2013) โปรไซยานิดิน B-type มีลักษณะเฉพาะโดยมีพันธะเดี่ยวที่ interflavan bond ระหว่าง carbon-4 ของ B-ring และ either carbon-8 หรือ carbon-6 ของ C-ring โปรไซยานิดิน B-type นั้นพบได้มากที่สุด เช่น procyanidins B1 procyanidins B2, procyanidins B3 และ procyanidins B4 สำหรับโปรไซยานิน A-type นั้นไม่เพียงแต่มีพันธะระหว่าง interflavan bond เท่านั้นแต่ยังมีการเชื่อมกับ ether-2 ที่อยู่ระหว่างหมู่ไฮดรอกซิล A-ring และ carbon-2 ของ A-ring โปรไซยานิดิน A-type ที่พบได้มากที่สุด ได้แก่ procyanidins A1 และ procyanidins A2 (Bittner *et al.,* 2013) นอกจากนี้สารประกอบโอลิโกเมอร์ของโปรไซยานิดินสามารถแยกได้เป็นสารในกลุ่มโมโนเมอร์ที่พบตามธรรมชาติ ได้แก่ คาเทชิน อิพิคาเทชิน gallocatechin, epigallocatechin, epigallocatechin gallate, procyanidins B1, procyanidins B2, Procyanidins B3, procyanidins B4, procyanidins B5, procyanidins C1, procyanidins C2 และ procyanidins D1 (Santos-Buelga and Scalbert, 2000; Gu *et al.,* 2006) โดยโกโก้สามารถพบโปรไซยานิดิน B-type ซึ่งประกอบด้วย procyanidins B1 และ procyanidins B2 (Miller *et al.,* 2006)



รูปที่ 1 กลุ่มของสารโพลีฟีนอลที่เป็นองค์ประกอบหลักของโกโก้
ที่มา : Rusconi *et al.* (2013)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การเกิดออกซิเดชันเป็นกระบวนการปกติที่เกิดขึ้นในร่างกายของเรา ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุล (oxidative stress) คือภาวะที่ร่างกายมีอนุมูลอิสระมากจนสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายมีปริมาณไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่อดีเอ็นเอ โปรตีน ไขมันและโมเลกุลต่าง ๆ (Kregel and Zhang, 2007; Chandra *et al*., 2015) ภาวะถูกออกซิไดซ์เกินสมดุลที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเกี่ยวข้องกับโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคพาร์กินสัน โรคอัลไซเมอร์ โรคมะเร็ง โรคหัวใจ โรคเบาหวาน โรคอ้วน และโรคต้อกระจก (Murphy, 2011) โกโก้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ จากธรรมชาติ เช่น ไวน์แดง ชาเขียว และชาดำ ซึ่งฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของโกโก้นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของโปรไซยานิดินที่พบในโกโก้ (Lee *et al*., 2003) โดยพบว่า บริโภคผงโกโก้ 5 กรัม และดาร์กช็อคโกแลต 40 กรัม จะทำให้ได้รับปริมาณของโปรไซยานิดินสูงถึง 108 และ 517 มิลลิกรัม/ตัวอย่าง ตามลำดับ (Gu *et al*., 2006) ซึ่งสูงกว่าอาหารชนิดอื่น เช่น องุ่น รำข้าวฝ่าง แครนเบอร์รี และบลูเบอร์รี (Steinberg *et al*., 2003; Gu *et al*., 2006) โปรไซยานิดินมีประสิทธิ์ภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระชนิดต่าง ๆ เช่น 2.2'-azino-bis (3-ethylbenthiazoline-6-sulphonic acid ($ABTS^+$), 2,2-diphenyl-l-picrylhydrazyl (DPPH), singlet oxygen ($^1O_2$), superoxide anion (O_2-), hydroxyl (OH), nitric oxide (NO), alkyl peroxyl (ROO) และ chelating Fe^{2+} เป็นต้น (Lee *et al*., 2003; Morel *et al*., 1993; Sana *et al*., 2003) รวมไปถึงสามารถป้องกันการแตกของเม็ดเลือดแดง (Zhu *et al*., 2002) ฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของโปรไซยานิดินสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งคล้ายกับการรายงานของ Gu และคณะ (2006) พบว่า ผลิตภัณฑ์โกโก้และช็อคโกแลตมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากมีโปรไซยานิดินเป็นองค์ประกอบและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับมีปริมาณของโปรไซยานิดินในผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถบอกได้ว่าโปรไซยานิดินมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี



รูปที่ 2 กลไกการต้านอนุมูลอิสระของโปรไซยานิดิน

ที่มา : Yang *et al*. (2021)

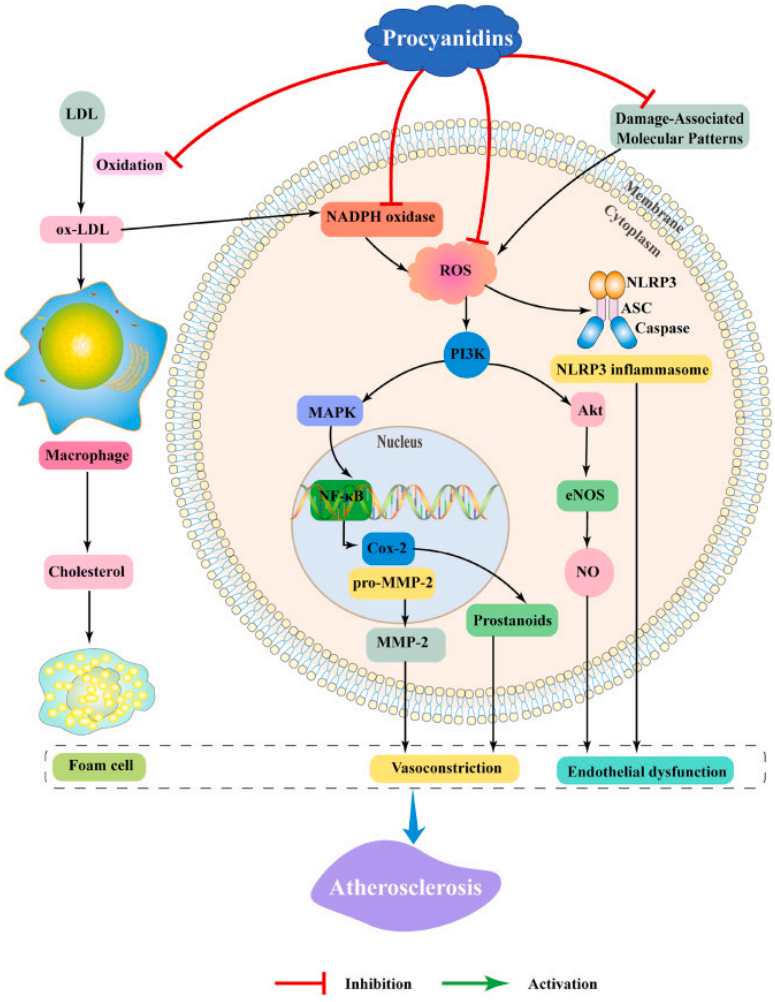
ฤทธิ์ต้านเบาหวาน

โรคเบาหวานเป็นปัญหาด้านสุขภาพที่ประชากรทั่วโลกกำลังเผชิญในระดับต้น ๆ โรคเบาหวานสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ 1) โรคเบาหวานชนิดที่ 1 เกิดขึ้นเนื่องจากร่างกายไม่สามารถผลิตอินซูลินเองได้ ซึ่งผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 1 มีประมาณ 10% ของผู้ป่วยทั้งหมด และ 2) โรคเบาหวานชนิดที่ 2 เกิดขึ้นเนื่องจากร่างกายผลิตอินซูลินไม่เพียงพอต่อการใช้งานหรือร่างกายผลิตอินซูลินแต่ร่างกายไม่สามารถเอาไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ทั่วโลกมีมากถึง 90% ของผู้ป่วยทั้งหมด โดยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 นี้ถือเป็นปัญหาด้านสาธารณสุขที่สำคัญยิ่ง ส่งผลให้ทุกประเทศทั่วโลกจำเป็นต้องมีการจัดสรรงบประมาณจำนวนมากเพื่อดูแลผู้ป่วย ผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2 จะมีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการหลั่งอินซูลินของเซลล์ตับอ่อนชนิด β มีความผิดปกติและอาจเกิดจากการดื้อต่ออินซูลินของ peripheral tissues (Klover and Mooney, 2004) โปรไซยานิดินจะเข้ากระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ไกลโคเจนที่เพิ่มขึ้นและเกิดการยับยั้งการเกิด gluconeogenesis ในตับและกล้ามเนื้อ ทำให้ปริมาณกลูโคสเข้าสู่สภาวะสมดุล (Xiao, 2020) มีการศึกษาผลของโกโก้ต่อการลดลงของเบาหวานแล้วพบว่า หนูเพศหญิงอายุ 3 สัปดาห์ที่ได้รับสารโปรไซยานิดินจากโกโก้ในปริมาณ 0.5 และ 1% (w/w) อย่างต่อเนื่องเมื่อตรวจวัดระดับน้ำตาลในสัปดาห์ที่ 5 พบว่า มีระดับน้ำตาลที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ทดลองที่ได้รับตัวอย่างโกโก้ที่มีโปรไซยานิดิน 0% (w/w) (Tomaru *et al*., 2007) ซึ่งคล้ายกับงานวิจัยของ Murphy และคณะ (2003) ที่รายงานว่าเมื่อมีการให้โกโก้ที่มีการเสริมสารฟลาโว-นอยด์และโปรไซยานิดินปริมาณ 243 กรัมต่อวันแก่ประชากรวัยผู้ใหญ่ที่สุขภาพดีและไม่สูบบุหรี่จำนวน 23 คน (เพศหญิง 15 คน และเพศชาย 17 คน) เป็นเวลา 28 วัน ส่งผลให้พลาสมาของประชากรมีความเข้มข้นของคาเทชินและอิพิคาเทชินปริมาณ 81% และ 28% ตามลำดับ และส่งผลให้การทำงานของเกล็ดเลือดลดลง นอกจากนี้โปรไซยานิดินในโกโก้ยังส่งผลต่อระดับอินซูลินในมนุษย์อีกด้วย มีการนำโปรไซยา-นิดินที่สกัดได้จากโกโก้มาทดสอบการต้านเบาหวานในแบบจำลองการทำงานของเซลล์ โดยที่โปรไซยานิดินไปกระตุ้นการสังเคราะห์การสร้างไกลโคเจนและการดูดซึมกลูโคส แต่สารโปรไซยานิดินของโกโก้จะทำงานโดยไม่ผ่านการกระตุ้นโปรตีน adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) หรือ Ca^{2+}/calmodulin-dependent protein kinase II activities ที่เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสมดุลพลังงานของเซลล์ที่ทำหน้าที่เผาผลาญกลูโคสและไขมัน (Bowser *et al*., 2017) นอกจากนี้สารโปรไซยานิดินจากโกโก้ทำให้เกิดกระบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตและการดูดซึมกลูโคสที่ช้าลงในกระเพาะอาหาร ซึ่งส่งผลดีต่อระดับกลูโคสในร่างกาย รวมไปถึงสามารถยับยั้งการสร้างเอนไซม์ α-amylase ของตับอ่อน เอนไซม์ lipase ของตับอ่อน และการหลั่งของ phospholipase A2 (Gu *et al*., 2011)

การลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด

ปัจจุบันโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตของประชากรทั่วโลก ซึ่งมีสถิติของการเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้นในทุกปีพบว่า ผู้ที่มีอายุมากกว่า 40 ปี จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจมากถึง 50% มีปัจจัยเสี่ยงหลายอย่างที่ส่งผลต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่น ผลจากโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง การมีไขมันในเลือดสูง) เกิดจากกรรมพันธุ์หรือมีประวัติคนใน

ครอบครัวเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด การมีภาวะโรคอ้วน การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ การสูบบุหรี่ ภาวะความเครียด และการรับประทานอาหารที่มีไขมันสูง เป็นต้น โดยทั่วไประดับของคอเลสเตอรอลในเลือดสูง โดยเฉพาะระดับ LDL (low density lipoprotein) จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด อย่างไรก็ตามปริมาณ LDL ที่เสื่อมคุณภาพ (oxidized-LDL) การรวมตัวกันของเกล็ดเลือดที่มากเกินไป การทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือดที่เปลี่ยนแปลงไป และการทำงานของภูมิคุ้มกันที่ลดลง ก็สามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ได้เช่นกัน (Victor *et al*., 2009) โปรไซยานิดินสามารถยับยั้งการเกิดการออกซิเดชันของ LDL ในหลอดเลือด (Murphy *et al*., 2003) (รูปที่ 3) สำหรับการทดลองในวัยผู้ใหญ่ 10 คน (เพศหญิง 5 คน และเพศชาย 5 คน) ที่ช่วงอายุ 21-49 ปี พบว่า เครื่องดื่มโกโก้ปริมาณ 300 มิลลิลิตร จะมีสารโปรไซยานิดินประมาณ 19 มิลลิกรัม ซึ่งสามารถลดการสร้างเกล็ดเลือดและลดการทำงานของเกล็ดเลือดได้ (Rein *et al*., 2000) ซึ่งสอดคล้องกับ Bearden และคณะ (2000) พบว่าโอลิโกเมอร์ของโปรไซยานิดินจากช็อคโกแลตและโกโก้แล้วสามารถยับยั้งการปฏิกิริยาออกซิเดชันของ LDL ได้



รูปที่ 3 กลไกการยับยั้งการเกิดการออกซิเดชันของ LDL ของสารโปรไซยานิดิน
ที่มา : Yang *et al*. (2021)

ตารางที่ 1 ผลของสารโปรไซยานิดินของโกโก้ต่อการลดการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในแบบจำลองสภาวะการทำงานของเซลล์

ตัวอย่าง	เซลล์	ผลที่เกิดขึ้น	อ้างอิง
Cocoa catechin and procyanidin fractions (0.1-10.0μg/mL)	Liposomoes and human LDL	↓ LDL oxidation	Lotito *et al.*, 2000
Cocoa catechin, epicatechin, procyanidin B2 and Procyanidin C1 (0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 μg/mL)	Human LDL	↓ LDL oxidation	Osakabe *et al.*, 2002
Cocoa epicatechin and procyanidin (10 μmol/L)	Recombinant human 5-LOX	↓ 5-LOX activity	Schewe *et al.*, 2002
Cocoa epicatechin and procyanidin (2.9 mg/mL)	Isolated rabbit 15-LOX-1 Recombinant human platelet 12-LOX	↓15-LOX actvitiy in dose-dependent ↓12-LOX activity in dose-dependent	Schewe *et al.*, 2001

จากข้อมูลในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า สารโปรไซยานิดินจากโกโก้อาจจะช่วยป้องกันการเกิดออกซิเดชันของ LDL ช่วยยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด และช่วยในการทำงานของเยื่อบุผนังหลอดเลือด นอกจากนี้ยังเพิ่มปริมาณ HDL และช่วยลดความดันโลหิตที่จะส่งผลต่อความเสี่ยงที่จะส่งผลให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดลดลงด้วย

ฤทธิ์ต้านการอักเสบ

การอักเสบ (inflammation) เป็นกระบวนการที่ร่างกายตอบสนองต่อสิ่งที่ทำให้เนื้อเยื่อของร่างกายได้รับบาดเจ็บ เช่น เชื้อโรค การตายของเซลล์จากการขาดเลือดหรือการขาดออกซิเจน การอักเสบถือเป็นกลไกที่สำคัญในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากร่างกาย การตอบสนองต่อการอักเสบของร่างกายที่มากเกินไปหรือเรื้อรังมีส่วนก่อให้เกิดโรคเรื้อรังได้หลายชนิด (Libby, 2007) สำหรับการอักเสบที่เนื่องมาจากระบบภูมิคุ้มกันเกิดขึ้นจากระบบภูมิคุ้มกันที่ติดตัวมาแต่กำเนิด (innate immunity) ร่วมกับสารที่หลั่งจากเซลล์และสารจากพลาสมา เช่น cytokines, prostaglandins, leukotrienes, platelet activating factor (PAF), bradykinin, histamine, interferons (IFN) และ complement system การเกิดการอักเสบชนิดนี้เกิดจาก macrophages neutrophils และ dendritic cell กลืนกินไวรัสหรือแบคทีเรียแล้วปล่อยโปรตีนของไวรัสหรือผนังเซลล์ของแบคทีเรียออกมา ทำให้โปรตีนเหล่านี้เหนี่ยวนำและกระตุ้นเซลล์ให้เกิดการอักเสบด้วยการหลั่งสารสื่อกลางทางเคมี (chemical mediators) เช่น histamine nitric oxide (NO) prostaglandins E_2 (PGE_2) และ leukotrienes ออกมา โดยสารสื่อกลางทางเคมีส่งผลให้ leukocytes เคลื่อนตัวออกจากหลอดเลือดแล้วไปรวมตัวในบริเวณที่มีการอักเสบและ leukocytes จะหลั่งสารกลุ่ม proinflammatory cytokines เช่น tumor necrosis factor-α (TNF-α) interleukin-1 (IL-1) interleukin-6 (IL-6) IFN และ colony stimulating factors (CSF_s) และ chemokines เช่น macrophage inflammatory protein 1α interleukin-8 (IL-8) monocyte chemoattractant proteins-1 และผลิตอนุมูลอิสระ (reactive oxygen species, ROS) สำหรับการปรับการตอบสนองต่อการอักเสบของร่างกายโดยการบริโภคสารที่ออกฤทธิ์ทาง

ชีวภาพนั้นมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Gonzalez *et al.*, 2011) และสารโปรไซยานิดินก็มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบเช่นกัน (Wollgast and Anklam, 2000) จากงานวิจัยของ Erlejman และคณะ (2008) ได้ศึกษาสกัดโปรไซยานิดินจากโกโก้และทำการทดลองในแบบจำลองสภาวะการทำงานของเซลล์ Caco-2 พบว่า สารโปรไซยานิดินที่ความเข้มข้น 2.5-20 μM สามารถยับยั้งการหลั่ง TNF-α, NF-κB และ iNOS ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Mackenzie และคณะ (2008) ที่นำสารโปรไซยานิดินชนิด บี2 (procyanidin B_2) มาทดสอบในแบบจำลองสภาวะการทำงานของเซลล์ Hodgkin's lymphoma พบว่า สารดังกล่าวสามารถยับยั้งการทำงานของ NF-κB, RelA และ p50 ได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ได้ทำการศึกษาผลของโปรไซยานิดินต่อการลดการอักเสบที่อาจเกิดจากการยับยั้งเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นในแบบจำลองสภาวะการทำงานของเซลล์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของสารโปรไซยานิดินในโกโก้ต่อการลดการอักเสบในแบบจำลองสภาวะการทำงานของเซลล์

ตัวอย่าง	เซลล์	ผลที่เกิดขึ้น	อ้างอิง
Cocoa procyanidins (10-25 μg/mL)	HT-29 cells	↓ IL-8	Bitzer *et al.*, 2015
Cocoa rich procyanidins	Isolated rabbit aortic rings	↑ NOS activity	Karim *et al.*, 2000
Cocoa procyanidin B2 (1.7 – 50 μM)	Caco-2 cell. HepG2	↓ NF-κB, TNF-α and PMA-induced NF-κB	Martin *et al.*, 2016

ฤทธิ์ต้านมะเร็ง

โรคมะเร็งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเสียชีวิตของประชากรทั่วโลก ปัจจุบันประชาคมโลกต่างก็ให้ความสำคัญกับโรคมะเร็ง การเกิดโรคมะเร็งร้อยละ 90 เกิดจากปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมในการดำรงชีวิต เช่น การรับประทานอาหารประเภททอด ปิ้งย่าง หรืออาหารที่มีไขมันสูง การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ ความเครียด การได้รับฝุ่น ควันหรือรังสี การติดเชื้อไวรัส และอื่น ๆ เป็นต้น สำหรับกลไกในการยับยั้งเซลล์มะเร็งนั้นมีทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ 1) การชักนำการตายแบบ apoptosis 2) การยับยั้งวงวัฏจักรของเซลล์ 3) การยับยั้งการพัฒนาและความรุนแรงของโรคมะเร็งที่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียร์แฟคเตอร์แคปปาบี และ 4) การเอาชนะการดื้อยาแบบหลายขนานที่เกี่ยวกับ ATP-binding cassette transporters

1) การชักนำการตายแบบ apoptosis เป็นการตายของเซลล์ที่มีแบบแผน (programmed cell death) ซึ่งเป็นการตายปกติของเซลล์ และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการพัฒนาและรักษาสมดุลของเซลล์ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง โดยในระหว่างที่เซลล์เกิดการตายแบบ apoptosis จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยา (morphology) เช่น ไซโทพลาซึมและออร์-แกเนลล์จะมีลักษณะหนาแน่นขึ้น เซลล์เหี่ยว เยื่อหุ้มเซลล์เกิดการแฟบ (membrane blebbing) โครมา-ตินจับกันแน่น (chromatin condensation) ดีเอ็นเอและนิวเคลียสเกิดการแตกหัก (DNA and nuclear fragmentation) สุดท้ายแล้วเซลล์มีการแยกเป็นถุงเล็ก ๆ (apoptotic bodies) ที่มีองค์ประกอบของเซลล์อยู่ข้างในและถูกจับกินโดย macrophage โดยไม่เกิดการกระตุ้นให้เกิดการอักเสบ วิถีการตายแบบ

apoptosis แบ่งได้ 2 วิถี ได้แก่ วิถีภายนอก หรือวิถีตัวรับตาย (extrinsic pathways หรือ death receptor pathway) ซึ่งเกิดจากการจับของลิแกนด์จากภายนอกเซลล์ เช่น tumor necrosis factor (TNF)-α, Fas ligand, TNF-related apoptosis-inducing ligand (TRAIL) กับตัวรับ (death receptors) ที่ผิวเซลล์ เช่น tumor necrosis factor receptor (TNFR)-1, Fas, DR5 ทำให้เกิดการรวมกลุ่มของ death domians ของตัวรับกับ adaptor molecules เช่น FADD, TRADD ส่งผลให้เกิด death inducing signaling complex (DISC) ซึ่งจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ caspase-8 และ caspase-8 ที่ถูกกระตุ้นนี้จะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ caspases-3, caspases-6 และ caspases-7 ซึ่งเอนไซม์ caspase จะไปย่อยสารตั้งต้นของมันและส่งผลให้เซลล์เกิดการตายแบบ apoptosis สำหรับอีกวิถี คือ วิถีภายในหรือวิถีไมโทคอนเดรีย เกิดจากการที่ไมโทคอนเดรียเกิดความเสียหายทำให้เกิดการปลดปล่อยของโปรตีน cytochrome c ออกมาสู่ไซโตพลาซึมและไปรวมตัวกับโปรตีน Apaf-1 ทำให้เกิด apoptosome ที่ไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ caspase-9 และ caspase-9 ที่ถูกกระตุ้นจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ caspases-3, caspases-6 และ caspases-7 ส่งผลให้เซลล์เกิดการตายแบบ apoptosis และโปรตีนที่หลั่งออกมาจากไมโทคอนเดรีย เช่น Smac จะไปยับยั้งโปรตีนที่ยับยั้งการตายแบบ apoptosis (inhibitors of apoptosis proteins; IAPs) ทำให้ IAPs ไม่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ caspase ซึ่งส่งผลให้เกิดการตายแบบ apoptosis ยิ่งไปกว่านั้นพบว่า การกระตุ้นด้วยสัญญาณการรอดชีวิตของเซลล์ ทำให้มีการเพิ่มการแสดงออกของโปรตีนที่ต้านการตายแบบ apoptosis เช่น Bcl-2, Bcl-xL โดยการกระตุ้นการทำงานของ transcription factor ที่ชื่อ NF-KB ซึ่งโปรตีนที่ต้านการตายแบบ apoptosis เหล่านี้จะไปยับยั้งการทำงานของโปรตีนที่ส่งเสริมการตายแบบ apoptosis นอกจากนี้ยังพบว่า สัญญาณการตายแบบ apoptosis ที่มาจากความเสียหายของดีเอ็นเอสามารถกระตุ้นการทำงานของโปรตีน p53 ซึ่งเป็นทรานสคริปชันแฟคเตอร์ที่ทำให้เกิดการแดงออกแบบ proapoptotic proteins และ p53 ยังกดการแสดงออกของโปรตีนที่ต้านการตายแบบ apoptosis (Denault and Sakvesen, 2002; Gewies, 2003)

2) การยับยั้งวงวัฏจักรของเซลล์ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในเซลล์ยูคาริโอตระหว่างที่มีการเจริญและเพิ่มจำนวนของเซลล์ที่ประกอบด้วยระยะต่าง ๆ ได้แก่ ระยะ G1 เป็นระยะที่เซลล์มีกระบวนการเมแทบอลิซึมปกติเพื่อเตรียมสำหรับการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ ระยะ S เป็นระยะที่เซลล์มีการสังเคราะห์ดีเอ็นเอเพิ่มเป็นสองเท่า ระยะ G2 เป็นระยะที่เซลล์มีการเจริญอย่างต่อเนื่องและมีขบวนการเมแทบอลิซึมปกติเพื่อเตรียมสำหรับการแบ่งเซลล์ ซึ่งตั้งแต่ระยะ G1, S และ G2 เรียกรวมว่า interphase ส่วนระยะ M เป็นระยะที่เซลล์มีการแบ่งเซลล์โดยการแยกของโครโมโซมเป็นแบบ 2N และเรียกขั้นตอนการแบ่งเซลล์นี้ว่าไมโตซิส เซลล์อาจหยุดการแบ่งเซลล์แบบชั่วคราวหรือเรียกว่าอยู่ในระยะ G0 แต่ถ้าเซลล์หยุดการแบ่งตัวแบบถาวรจะเกิดจากการที่เซลล์แก่หรือเกิดความเสียหายของ ดีเอ็นเอซึ่งทำให้เซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีที่นำไปสู่การตายแบบ apoptosis (Lodish *et al.,* 2004) วงวัฏจักรของเซลล์ถูกควบคุมด้วยโปรตีนกลุ่ม cyclins และเอนไซม์กลุ่ม cyclin-dependent kinases (CDKs) โดยโปรตีนและเอนไซม์ข้างต้นจะจับกันได้เป็น cyclin-CDK complexes ที่พร้อมทำงาน โดย cyclin D เป็นโปรตีนตัวแรกที่ถูกสร้างขึ้นระหว่างการดำเนินไปของวงวัฏจักร

ของเซลล์มีการกระตุ้นโดยสัญญาณจากภายนอก เช่น growth factor จากนั้น cyclin D จับกับ CDK4 ที่มีอยู่ก่อนทำให้ได้ cyclin D-CDK4 complex ที่จะไปเติมหมู่ฟอสเฟตให้ retinoblastoma susceptibility protein (Rb) ทำให้ Rb หลุดออกจาก E2F/DP1/Rb complex ส่งผลให้ E2F ทำงานได้ การกระตุ้นการทำงานของ E2F ทำให้มีการถอดรหัสของยีนต่าง ๆ เช่น cyclin E, cyclin A, DNA polymerase, thymidine kinase สำหรับ cyclin E จะไปจับกับ CDK2 ได้เป็น cyclin E-CDK2 complex ทำให้เซลล์ระยะ G1 เปลี่ยนไปอยู่ในระยะ S นอกจากนี้ยังพบว่า cyclin A-CDK2 complex อาจมีบทบาทในการเปลี่ยนจากระยะ G1 ไปสู่ระยะ S โดยที่ระยะ S เซลล์มีการเพิ่มจำนวนของดีเอ็นเอในระยะนี้ cyclin A ซึ่งมีระดับต่ำในระยะ G1 จะเพิ่มสูงขึ้นจนเซลล์เข้าสู่ระยะ G2 และ cyclin A ถูกสลายไปในระยะ M ดังนั้นการทำงานของ cyclin A จึงมีบทบาทในการเปลี่ยนระยะ G2 ไปสู่ระยะ M แม้ว่าการทำงานของ cyclin A0CDK2 complex พบได้ในระยะ S และ G2 แต่การทำงานของ cyclin A-CDK1 complex พบในระยะ G2 เท่านั้น การเปลี่ยนระยะ G2 ไปสู่ระยะ M และการดำเนินของระยะ M ถูกควบคุมจากการทำงานของ cyclin B-CDK1 complex ซึ่งระดับของ cyclin B จะขึ้นลงในระหว่างการดำเนินไปของวงวัฏจักร โดยพบได้ครั้งแรกในระยะ S และเพิ่มสูงขึ้นในระยะ G2 จากนั้นสลายไปในการแบ่งเซลล์ขั้น anaphase ของระยะ M การทำงานของ cyclin B จะมากที่สุดใรช่วงที่มีการเปลี่ยนจากระยะ G2 ไประยะ M และคงอยู่จนกระทั้ง cyclin B สลายไป การดำเนินไปของวงวัฏจักรของเซลล์ถูกยับยั้งด้วยโปรตีน p21/Waf1 เป็นตัวยับยั้งการทำงานของ cyclin/CDK2 complexes หรือ cyclin/CDK1 complexes การแสดงออกของโปรตีน p21/Waf1 ถูกควบคุมด้วยโปรตีน p53 ซึ่งเป็น tumor suppressor protein (Gartel and Radhakrishnan, 2005)

3) การยับยั้งการพัฒนาและความรุนแรงของโรคมะเร็งที่เกี่ยวข้องกับนิวเคลียร์แฟคเตอร์แคปปาบี (NF-KB) เป็นกลุ่มโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นทรานสคริปชันแฟคเตอร์ที่มีบทบาทสำคัญในการคสบคุมการแบ่งตัวเพิ่มจำนวน การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง การตอบสนองต่อภูมิคุ้มกัน และการยับยั้งการตายแบบ apoptosis ของเซลล์ โปรตีนที่อยู่ในกลุ่ม NF-KB ได้แก่ RelA (p65), RelB, c0Rel, p105/p50 (NF-KB1) และ p100/p52 (NF-KB2) ในเซลล์ส่วนใหญ่ NF-KB อยู่ในรูป heterodimer ที่ประกอบด้วย p65 และ p50 โดย p65 ทำหน้าที่ในการกระตุ้นการแสดงออกของยีนในกรณีที่เซลล์ไม่ถูกกระตุ้น NF-KB จะอยู่ในไซโตพลาซึมในรูปของ inactive complex ที่จับกับ IKBα เมื่อเซลล์ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้า เช่น TNF-K, IL-1,phorbol-12-myristate-13-acetate (PMA), lipopolysaccharide (LPS), การฉายรังสี และยาบางชนิด IKBα จะถูกเติมฟอสเฟตและถูกสลายโดยกระบวนการที่อาศัยยูบิควิติน ทำให้ NF-KB เข้าไปอยู่ในนิวเคลียสและกระตุ้นการทรานสคริปชันหรือการแสดงออกของยีน (Hayden and Ghosh, 2004)

4) การเอาชนะการดื้อยาแบบหลายขนานที่เกี่ยวข้องกับ ATP-binding cassette transporters การดื้อยาของเซลล์มะเร็ง คือ การที่เซลล์มะเร็งได้รับยารักษามะเร็งเพียงชนิดเดียวแต่ทำให้เซลล์มะเร็งเกิดการดื้อต่อยารักษามะเร็งชนิดอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างต่างกัน ทำให้การรักษาโรคมะเร็งด้วยยาเคมีบำบัดไม่ได้ผลการดื้อยาแบบหลายขนานเป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้การรักษาโรคมะเร็งไม่ประสบความสำเร็จ การดื้อยาแบบหลายขนานเกิดจากปัจจัยของเซลล์ ได้แก่ การขับยาออกนอกเซลล์ การลดการนำยาเข้าสู่เซลล์

การเปลี่ยนแปลงของลิปิดที่อยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ การเก็บยาไว้ในออร์แกเนลล์บางชนิด การเปลี่ยนแปลงจุดตรวจวงวัฏจักรของเซลล์ การเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงเป้าหมายของยา การเมแทบอลิซึมของยา การชักนำการตอบสนองของยีนเพื่อการอยู่รอด ทำให้มีการซ่อมแซมส่วนที่เสียหายและยับยั้งการตายแบบ apoptosis เช่น การยับยั้งโปรตีน p52 สำหรับการแสดงออกของโปรตีนที่อาศัย ATP ในการขับยาออกนอกเซลล์ โปรตีนเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่ม ATP-binding cassette (ABC) transporters สามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามโครงสร้างและลำดับของกรดอะมิโนได้ 7 กลุ่ม คือ ABCA ถึง ABCG (Gottesman, 2002)

มีงานวิจัยหลายชิ้นที่หาสารจากธรรมชาติเพื่อเป็นยาในการป้องกันหรือกลไกลในการเหนี่ยวนำให้เกิดการตายของเซลล์มะเร็งที่อาจจะช่วยยับยั้งการเกิดหรือรักษาโรคมะเร็ง มีงานวิจัยจำนวนมากเริ่มนำสารโปรไซยานิดินจากโกโก้มาใช้ประโยชน์ โดยสารโปรไซยานิดินที่สกัดได้จากโกโก้ทำให้เซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากตาย เนื่องมาจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของไมโทคอนเดรีย และเมื่อทดสอบเป็นระยะเวลาที่นานพบว่า อัตราการตายของเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากก็มากขึ้น (Shang *et al.*, 2009) จากงานวิจัยก่อนหน้านี้สอดคล้องกับ Kim และคณะ (2005) ที่พบว่าสารโปรไซยานิดินสามารถทำให้เซลล์มะเร็งหลายชนิดตายได้ นอกจากนี้มีการรายงานผลของการใช้สารโปรไซยานิดินในการยับยั้งการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งหลายชนิด แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของสารโปรไซยานิดินในโกโก้ต่อการยับยั้งโรคมะเร็งในแบบจำลองสภาวะการทำงานของเซลล์

ตัวอย่าง	เซลล์	ผลที่เกิดขึ้น	อ้างอิง
Cocoa procyanidin B2, B5 and B2+B5 (0.25 – 5 μM)	HL-60 Raji cells	↓ Topoiosmerase II poison assay	Lanoue *et al.*, 2010
Cocoa pentameric procyanidins (100 μg/mL)	Breast cancer cell; MDA-MB231, MDA-MB468, MBA-MB436	↓ Proliferation, p-Cdc2, p-FOXO, p-p53	Ramljak *et al.*, 2005
Cocoa crude procyanidin and procyanidin-enriched (5-100 μg/mL)	Caco-2 cell	↓the cell cycle at the G2/M phase	Carnesécchi *et al.*, 2002

บทสรุป

โกโก้เป็นเมล็ดพืชที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนมและเครื่องดื่ม จากการศึกษาองค์ประกอบของเมล็ดโกโก้พบว่า โกโก้ประกอบไปด้วยสารอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด นอกจากนี้โกโก้ยังเป็นแหล่งของสารประกอบโพลีฟีนอลที่สำคัญและมีฤทธิ์ทางเภสัชหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีสารโปรไซยานิดินที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สูง ทำให้เกือบ 20 ปี ที่ผ่านมามีงานวิจัยจำนวนมากที่สนใจศึกษากลไกการทำงานของสารโปรไซยานิดินต่อกิจกรรมทางชีวภาพในด้านต่าง ๆ แล้วพบว่า สารโปรไซยานิดินที่สกัดได้จากโกโก้มีฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งมะเร็ง การยับยั้งการเกิดโรคเบาหวาน ลดการอักเสบ ลดการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดและอื่น ๆ ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีที่มีการศึกษาการใช้สารโปรไซยานิดินจากธรรมชาติในเชิงโภชนเภสัชมากขึ้น นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่าการบริโภคโกโก้และผลิตภัณฑ์จากโกโก้นั้นส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค แต่ควรบริโภคในปริมาณที่เหมาะสมตามฉลากที่แสดงมากับผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

Bearden MM, Pearson DA, Rein D, Chevaux KA, Carpenter DR, Keen CL and Schmitz H. 2000. Potential cardiovascular health benefits of procyanidins present in chocolate and cocoa. ACS Symp. Ser. 19 : 177-186.

Bittner K, Rzeppa S and Humpf HU. 2013. Distribution and quantification of flavan-3-ols and procyanidins with low degree of polymerization in nuts, cereals and legumes. J. Agri. Food Chem. 61 : 9148-9154.

Bitzer ZT, Glisan SL, Dorenkott MR, Goodrich KM, Ye L, O'Keefe SF, Lambert JD and Neilson AP. 2015. Cocoa procyanidins with different degree of polymerization possess distinct activities in models of colonic inflammation. J. Nutr. Biochem. 8 : 827-831.

Borchers AT, Keen CL, Hannum SM and Gerschwin ME. 2000. Cocoa and chocolate: Composition, bioavailability and health implications. J. Med. Food. 3(2) : 77-105.

Bowser SM, Moore WT, McMillan RP, Dorenkotte MR, Goodrich KM, Ye L, O'Keffe SF, Hulver WT and Neilson AP. 2017. High-molecular-weight cocoa procyanidins possess enhanced insulin-enhancing and insulin mimetic activities in human primary skeletal muscle cells compared to smaller procyanidins. J. Nutr. Biochem. 39 : 48-58.

Carnésecchi S, Schneuder Y, Lazarus SA, Coehlo D, Gossé F and Raul F. 2002. Flavanols and procyanidins of cocoa and chocolate inhibit growth and polyamine biosynthesis of human colonic cancer cells. Cancer Lett. 175 : 147-155.

Chandra K, Ali SS, Mohd A, Rajpoot S and Khan NA. 2015. Protection against FCA induced oxidative stress induced DNA damage as a model of arthritis and *in vitro* arthritic potential of costus speciosus rhizome extract. Int. J. Pharmacogn. Phytochem. Res. 7(2) : 383-389.

Counet C, Quwer C, Rosoux, D and Collin A. 2004. Relationship between procyanidins and flavor contents of cocoa liquors from different origins. J. Agri. Food Chem. 52(20) : 6243-6249.

Denault JB and Salvesen GS. 2002. Caspases: keys in the ignition of cell death. Chem Rev. 102 : 4489-4500.

Erlejman AG, Jaggers G, Fraga CC and Oteiza PI. 2008. TNF-α-induced NF-KB activation and cell oxidant production are modulated by hexameric procyanidins in Caco-2-cells. Arch. Biochem. Biophys. 476 : 186-195.

Gartel AL and Radhakrishnan SK. 2005. Lost in transcription : p21 repression, mechanisms and consequences. Cancer Res. 65 : 3980-3985.

Gewies A. 2003. Introduction to apoptosis. Aporeview. 1 : 1-26.

Gottesman MM. 2002. Mechanisms of cancer drug resistance. Annu Rev Med. 53 : 615-627.

Gu L, House SE, Wu X, Ou B and Prior RL. 2006. Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products. J. Agri. Food Chem. 54(11) : 4057-4061.

Gu Y, Hurst WJ, Stuart DA and Lambert JD. 2011. Inhibition of key digestive enzymes by cocoa extracts and procyanidins. J. Agri. Food Chem. 59 : 5305-5311.

Hayden MS and Ghosh S. 2004. Signaling to NF-kappaB. Genes Dev. 18 : 2195-2224.

Hen X, Shen T and Lou H. 2007. Dietary polyphenols and their biological significance. Int J Mol Sci. 8 : 950-988.

Karim M, McCormick K and Kappagoda CT. 2000. Effects of cocoa extracts on endothelium-dependent relaxation. J. Nutr. 130 : 2105-2108.

Kim YJ, Park HJ, Yoon SH, Kim MJ, Leem KH, Chung JH and Kim HK. 2005. Anticancer effect of oligomeric proanthocyanidins on human colorected cancer cell line. World J. Gastroenterol. 11(30) : 4676-4678.

Klover PJ and Mooney RA. 2004. Hepatocytes: critical for glucose homeostasis. Int. J. biochem. Cell Biol. 36 : 753-758.

Kregel KC and Zhang HJ. 2007. An integrated view of oxidative stress in aging: Basic mechanisms, functional effects and pathological considerations. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 292(1) : 18-36.

Lanoue L, Green KK, Keik-Uribe C and Keen CL. 2010. Dietary factors and the risk for acute infant leukemia evaluating the effects of cocoa-derived flavanols on DNA topoisomerase activity. Exp. Biol. Med. 235(1) : 77-89.

Lee KW, Kim YJ, Lee HJ and Lee CY. 2003. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas, red wine. J. Agri. Food Chem. 51(52) : 7292-7295.

Libby P. 2007. Inflammatory mechanisms: the molecular basis of inflammation and disease. Nutr. Rev. 65 : 140-146.

Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser CA, Krieger M, Scott MP, Zipursky, L and Darnell, J. 2004. Molecular biology of the cell. 5th ed. New York : WH Freeman.

Lotito SB, Actis-Goretta L, Renart ML, Caligiuri M, Rein D, Schmitz HH, Steinbery FM, Keen CL and Fraga CG. 2000. Influence of oligomer chain length on the antioxidant activity of procyanidins. Biochem. Biophys. Res. Commun. 276 : 945-951.

Mackenzie G, Adamo A, Decker N and Oteiza P. 2008. Dimeric procyanidin B2 inhibitos contitutively active NF-KB in Hodogkin's lymphoma cells independently of the presence of IkB mutations. Biochem. Pharmacol. 75 : 146101471.

Martin MA, Goya L and Romas S. 2016. Preventive effect of cocoa and cocoa antioxidant in colon cancer. Diseases. 4(1) : 1-14.

Morel I, Lescoat G, Cogrel P, Sergent O, Pasdeloup N, Brissot P, Cillard P and Cillard J. 1993. Antioxidant and iron-chelating activities of the flavonoids catechin, quercetin and diosmetin on iron-loaded rat hepatocyte cultures. Biochem. Pharmacol. 45(1) : 13-19.

Miller KB, Stuart DA, Smith NL, Lee CY, McHale NL, Flanagan JA, Ou B and Hurt WJ. 2006. Antioxidant activity and polyphenol and procyanidins content of selected commercially available cocoa-containing and chocolate products in the United State. J Agric Food Chem. 54(11) : 4062-4068.

Murphy KJ, Chronopoulos AK, Singh I, Francis MA, Moriarty H, Pike MJ, Turner AH, Mann NJ and Sinclair AJ. 2003. Dietary flavanols and procyanidins oligomers from cocoa (*Thecobroma cacao*) inhibit platelet function. The American J Clinical Nutr. 77(6) : 1466-1473.

Murphy L. 2011. Janeway's immunobiology. 8th edn. Garaland Science. New York. USA.

Natsume M, Osakaba N, Yamagishi M, Takizawa T, Nakamura T, Miyatake H, Hatano T and Yoshida T. 2000. Analyses of polyphenols in cacao liquor, cocoa and chocolate by normal-phase and reversed-phase HPLC. Biosci. Biotechnol. Biochem. 64 : 2581-2587.

Osakabe N, Yasuda A, Natsuma M, Takizawan T, Terao J and Kondo K. 2002. Catechins and their oligomers linked by C4-C8 bonds are major cacao polyphenols and protect low-density lipoprotein from oxidation *in vitro.* Exp. Bio. Med. 227 : 51-56.

Rein D, Paglieroni TG, Wun T, Pearson DA, Schmitz HH, Gosselin R and Keen CL. 2000. Cocoa and wine polyphenols modulate platelet activation and function. J. Nutr. 130 : 2120-2126.

Ramljak D, Romanczyk LJ, Metheny-Bariow LJ, Thompson N, Knezevic V, Galperin M, Ramesh A and Dickson RB. 2005. Pentameric procyanidin from *Theobroma cacao* selectively inhibits growth of human breast cancer cells. Mol. Cancer Ther. 4(4) : 537-546.

Rusconi M, Pinorini MT and Conti, A. 2013. Proanthocyanidin of cocoa : Bioavailability and biological activities. Nat. Prod. 2311-2332.

Sana M, Yoshida R, Dagawa M, Miyase T and Yoshino K. 2003. Determination of peroxy radicals scavenging activity of flavonoids and plant extract using as automatic potentiometric titrator. J. Agri. Food Chem. 51(10) : 2912-2916.

Santos-Buelga C and Scalbert A. 2000. Proanthocyanidins and tannin-like compounds-nature, occurrence, dietary intake and effect on nutrition and health. J. Sci. Food Agric. 80 : 1094-1117.

Schewen T, Sadik C, Klotz LO, Yoshimoto T, Kuhn H and Sies H. 2001. Polyphenols of cocoa : Inhibition of mammalian 15-lipoxygenase. Biol. Chem. 382 : 1687-1696.

Schewen T, Kuhu H and Sies H. 2002. Flavonoids of cocoa inhibit recombinant human 5-lipoxygenase. J. Nutr. 132 : 1825-1829.

Shang XJ, Yao G, Ge JP, Sun Y, Teng WH and Huang YF. 2009. Procyanidin induces apoptosis and necrosis of prostate cancer cell line PC-3 in a mitochondrin-dependent manner. J. Androl. 30 : 122-126.

Steinberg FM, Bearden MM and Keen CL. 2003. Cocoa and chocolate flavonoids: Implications for cardiovascular health. J. Am. Diet. Assoc. 103 : 215-223.

Tomaru M, Takano H, Osakaba N, Yasuda A, Inoue Km Yanahisawa R, Ohwatari, T and Uematsu H. 2007. Dietarysupplementation with cacao liquor proanthocyanidins prevents elevation of blood glucose levels in diabetic obese mice. Nutr. 23 : 351-355.

Tsao R, and McCallum J. 2010. Chemistry of flavonoids, In: de la Rose LA, Alvarez-Parrilla E and Gonzalez-Aguilar GA. Eds. Fruit and vegetable phytochemicals. Wiley-Blackwell; Amers, 131-153.

Victor VM, Rocha M, Sola E, Banuls C, Garcia-Malpartida K and Hernandez-Mijares A. 2009. Oxidative stress endothelial dysfunction and atherosclerosis. Curr. Pharm. Des. 15 : 2988-3002.

Wollgast J and Anklam E. 2000. Review on polyphenols in *Theobroma cacao* changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. Food. Res. Int. 33 : 423-447.

Xiao JB. 2020. Dietary polyphenols as antidiabetic agents: Advances and opportunities. Food Frontiers. 1 : 18-44.

Yang H, Tuo X, Wang L, Tundis R, Portillo MP, Simal-Gandara J, Yu Y, Zou L, Xiao J and Deng J. 2021. Bioactive procynaidins from dietary sources: The relationship between bioactivity and polymerization degree. Trends Food Sci Technol. 111 : 114-127.

Zhu QY, Holt RR, Lazarus SA, Orozco TJ and Keen CL. 2002. Inhibitory effects of cocoa flavonols and procyanidins oligomers on free radical-induced erythrocyte hemolysis. Exp. Bio. Med. 227 : 321-329.

จากถั่วเหลืองสู่ถั่วเหลืองงอก คุณประโยชน์ที่อยากบอก... “อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ”

Benefits of soybean sprout from soybean seeds, the alternative food for health

ญาธิปวีร์ ปักแก้ว (Yathippawi Pakkaew)

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองเป็นที่รู้จักและคุ้นเคยของคนทั่วไป “ถั่วเหลือง” (soybean) เป็นหนึ่งในผลิตผลทางการเกษตรของไทยที่มีความสำคัญทั้งในการเป็นอาหารที่มากด้วยคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นแหล่งของโปรตีนสมบูรณ์ โดยถั่วเหลืองที่นิยมนำมาบริโภคส่วนใหญ่มีอยู่ 2 ชนิด คือ ถั่วเหลืองผิวเหลือง (yellow soybean) ดังรูปที่ 1 ซึ่งนิยมนำมาบริโภคหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และถั่วเหลืองผิวดำ (black soybean) ดังรูปที่ 2 ที่ได้ชื่อว่าเป็นอาหารสมุนไพรในแถบประเทศตะวันออก (Hsu *et al*., 2013) โดยเฉพาะในประเทศจีนมีการนำมาปรุงเป็นยารักษาโรคและเป็นอาหารเสริมบำรุงสุขภาพ (คัคนางค์, 2542)

รูปที่ 1 ถั่วเหลืองผิวเหลือง

รูปที่ 2 ถั่วเหลืองผิวดำ

ถั่วเหลืองเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของคนทั่วโลก แม้แต่ประเทศไทยผู้คนส่วนใหญ่มีความผูกพันกับถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์มาตั้งแต่อดีต โดยเฉพาะน้ำเต้าหู้หรือน้ำนมถั่วเหลือง ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่เคียงคู่กับวิถีชีวิตมาตั้งแต่วัยเด็ก เพราะเป็นแหล่งของโปรตีนที่เข้าถึงได้ง่ายและราคาถูก เมื่อเทียบกับอาหารที่ให้โปรตีนและพลังงานอื่น ๆ ซึ่งในอดีตมีการรณรงค์ส่งเสริมให้เด็กไทยวัยเรียนที่อยู่ในท้องถิ่นห่างไกลดื่มนมถั่วเหลืองเพื่อลดปัญหาการขาดโปรตีนและพลังงาน

เมื่อพูดถึง “ถั่วเหลือง” เชื่อว่าหลายคนคงนึกถึงผลิตภัณฑ์อาหารที่แปรรูปมาจากถั่วเหลืองและคุณประโยชน์ต่าง ๆ จากถั่วเหลือง แต่หากพูดถึง

“ถั่วเหลืองงอก” ดังรูปที่ 3 ถึงแม้หลายคนจะพอนึกออก แต่คงไม่สามารถที่จะบอกได้ถึงกรรมวิธีการทำตลอดจนคุณประโยชน์ หรือการนำมาประกอบปรุงเป็นเมนูอาหารเพื่อสุขภาพ

รูปที่ 3 ถั่วเหลืองผิวเหลืองเพาะงอก (บน) ถั่วเหลืองผิวดำเพาะงอก (ล่าง)

“ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง” เป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูงที่อุดมไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิดใกล้เคียงกับเนื้อสัตว์และไข่ ที่สำคัญคือมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ดีต่อสุขภาพ โดยเฉพาะกรดอัลฟาไลโนเลนิก (Alpha-Linolenic Acid) หรือกรดไขมันโอเมก้า 3 ซึ่งมีคุณสมบัติโดดเด่นในการช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดอุดตัน (He and Chen, 2013)

เมล็ดถั่วเหลืองมีเส้นใยอาหาร วิตามิน และเกลือแร่สูง นอกจากนี้ยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ โดยเฉพาะสารไอโซฟลาโวน (isoflavones) ที่มีบทบาทในการทำหน้าที่เป็นสารโภชนเภสัช (nutraceutical) มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันหรือต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) อีกทั้งยังมีสารฟลาโวนอยด์ (flavonoid) สารซาโปนิน (saponin) สารฟีนอลิก (phenolics) และสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่พบมากในเปลือกหุ้มเมล็ดของถั่วเหลืองผิวดำ ซึ่งล้วนแต่มีความสำคัญในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่ไม่ติดต่อเรื้อรัง สำหรับถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการเพาะงอกหรือถั่วเหลืองงอก (soybean germination) อุดมไปด้วยสารแกมมาอะมิโนบิวทีริกหรือกาบา (gamma-aminobutyric acid : GABA) (ณิชาภัทร, 2561; Xu and Chang, 2008) ซึ่งสารกาบานั้นมีความสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาทประเภทยับยั้งในระบบประสาทส่วนกลาง ช่วยลดความเครียดและวิตกกังวลได้เป็นอย่างดี (กาญจนา, 2555)

คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นแหล่งของสารอาหารหลักที่สำคัญโดยสะสมอยู่ในเมล็ด ซึ่งประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน แร่ธาตุ และสารสำคัญต่างๆที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Isanga and Zhang, 2008)

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่วเหลืองแห้ง

สารอาหาร	ปริมาณใน 100 กรัม
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	430
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	31.4
โปรตีน (กรัม)	34.0
ไขมัน (กรัม)	18.7
ใยอาหาร (กรัม)	4.7
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	245.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	500.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	4.8
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.73
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.19
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	1.5

ที่มา : สำนักโภชนาการ (2552)

ถั่วเหลืองเป็นหนึ่งในพืชตระกูลถั่วเช่นเดียวกันกับถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว และถั่วสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์จากเมล็ด (seeds) จากตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองข้างต้นจะเห็นว่า จุดเด่นที่สำคัญของถั่วเหลืองคือมีสารอาหารครบถ้วนทั้ง 5 หมู่ (ดังแสดงในตารางที่ 1) โดยเฉพาะโปรตีนที่พบในถั่วเหลืองมีอยู่ประมาณร้อยละ 34 ของน้ำหนักแห้ง โดยส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนสะสมอยู่ในเมล็ด (storage protein) ซึ่งเรียกว่า โกลบูลิน (globulin) และแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ ไกลซินิน (glycinin) และ เบต้า-คอนไกลซินิน (β-conglycinin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงเทียบเท่ากับนมวัว จึงสามารถบริโภคทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้

โปรตีนที่พบในถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายครบทั้ง 8 ชนิด ได้แก่ ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน และวาลีน (นิภาวรรณ, 2560) ที่สำคัญถั่วเหลืองยังมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นมากกว่าถั่วเมล็ดแห้งชนิดอื่น ๆ (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2553) ถั่วเหลืองสามารถรับประทานได้ทั้งในแบบฝักสดหรือที่รู้จักกันในชื่อถั่วแระ และการบริโภคเมล็ดแห้งในการนำมาแปรรูปเป็นอาหาร ซึ่งเป็นลักษณะการบริโภคทั่วไปของคนส่วนใหญ่

ในวงการอุตสาหกรรมอาหาร ถั่วเหลืองเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีบทบาทในการนำมาพัฒนาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น น้ำนมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ น้ำมันถั่วเหลือง ซอสถั่วเหลืองหรือซีอิ๊ว เต้าหู้ถั่วเหลืองหรือเต้าหู้ขาว โปรตีนเกษตร เทมเป้ เต้าเจี้ยว เต้าฮวย แป้งถั่วเหลืองที่นำไปเป็นส่วนประกอบในอาหารต่าง ๆ อีกทั้ง “ถั่วเหลืองงอกหรือถั่วงอกหัวโต” ซึ่งได้จากการนำถั่วเหลืองเมล็ดแห้งมาผ่านกระบวนการเพาะจนเกิดการงอก นับเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่มากด้วยคุณค่าทางโภชนาการ และเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญหลายชนิด จึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกให้กับกลุ่มคนรักสุขภาพ โดยเฉพาะกลุ่มผู้บริโภค plant-based food ที่มุ่งเน้นการรับประทานพืชและผลิตภัณฑ์จากพืชเป็นหลัก กลุ่มคนที่รับประทานอาหารเจ และอาหารมังสวิรัติหรือวีแกน (vegan) เป็นต้น

กระบวนการผลิตถั่วเหลืองงอก

ถั่วเหลืองงอก (soybean sprout) คือกระบวนการงอกของเมล็ดแห้งเมื่อได้รับปัจจัยภายนอกที่เหมาะสม โดยต้นอ่อนภายในเมล็ดหรือเอ็มบริโอ (embryo) ที่อยู่ในระยะพักเมื่อถูกกระตุ้นด้วยปัจจัยที่เอื้อต่อการงอกก็จะเจริญเติบโตทะลุเปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) โดยอัตราการงอกของถั่วเหลืองจะขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของเมล็ดและสภาวะต่าง ๆ โดยมีน้ำหรือความชื้นเป็นปัจจัยหลักที่จะกระตุ้นให้เมล็ดถั่วเหลืองเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือกระบวนการเมทาบอลิซึม สำหรับความชื้นที่เหมาะสมในกระบวนการงอกของถั่วเหลืองคือร้อยละ 50 ที่อุณหภูมิ 20-35 องศาเซลเซียส และต้องมีออกซิเจนเพื่อใช้ในกระบวนการหายใจ หรือย่อยสลายอาหารเพื่อให้เกิดพลังงานรวมทั้งใช้ในการแบ่งเซลล์ การลำเลียงสารอาหาร และเสริมสร้างส่วนต่าง ๆ ที่จำเป็นในขั้นตอนการงอก (ชญาดา, 2555)

ขั้นตอนการเตรียมถั่วเหลืองงอก เริ่มแรกจะต้องคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่ใหม่หรือเก็บเกี่ยวไว้ไม่เกิน 1 ปี หรือหากจะให้มีอัตราการงอกที่ดีควรเป็นเมล็ดที่เก็บเกี่ยวไว้ไม่เกิน 6 เดือน และจะต้องอยู่ในสภาวะสมบูรณ์มีการเก็บรักษาในห้องควบคุมความเย็นและความชื้นที่เหมาะสม เพราะอัตราการงอกของถั่วเหลืองจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา หลังจากคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการแล้ว จะต้องทำการปลุกหรือกระตุ้นเมล็ดถั่วเหลืองด้วยการแช่ในน้ำประมาณ

6-8 ชั่วโมง ทั้งนี้การควบคุมอุณหภูมิน้ำให้คงที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส จะช่วยกระตุ้นการงอกได้ดีและใช้เวลาในการแช่ประมาณ 4 ชั่วโมง เท่านั้น จากนั้นแยกเอาเฉพาะเมล็ดไปกระจายผึ่งลมให้แห้งหมาด และขั้นตอนสุดท้ายคือเทใส่ตะกร้าหรือภาชนะที่ไม่เก็บน้ำหรือภาชนะเพาะที่สามารถรดน้ำผ่านได้ และนำไปวางในถังหรือภาชนะมืดดำทึบแสง ในส่วนของการให้น้ำ ควรรดน้ำวันละ 3-4 ครั้ง โดยห่างกันประมาณ 4-6 ชั่วโมง ทำการเก็บผลผลิตถั่วเหลืองงอกเมื่อผ่านไปแล้วเป็นเวลา 2 วัน 3 วัน หรือ 4 วัน โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้การเก็บถั่วเหลืองงอกขึ้นอยู่กับความชอบหรือการนำไปใช้ในเมนูอาหาร

ถั่วเหลืองงอก 2 วัน ถั่วเหลืองงอก 3 วัน ถั่วเหลืองงอก 4 วัน

รูปที่ 4 ลักษณะถั่วเหลืองงอกที่มีอายุการเพาะงอก 2 วัน 3 วัน และ 4 วัน โดยไม่ใช้สารควบคุมและฮอร์โมน

“ถั่วเหลืองงอก” เป็นต้นอ่อนของถั่วเหลืองที่อยู่ในระยะเริ่มงอก โดยมีระยะเก็บเกี่ยว 2 ระยะคือ เมื่อรากเจริญ 1-2 นิ้ว และระยะที่ใบเลี้ยงคลี่ออก สำหรับวัฒนธรรมการบริโภคต้นอ่อนจากถั่วงอกเกือบทุกชนิดของคนไทยส่วนใหญ่ นิยมเก็บเกี่ยวในระยะรากเจริญ ซึ่งถั่วเหลืองงอกเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง อุดมไปด้วย วิตามิน แร่ธาตุ โปรตีน ที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็วหลังกระบวนการย่อย

ถึงแม้ว่าพฤติกรรมการบริโภคพืชงอกของคนไทย โดยส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคถั่วงอกที่ทำมาจากถั่วเขียวหรือถั่วเขียวผิวดำหรือเรียกอีกชื่อว่า ถั่วแขก แต่สำหรับถั่วเหลืองงอกหรือถั่วงอกหัวโต เป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบอาหารในกลุ่มคนรักสุขภาพ หรือกลุ่มคนที่เน้นการบริโภคพืชที่ โดยถั่วเหลืองงอกสามารถนำมาบริโภคได้หลากหลาย เช่น เมนูผัดแบบไม่ใส่เนื้อสัตว์ และใช้เป็นส่วนประกอบอื่น ๆ หรือเป็นผักเครื่องเคียง

คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองงอก

ลักษณะทั่วไปของถั่วเหลืองงอกคือ ส่วนหัวโตสีเหลือง ส่วนลำต้นอวบสีขาว ส่วนรากมีปลายแหลม โดยมีลักษณะเด่นของใบเลี้ยงหรือส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ด หรือส่วน cotyledon ที่มีขนาดใหญ่ จนเป็นที่มาของชื่อที่เรียกกันทั่วไปว่า “ถั่วงอกหัวโต” การทำถั่วเหลืองงอกมีวิธีการทำคล้ายกับถั่วงอกจากถั่วเขียว แต่จะต้องเอาใจใส่มากกว่าเพราะเป็นพืชต้นอ่อนที่เน่าเสียหรือเกิดราได้ง่าย หากภายในถังเพาะหรือโรงเรือนมีอากาศร้อนจัดและน้ำไม่เพียงพอจะทำให้เกิดการเน่าเสียได้ ดังนั้นถั่วเหลืองงอกจึงเป็นอาหารที่หารับประทานยากและราคาค่อนข้างสูง นอกจากนี้เอกลักษณ์เฉพาะของถั่วเหลืองงอกที่สำคัญคือ การมีเนื้อสัมผัสที่ดีเมื่อผ่านความร้อนหรือทำให้สุก และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าเมล็ดถั่วเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลการศึกษาของพอฤทัย (2556) รายงานว่า การนำถั่วเหลืองมาเพาะ

งอกจะทำให้คุณค่าทางโภชนาการมีปริมาณที่สูงมากขึ้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของเมล็ดถั่วที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารมากขึ้น และในทางกลับกันสารอาหารต่าง ๆ ในถั่วเหลืองจะถูกย่อยเป็นโมเลกุลเล็กลง ส่งผลดีในกระบวนการดูดซึมสารอาหารของร่างกายด้วย (นภัสวรรณ, 2554 และ พอฤทัย, 2556) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ถั่วเหลืองงอกนิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดถั่วเหลืองแห้งและถั่วเหลืองงอกในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

สารอาหาร	เมล็ดถั่วเหลืองแห้ง	ถั่วเหลืองงอก
โปรตีน (กรัม)	34***	9
ไอโซฟลาโวน (มิลลิกรัม)	3	127.3
ใยอาหาร (มิลลิกรัม)	4.7***	3
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	-	17
ธาตุเหล็ก (มิลลิกรัม)	16	8
โฟเลท (มิลลิกรัม)	-	30
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	430***	86

ที่มา : นภัสวรรณ (2554), ***สำนักโภชนาการ (2552)

โปรตีนในถั่วเหลืองงอกมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับปริมาณโปรตีนที่พบในเมล็ดถั่วเหลืองแห้ง ที่มีอยู่ประมาณร้อยละ 36 รวมทั้งปริมาณของใยอาหารและธาตุเหล็กที่ลดลงเล็กน้อย แต่ในทางกลับกันผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองงอกมีปริมาณของสารสำคัญโดยเฉพาะไอโซฟลาโวนที่เพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว และยังเพิ่มปริมาณวิตามินซี และสาร-โฟเลทที่อยู่ในกลุ่มของวิตามินบีเพิ่มมากขึ้น และจากงานวิจัยของ Chen และ Chang (2015) พบว่ากระบวนการเพาะถั่วเหลืองงอก (soybean germination) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณสารก่อภูมิแพ้ลงได้ โดยผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองงอกที่ได้ยังคงคุณค่าทางโภชนาการและมีปริมาณลูทีน (lutein) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญต่อสุขภาพของดวงตาเพิ่มมากขึ้นถึง 24 เท่า มีปริมาณวิตามินซีและวิตามินเอเพิ่มมากขึ้นด้วย (นภัสวรรณ, 2554)

กระบวนการเพาะงอกของพืชแต่ละชนิดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจากการทำงานของเอนไซม์ที่อยู่ในเมล็ดพืช โดยเมื่อได้รับความชื้นและมีสภาวะแวดล้อมหรือปัจจัยที่เหมาะสม เอนไซม์เหล่านี้จะทำหน้าที่ย่อยสารประกอบเชิงซ้อนบางตัวให้อยู่ในรูปสารประกอบอย่างง่ายและเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารที่จำเป็น เช่น การเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนบางชนิด และการเปลี่ยนแปลงของสารอาหารจากโมเลกุลใหญ่ให้อยู่ในรูปของโมเลกุลที่เล็กลงด้วย

ถั่วเหลืองงอกมีสารอาหารที่สำคัญและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มากด้วยคุณประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ไอโซฟลาโวน ซาโปนิน ฟีนอลิก และสารต้านออกซิเดชันหรือสารต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidation) ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนรูป หรือเปลี่ยนสภาพจากเมล็ดแห้งกลมไปสู่ถั่วเหลืองงอกที่ประกอบด้วยส่วนราก ส่วนหัว ส่วนลำตัว/ลำต้น ปริมาณสารสำคัญยังคงอยู่ เนื่องจากกระบวนการเพาะงอกเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพแบบ Green Technology หรือเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อน (non-thermal technology) จึงไม่ทำลายสารอาหาร รวมทั้งสารสำคัญต่าง ๆ และกระบวนการงอกยังทำให้สารสำคัญบางชนิดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และมีมากกว่าในถั่วงอกอื่นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น

ถั่วเหลืองงอกมีปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงกว่าถั่วดำงอกและถั่วเขียวงอก (สกุลกานต์ และคณะ, 2560) ระยะเวลาของการเพาะงอกมีผลต่อปริมาณฟีนอลิกรวม โดยเฉพาะถั่วเหลืองงอกวันที่ 5 มีปริมาณฟีนอกลิกรวมมากกว่าถั่วเหลืองเมล็ดแห้งถึง 2 เท่า (Khang *et al*., 2016) และในทางกลับกันกระบวนการงอกของพืชบางชนิดส่งผลให้สารต่อต้านคุณค่าทางโภชนาการถูกย่อยสลายไป เช่น ไฟเตท ซึ่งเป็น anti- nutrition ที่คอยขัดขวางการดูดซึมสารอาหารมีปริมาณลดลง (นภัสวรรณ, 2554)

เมนูอาหารจาก “ถั่วเหลืองงอก”

ถั่วเหลืองงอกสามารถนำไปปรุงเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการได้อย่างหลากหลาย เช่น ผัดใส่เต้าหู้ ผัดน้ำมันหอย ถั่วเหลืองงอกผัดไฟแดง ผัดรวมกับปลากรอบ ยำซีอิ้วเกาหลี ผัดไทย และแกงเหลืองใต้ เป็นต้น สำหรับคอลัมภ์เมนูคู่สุขภาพนี้ขอแนะนำเมนู “แกงจืดถั่วงอกหัวโตเต้าหู้ไข่ และ ถั่วเหลืองงอกผัดเต้าหู้หมูสับ” ซึ่งทำง่ายและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

แกงจืดถั่วเหลืองงอกเต้าหู้ไข่

(สำหรับ 5 เสิร์ฟ น้ำหนักรวมต่อเสิร์ฟ 250 กรัม)

ส่วนผสม

ถั่วเหลืองงอก	250	กรัม
เต้าหู้ไข่	150	กรัม
กระเทียม	8	กรัม
เห็ดหอมสด	50	กรัม
น้ำปลา	25	กรัม
ซีอิ๊วขาว	2	กรัม
พริกไทยขาวเม็ด	1	กรัม
หมูสับ	150	กรัม
รากผักชี	10	กรัม
แคร์รอต	35	กรัม
สาหร่ายแห้ง	20	กรัม
น้ำตาลทราย	1	กรัม
เกลือ	0.5	กรัม
น้ำซุปกระดูกหมู	1,000	มิลลิลิตร

วิธีทำ

1. แบ่งรากผักชีมาครึ่งส่วน โขลกรวมกับกระเทียมและพริกไทยให้ละเอียด จากนั้นนำหมูสับลงโขลกรวมกัน ปรุงรสด้วยน้ำตาลทราย เกลือ และซีอิ๊วขาว โขลก/นวดให้เข้ากัน และปั้นเป็นก้อนกลมขนาดพอคำ
2. ตั้งหม้อ ใส่น้ำซุปกระดูกหมู เปิดไฟกลาง พอน้ำร้อนเดือด ใส่รากผักชีที่เหลืออยู่ ตามด้วยหมูสับที่ปั้นก้อนเตรียมไว้
3. ใส่แคร์รอต เห็ดหอม สาหร่ายแห้ง และถั่วเหลืองงอก
4. พอส่วนผสมต่าง ๆ สุกแล้ว ปรุงรสด้วยน้ำปลา และใส่เต้าหู้ไข่ รอให้เดือดอีกครั้ง จากนั้นปิดไฟ โรยด้วยผักชีซอย ตักเสิร์ฟ

คุณค่าทางโภชนาการ (ปริมาณ 250 กรัมต่อเสิร์ฟ)

พลังงาน	174	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	7	กรัม
โปรตีน	14	กรัม
ไขมัน	10	กรัม

ถั่วเหลืองงอกผัดเต้าหู้หมูสับ

(สำหรับ 5 เสิร์ฟ น้ำหนักรวมต่อเสิร์ฟ 80 กรัม)

ส่วนผสม

ถั่วเหลืองงอก	300	กรัม
เต้าหู้ไข่	150	กรัม
กระเทียม	15	กรัม
ซอสหอยนางรม	15	กรัม
น้ำตาลทราย	5	กรัม
พริกชี้ฟ้าแดงซอย	15	กรัม
หมูสับ	100	กรัม
แคร์รอต	20	กรัม
น้ำปลา	20	กรัม
ซีอิ๊วขาว	5	กรัม
น้ำมันถั่วเหลือง	20	กรัม
ต้นหอมซอย	10	กรัม

วิธีทำ

1. ตั้งกระทะ ใส่น้ำมันและเปิดไฟอ่อน พอน้ำมันร้อน นำกระเทียมที่โขลกไว้ลงผัดจนสุกหอม
2. ใส่หมูสับ ผัดจนสุก
3. นำถั่วเหลืองงอกลงผัดให้เข้ากันกับหมูสับ พอสุกใส่แคร์รอต และปรุงรสด้วยน้ำปลา น้ำตาลทราย ซีอิ๊วขาวและซอสหอยนางรม
4. ใส่เต้าหู้ไข่ พริกชี้ฟ้าแดง และใบหอมซอย ผัดให้เข้ากัน ปิดไฟ ตักเสิร์ฟพร้อมกับข้าวสวย

คุณค่าทางโภชนาการ (ปริมาณ 80 กรัมต่อเสิร์ฟ)

พลังงาน	173	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	7	กรัม
โปรตีน	11	กรัม
ไขมัน	11	กรัม

บทสรุป

ถั่วเหลืองที่นิยมนำมาบริโภคหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารมี 2 ชนิด คือ ถั่วเหลืองผิวเหลืองและถั่วเหลืองผิวดำ ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีน แร่ธาตุ วิตามิน ใยอาหาร และมีสารสำคัญที่ดีต่อสุขภาพ การบริโภคถั่วเหลืองสามารถรับประทานได้ทั้งในแบบฝักสดต้มจนสุกหรือที่เรียกว่าถั่วแระ แต่ส่วนใหญ่นิยมบริโภคถั่วเหลืองเมล็ดแห้งที่ผ่านการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการใช้ความร้อน (thermal processing) ซึ่งความร้อนทำให้เกิดการสูญเสียหรือลดลงของสารสำคัญ ดังนั้น กระบวนการไม่ใช้ความร้อน (non-thermal processing) จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการแปรรูปถั่วเหลืองสู่ผลิตภัณฑ์ทางเลือกเพื่อสุขภาพ เช่น “ถั่วเหลืองงอกหรือถั่วงอกหัวโต” ที่ยังคงคุณค่าทางอาหารและยังมีปริมาณสารสำคัญที่เพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองงอกถึงแม้จะมีข้อมูลเกี่ยวกับสารอาหารและสารสำคัญต่าง ๆ แต่ก็ยังเป็นอาหารที่มีข้อจำกัดสำหรับผู้บริโภคบางกลุ่มที่มีภาวะการแพ้ เพราะถั่วเหลืองเป็นอาหารที่มีโปรตีนก่อภูมิแพ้ และนอกจากนั้นผู้บริโภคยังต้องให้ความสำคัญในการเลือกแหล่งซื้อ หรือเลือกซื้อกับผู้ผลิตจำหน่ายที่ไว้ใจได้เท่านั้น เนื่องจากขั้นตอนกระบวนการทำถั่วเพาะงอกมักมีการเติมสารเร่งหรือฮอร์โมนควบคุม ซึ่งผู้ผลิตต้องการให้ต้นถั่วงอกมีความขาว อวบ สวย และบางรายใช้เพื่อป้องกันการเน่าหรือป้องกันราในระหว่าง

เพาะงอก ซึ่งสารเหล่านั้นจะถูกดูดซึมเก็บไว้ในลำต้นและไม่สามารถล้างออกหรือแช่ให้เจือจางได้ และหากบริโภคบ่อยครั้งอาจเกิดการสะสมและเป็นอันตรายอาจทำให้เกิดโทษมากกว่าคุณประโยชน์ที่ควรจะได้รับ

คำสำคัญ : ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองงอก
Keywords : soybean, soybean sprout

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา พลอยศรี. 2555. GABA กับการผ่อนคลายความเครียด. จดหมายข่าว ชา. 2(8) : 8-10.

คัคนางค์ ทองสุก. 2542. ถั่วเหลืองอาหารสุขภาพ. วารสารอาหาร. หน้า 212-213.

ชญาดา หลาวทอง. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งกากถั่วเหลืองและการใช้ประโยชน์ในอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณิชาภัทร เซ็นโส. 2561. การสกัดโปรตีนและฟีนอลิกแบบขั้นตอนเดียวจากกากถั่วเหลืองโดยเทคนิคการละลายสามวัฏภาค. รายงานการค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง.

นภัสวรรณ เลี่ยมนิมิตร. 2554. การเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คุณค่าทางโภชนาการ และชนิดของบรรจุภัณฑ์ ต่ออายุการเก็บรักษาของถั่วงอกถั่วเหลือง ถั่วเขียวผิวมันและผิวดำ ที่ระยะการเจริญแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นิภาวรรณ ปันธิ. 2560. การพัฒนาน้ำสลัดจากคีเฟอร์น้ำนมถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาจุลชีววิทยาประยุกต์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. ถั่วเหลือง/Soybean. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร ถั่วเหลือง. http://www.foodnetworksolution.com [10 มีนาคม 2563].

พอฤทัย ช้างบุญมี. 2556. อิทธิพลของกระบวนการงอกและการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันต่อคุณภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2552. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม. กระทรวงสาธารณสุข.

สกุลกานต์ สิมลา สุรศักดิ์ บุญแต่ง และสรพงศ์ เบญจศรี. 2560. ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดพืชเมล็ดพืชงอก และเมล็ดพืชอบแห้ง. แก่นเกษตร. 45(1) : 1259-1264.

Chen Y and Chang SKC. 2015. Macronutrients, Phytochemicals, and Antioxidant Activity of Soybean Sprout Germinated with or without Light Exposure. Journal of Food Science. 80(6) : S1391-S1398.

He FJ and Chen JQ. 2013. Consumption of soybean, soy foods, soy isoflavones and breast cancer incidence: Differences between Chinese women and women in Western countries and possible mechanisms. Food Science and Human Wellness. 2 : 146-161.

Hsu CK, Lin WH and Yang HW. 2013. Imfluence of preheating on antioxidant activity of the eatract from black soybean and color and sensory properties of black soybean decoction. Journal of Science Food Agricultural. 93 : pp. 3883-3890.

Isanga J and Zhang GN. 2008. Soybean bioactive components and their implications to health-A review. Food Reviews International. 24(2) : 252-276.

Khang DT, Dang TN, Elazaawely AA and Xuan TD. 2016. Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. Foods. 5(27) : 1-10.

Xu BJ and Chang SKC. (2008). Total Phenolics, Phenolic Acids, Isoflavones, and Anthocyanins and Antioxidant Properties of Yellow and Black Soybeans As Affected by Thermal Processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56 : 7165-7175.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นวารสารของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดออกทุก 3 เดือน วัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่วิทยาการและเสนอข่าวสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ ส่งเสริมการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น และเป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมอาหารระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภคและหน่วยงานของรัฐ วารสารนี้เผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (e-Journal)

การส่งบทความ ขอให้ส่งบทความต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และไฟล์ .pdf ทาง e-mail : fic.ifrpd@gmail.com หรือซีดีข้อมูล มาที่ นางสาวมณฑาทิพย์ ธรรมนิติโชค สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ ปณ. 1043 ปท. เกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10903

เรื่องที่ผู้เขียนจะส่งมาพิมพ์ในวารสารแยกเป็น 2 ประเภท

1. บทความวิจัย (Research article)

1.1 Research article : เป็นงานเสนอผลการวิจัย ที่ผู้เขียนและคณะเป็นผู้ดำเนินการศึกษาวิจัย

1.2 Review article : บทความลักษณะการรวบรวมและทบทวนวรรณกรรม รวมถึงการวิเคราะห์ สังเคราะห์ข้อมูล และนำเสนออภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

2. บทความ (Article)

2.1 บทความวิชาการ เป็นบทความทางวิชาการที่รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็น และประสบการณ์ของผู้เขียน

2.2 บทความอื่น ๆ เช่น บทความวิเคราะห์ บทความเชิงวิชาการ บทความเชิงสารคดี (Feature) บทความ ความเรียง เป็นต้น

การเตรียมต้นฉบับบทความวิจัยเพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

1. ต้นฉบับบทความวิจัย ควรพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียวความยาวประมาณ 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่เกิน 15 หน้าพิมพ์ และตัวอักษรควรใช้ Font TH Sarabun PSK ขนาด 16 ระยะห่างบรรทัด 1.15
2. ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและอังกฤษ ควรกะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นต้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ
3. ชื่อผู้เขียน (Author) และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและอังกฤษ
4. จุดเด่น (Highlights) ของบทความวิจัยทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 3-5 หัวข้อ
5. บทคัดย่อ (Abstract) เป็นการสรุปสาระสำคัญของงานวิจัย โดยเฉพาะวัตถุประสงค์ วิธีการ และผลการดำเนินงานวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวน 200-300 คำ
6. คำสำคัญ (Keywords) ให้กำหนดคำศัพท์ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ 2-5 คำศัพท์ โดยใช้คำภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่มีความหมายตรงกัน คำอังกฤษที่ไม่มีคำแปลภาษาไทย อาจใช้คำทับศัพท์ เช่น อัลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นต้น และโปรดตรวจสอบหลักการเขียนคำทับศัพท์จากราชบัณฑิต คำภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

7. เนื้อหา (Text) ควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

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

7.2 อุปกรณ์ และวิธีการ (Material and method) ประกอบด้วยวัตถุดิบ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการที่ใช้ในการทดลอง

7.3 ผลการทดลอง (Result) เป็นการเสนอผลการทดลอง ถ้ามีตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพ ให้เขียนคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ

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

7.5 สรุป (Conclusion) เป็นการสรุปสาระสำคัญและแนวทางที่จะนำผลไปใช้ประโยชน์ รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยในอนาคต

7.6 ในกรณีบทความเป็นภาษาไทย คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **ตารางที่** เช่น **ตารางที่ 1** ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 ในปลาทะเลและปลาน้ำจืดไทย คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **รูปที่** เช่น **รูปที่ 1** ปฏิกิริยาการเกิดสารไนโตรซามีน และระบุ **ที่มา :** ของตารางและรูป เนื้อหาในตารางและรูป สามารถใช้ภาษาอังกฤษได้ ในกรณีที่บทความเป็นภาษาอังกฤษ คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **Table** เช่น **Table 1** Effect of ... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **Figure** เช่น **Figure 1** Effect of ... และระบุ **Source :**

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้นอกวงเล็บ และระบุปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บตรงที่มาใต้ตารางและรูปภาพดังนี้

ที่มา: ช่อฟ้า และคณะ (2550) **ที่มา:** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

ที่มา: Alexandre and Dubois (2000) **ที่มา:** Gonzales *et al.* (2005)

Source: Burr *et al.* (2009)

Source: The Graduate School Kasetsart University (2009)

7.7 คำภาษาอังกฤษที่ใช้บรรยายในเนื้อความให้ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ คำย่อ ถ้าคำภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

7.8 กรณีที่มีการอ้างอิงในเนื้อความเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล ให้ใช้รูปแบบดังนี้

7.8.1 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งคนเดียว มีรูปแบบดังนี้

ปาริฉัตร (2555)	Fischer (2017) .....
..... (ปาริฉัตร, 2555)	..... (Fischer, 2017)

7.8.2 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่ง 2 คน มีรูปแบบดังนี้

ช่อฟ้า และ พรรณระพี (2547)	Matsumoto และ Take (1980) .....
..... (ช่อฟ้า และ พรรณระพี, 2547)	..... (Matsumoto and Take, 2009)

7.8.3 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน มีรูปแบบดังนี้

ปาริฉัตร และคณะ (2555)	Fischer และคณะ (2017) .....
..... (ปาริฉัตร และคณะ, 2555)	..... (Fischer *et al.,* 2017)

7.8.4 อ้างอิงเอกสารที่ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ให้ใช้คำว่า นิรนาม สำหรับเอกสารภาษาไทย และคำว่า Anonymous สำหรับเอกสาร ภาษาอังกฤษ แทนชื่อผู้แต่งดังนี้

นิรนาม (2552) ..... Anonymous (2009) .....

..... (นิรนาม, 2552) ..... (Anonymous, 2009)

7.8.5 อ้างอิงเอกสารที่ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ ในตำแหน่งที่ต้องระบุปีที่พิมพ์ ให้ระบุ ม.ป.ป. สำหรับเอกสารภาษาไทยและ n.d. สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษดังนี้

ช่อฟ้า (ม.ป.ป.) ..... Kan (n.d.) .....

..... (พิชิต, ม.ป.ป.) ..... (Kan, n.d.)

7.8.6 อ้างอิงหนังสือพิมพ์ กรณีอ้างข่าวทั่วไป ให้ระบุชื่อหนังสือพิมพ์และปีที่พิมพ์ดังนี้

ไทยรัฐ (2552) ..... The New York Times (2010) .....

..... (ไทยรัฐ, 2552) ..... (The New York Times, 2010)

7.8.7 อ้างอิงทรัพย์สินทางปัญญา ให้ระบุชื่อผู้จดสิทธิบัตร และปีที่จดสิทธิบัตรดังนี้

พัชรี (2556) .... Fraser (2017) .....

..... (พัชรี, 2556) ..... (Fraser, 2017)

8. กิติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือ แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย
9. เอกสารอ้างอิง (Reference) เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถสืบค้นเอกสารที่มาได้ โดยให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม**
10. บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิลม์ สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว
11. ชื่อวิทยาศาสตร์ หรือภาษาละตินที่ปรากฏในบทความให้พิมพ์ตัวเอน เช่น *Staphylococcus aureus, Salmonella* spp., *et al., in vitro* เป็นต้น

การเตรียมต้นฉบับบทความอื่น ๆ

1. ต้นฉบับ ควรพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียวความยาวประมาณ 25 บรรทัดต่อหน้า มีความยาวทั้งหมดไม่เกิน 15 หน้าพิมพ์ และตัวอักษรควรใช้ Font TH Sarabun PSK ขนาด 16 ระยะห่างบรรทัด 1.15
2. ชื่อเรื่อง (Title) ภาษาไทยและอังกฤษ ควรกะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นต้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ
3. ชื่อผู้เขียน (Author) และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและอังกฤษ
4. จุดเด่น (Highlights) ของบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 3-5 หัวข้อ
5. บทคัดย่อ (Abstract) บทคัดย่อในบทความวิชาการ เป็นการสรุปประเด็นเนื้อหาที่เป็นแก่นสำคัญ เน้นประเด็นสำคัญของงานที่ต้องการนำเสนอจริง ๆ ควรเขียนให้สั้น กระชับ มีความยาวไม่เกิน 10 ถึง 15 บรรทัด โดยบทคัดย่อมักจะประกอบด้วยเนื้อหาสามส่วน คือ เกริ่นนำ สิ่งที่ทำ สรุปผลสำคัญที่ได้ ซึ่งอ่านแล้วต้องเห็นภาพรวมทั้งหมดของงาน
6. เนื้อหา ประกอบด้วย คำนำ เนื้อเรื่อง และบทสรุป

6.1 ในกรณีบทความเป็นภาษาไทย คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **ตารางที่** เช่น **ตารางที่ 1** ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 ในปลาทะเลและปลาน้ำจืดไทย คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **รูปที่** เช่น **รูปที่ 1** ปฏิกิริยาการเกิดสารไนโตรซามีน และระบุ **ที่มา :** ของตารางและรูป เนื้อหาในตารางและรูปสามารถใช้ภาษาอังกฤษได้ ในกรณีที่บทความเป็นภาษาอังกฤษ คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า **Table** เช่น **Table 1** Effect of ... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า **Figure** เช่น **Figure 1** Effect of ... และระบุ **Source :**

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้นอกวงเล็บ และระบุปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บตรงที่มาใต้ตารางและรูปภาพดังนี้

ที่มา : ช่อฟ้า และคณะ (2550) **ที่มา :** สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

ที่มา : Alexandre and Dubois (2000) **ที่มา :** Gonzales *et al.* (2005)

Source : Burr *et al.* (2009)

Source : The Graduate School Kasetsart University (2009)

6.2 คำภาษาอังกฤษที่ใช้บรรยายในเนื้อความ ให้ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ คำย่อ ถ้าคำภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

6.3 กรณีที่มีการอ้างอิงในส่วนเนื้อหาเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล ให้ใช้รูปแบบดังนี้

6.3.1 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งคนเดียว มีรูปแบบดังนี้

ปาริฉัตร (2555) ..... Fischer (2017) .....

..... (ปาริฉัตร, 2555) ..... (Fischer, 2017)

6.3.2 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่ง 2 คน มีรูปแบบดังนี้

ช่อฟ้า และ พรรณระพี (2547) ..... Matsumoto และ Take (1980) .....

..... (ช่อฟ้า และ พรรณระพี, 2547) ..... (Matsumoto and Take, 2009)

6.3.3 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน มีรูปแบบดังนี้

ปาริฉัตร และคณะ (2555) ..... Fischer และคณะ (2017) .....

..... (ปาริฉัตร และคณะ, 2555) ..... (Fischer *et al.,* 2017)

6.3.4 อ้างอิงเอกสารที่ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ให้ใช้คำว่า นิรนาม สำหรับเอกสารภาษาไทย และคำว่า Anonymous สำหรับเอกสาร ภาษาอังกฤษ แทนชื่อผู้แต่งดังนี้

นิรนาม (2552) ..... Anonymous (2009) .....

..... (นิรนาม, 2552) ..... (Anonymous, 2009)

6.3.5 อ้างอิงเอกสารที่ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ ในตำแหน่งที่ต้องระบุปีที่พิมพ์ ให้ระบุ ม.ป.ป. สำหรับเอกสารภาษาไทยและ n.d. สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษดังนี้

ช่อฟ้า (ม.ป.ป.) ..... Kan (n.d.) .....

..... (พิชิต, ม.ป.ป.) ..... (Kan, n.d.)

6.3.6 อ้างอิงหนังสือพิมพ์ กรณีอ้างข่าวทั่วไป ให้ระบุชื่อหนังสือพิมพ์และปีที่พิมพ์ดังนี้

ไทยรัฐ (2552) ..... The New York Times (2010) .....

..... (ไทยรัฐ, 2552) ..... (The New York Times, 2010)

6.3.7 อ้างอิงทรัพย์สินทางปัญญา ให้ระบุชื่อผู้จดสิทธิบัตร และปีที่จดสิทธิบัตรดังนี้

พัชรี (2556) .... Fraser (2017) .....

..... (พัชรี, 2556) ..... (Fraser, 2017)

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

8. เอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม ให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ **การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม**

8.1 เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในตัวบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถไปค้นหามาได้

8.2 บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในตัวบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านควรอ่านเพิ่มเติม

9. บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิลม์ สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

10. ชื่อวิทยาศาสตร์ หรือภาษาละตินที่ปรากฏในบทความให้พิมพ์ตัวเอน เช่น *Staphylococcus aureus, Salmonella* spp., *et al., in vitro* เป็นต้น

การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม สามารถเขียนได้ 2 แบบ คือ

1. เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งผู้อ่านสามารถไปสืบค้นเอกสารที่มาได้

2. บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในตัวบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบภูมิหลัง หรือเข้าใจบทความได้ละเอียดดีขึ้น

ก. การเรียงลำดับเอกสาร ไม่ต้องมีเลขกำกับ ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่ง หรือผู้รายงานตามตัวอักษร เริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

ข. การเขียนชื่อผู้เขียน เอกสารภาษาไทยให้ใช้ชื่อเต็ม โดยใช้ชื่อตัวนำหน้า ตามด้วยชื่อสกุล ถ้าเป็นเอกสารภาษาต่างประเทศ ให้เขียนชื่อสกุลขึ้นก่อน ตามด้วยชื่ออื่น ๆ โดยชื่อสกุลให้เขียนเต็ม ส่วนชื่อต้นและชื่อกลางให้เขียนเป็นชื่อย่อโดยใช้อักษรตัวแรกและไม่ต้องใส่จุดที่อักษรย่อ เอกสารอ้างอิงใดที่ไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ใช้ชื่อหน่วยงานขึ้นต้น หรือถ้าไม่มีชื่อหน่วยงาน ให้ใช้ชื่อเรื่องของบทความขึ้นต้นแทน

- ชื่อหน่วยงานขึ้นต้น

The Food Science Society of Australia and New Zealand. 2000. Food safety guidelines. J Aust. 164 : 82-84.

- ชื่อเรื่องขึ้นต้น

Cancer in South Africa. 1994. S Afr J. 84 : 15-20.

A Buddhist response. 1995. http://www.cpc.psu.edu/ [21 June 2015].

ค. เอกสารอ้างอิงที่ไม่มีปีปรากฏ ในตำแหน่งที่ต้องระบุปีที่พิมพ์ ให้ระบุ ม.ป.ป. สำหรับเอกสารภาษาไทยและ n.d. สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ

อรพิน ชัยประสพ. ม.ป.ป. การกำจัดรสขมในน้ำผลไม้ จากพืชตระกูลส้ม. อาหาร 21(2) : 87-93.

Holsinger VH and Klingerman AE. n.d. Application of lactase in dairy foods and other foods containing lactose. Food Tech. 45(1) : 92-95.

รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม มีดังนี้

1. วารสาร: ชื่อผู้แต่ง. ปีที่แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสาร. ปีที่(ฉบับที่) : หน้าที่ใช้อ้างอิง.
(ชื่อวารสารภาษาอังกฤษให้ใช้ชื่อย่อและใส่จุด พิมพ์ด้วยอักษรตัวตรง)

ภาษาไทย:

อรพิน ชัยประสพ. 2534. การกำจัดรสขมในน้ำผลไม้ จากพืชตระกูลส้ม. อาหาร. 21(2) : 87-93.

ภาษาอังกฤษ:

Holsinger VH and Klingerman AE. 1991. Application of lactase in dairy foods and other foods containing lactose. Food Tech. 45(1) : 92-95.

2. หนังสือ: ชื่อผู้แต่ง. ปีที่แต่ง. ชื่อหนังสือ. ครั้งที่พิมพ์ (ถ้ามี). สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์. หน้า.
(หากใช้หนังสืออ้างอิงทั้งเล่มไม่ต้องระบุจำนวนหน้า)

ภาษาไทย:

จรัญ จันทลักขณา และ อนันต์ชัย เชื่อนธรรม. 2535. สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพมหานคร. หน้า 30-35.

ภาษาอังกฤษ:

Talek L and Graham HD. 1983. Leaf protein concentrates. The AVI Pulishing Company. Inc. Westport. Connecticut. p. 84-88.

Phillips SJ and Whisnant JP. 1995. Hypertension and stroke. In: Laragh JH and Brenner BM. (eds.) Hypertension: pathophysiology, diagnosis, and management. 2nd ed. Raven Press. New York. p. 465-478.

3. รายงานการวิจัย/ประชุมวิชาการ: ชื่อผู้แต่ง. ปีที่แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อรายงาน/เอกสารการประชุมวิชาการ. สถาบัน. สำนักพิมพ์. เมืองที่พิมพ์. หน้า.

ภาษาไทย:

ช่อฟ้า ทองไทย และ อัมพร ศรีสุทธิพฤกษ์. 2532. การเกิดผลึกของกรดอะมิโนไทโรซีน ในน้ำปลา. การประชุมวิชาการของชมรมเทคโนโลยีชีวภาพ ครั้งที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 60-65.

ภาษาอังกฤษ:

Bengtsson S and Solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security in medical informatics. In: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE and Ricnhoff O. (eds.) Proceedings of the 7th World Congress, 6-10 September 1992, Geneva, Switzerland. p. 61-65.

4. รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์

4.1 งานเขียนรายบุคคล: ชื่อผู้แต่ง/ บรรณาธิการ. ปีที่แต่ง. ชื่อเรื่อง. http://... [วันเดือนปีที่ค้นข้อมูล].

ภาษาไทย:

พิมลพรรณ พิทยานุกูล. 2543. วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. http://www.lib.buu.ac.th [16 กันยายน 2558].

ผลิตภัณฑ์ใต้วงแขนอันตราย. 2546. http://www.kalathai.com/think/view_hot.?article_id=16 [20 มิถุนายน 2558].

ภาษาอังกฤษ:

Prizker TJ. 1990. An early fragment from Central Nepal. http:// www. ingress.com/ ~ astanart/pritzker/pritzker.html [8 June 2015].

4.2 วารสาร: Author. year. Title. Journal title. volume (issue). paging or indicator of length. Site/Path/File [Access date].

ตัวอย่าง:

Inada K. 1995. A buddhist response to the nature of human right. J Bud Ethics. http:// www .cpc.psu.edu/jbe/twocont.html [21 June 2015].

4.3 นิตยสาร: Author. Year. Title. Magazine Title. volume (if given). paging or indicator of length. Site/Path/File [Access date].

ตัวอย่าง:

Viviano F. 1995. The new mafia order. Mother Jones Magazine. http:// www. mojones. com.MOTHER JONES/MJ 95/viviano.html [17 July 2015].

4.4 จดหมายอิเล็คทรอนิกส์: Sender. E-mail address. date month year. Subject of Message. E-mail to recipient (Recipient E-mail address).

ตัวอย่าง:

Day M. MDAY@sage.uvm.edu. 30 July 1995. Review of film – bad lieutenant. E-mail to Xia L. (XLI@moose.uvm.edu).

5. ทรัพย์สินทางปัญญา

ผู้จดสิทธิบัตร. ปีที่จดสิทธิบัตร. ชื่อสิ่งประดิษฐ์. ประเทศที่จดสิทธิบัตร หมายเลขของสิทธิบัตร.

ตัวอย่าง

พัชรี ตั้งตระกูล. 2556. โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องงอก. เลขที่ 8776.

Fraser R, Brown PO, Karr J, Holz-Schietinger C and Cohn E. 2017. Methods and compositions for affecting the flavor and aroma profile of consumables. U.S. Patent No. 9,700,067.

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

หมายเหตุ:

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

JFRPD (online)