



ปีที่ 52 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2565

Vol. 52 No. 1 January - March 2022

Food Journal

สถาบันคั้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหาร

ISSN 0125-1147

วิชาการ

- ❖ การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร
- ❖ โซเดียม การรับรสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร
- ❖ การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง
- ❖ การแพ้มแมลงกินได้

ปกิณกะ

- ❖ หัวปลี...คุ้มค่าเกินราคา

เมนูคู่สุขภาพ

- ❖ แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจนิคเพื่อลดน้ำหนัก



goo.gl/b6dGWD

www.ifrpd.ku.ac.th





วารสารอาหาร

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Journal of the Institute of Food Research and Product Development
Kasetsart University

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่วิทยาการและเสนอข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีทางอาหาร วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ
2. ส่งเสริมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น
3. เป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภคและหน่วยงานของรัฐ

สำนักงาน

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ไปรษณีย์ 1043 ปทฝ.เกษตรศาสตร์
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10903 โทร. 02 942 8629 ต่อ 1303
โทรสาร. 02 561 1970

ที่ปรึกษา

ดร.พิศมัย ศรีชาเยช
อภิญญา จุฑางกูร
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย

บรรณาธิการ

วนิดา เทวารุทธิ ขิตติสรศักดิ์กุล

รองบรรณาธิการ

ดร.อรวรรณ ละอองคำ

กองบรรณาธิการ

ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม	ดร.วนิดา ปานอุทัย
ดร.สุมิตรา บุญบำรุง	ดร.อรไท สวัสดิชัยกุล
ดร.คันสนีย์ อุดมระติ	ช่อลัดดา เทียงพุก
ดร.นิพัฒน์ ลิ่มสงวน	กนกวรรณ ยอดอินทร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	วาสนา นาราศรี

กองจัดการ

มณฑาทิพย์ ธรรมนิติโชค รัตนาพร เพ็ชรอินทร์

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.

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

Consultant

Dr. Phisamai Srichayet
Apinya Chudhangkura
Janpen Saengprakai

Editor

Wanida Tewaruth Chitisankul

Assistant-editor

Dr. Orawan La-ongkham

Editorial-board

Dr. Ladda Sangduean Wattanasiritham	Dr. Wanida Pan-utai
Dr. Sumitra Boonbumrung	Dr. Orathai Sawatdichaikul
Dr. Sunsanee Udomrati	Chowladda Teangpook
Dr. Nipat Limsangouan	Kanokwan Yodin
Dr. Waraporn Prasert	Wassana Narasri

Manager

Montatip Thammanitichok Rattanaporn Petchin

บรรณาธิการ... บอกเล่า

สวัสดีค่ะ ในวารสารอาหารปีที่ 52 ฉบับที่ 1 ของปี พ.ศ. 2565 ท่านจะได้อ่านบทความวิชาการที่มีเนื้อหาหลากหลายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง และแหล่งโปรตีนใหม่อย่างแมลงด้วย ซึ่งในฉบับนี้จะประกอบไปด้วยบทความวิชาการจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ “การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร” “โซเดียม การรับรสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร” “การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง” และ “การแพ้มแมลงกินได้” ในฉบับนี้ยังมีบทความปกิณกะ เรื่อง “หิ้วป्ली...คุ่มค่าเกินราคา” สำหรับผู้ประกอบการและผู้บริโภคที่สนใจการบริโภคอาหารสุขภาพจากวัตถุดิบภายในประเทศที่มีราคาต่ำ แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสำหรับเมนูสุขภาพ เราขอแนะนำเสนอเรื่อง “แนวทางการรับประทานอาหารคีโตจีนิกเพื่อลดน้ำหนัก” ค่ะ

ทางทีมงานใคร่ขอความอนุเคราะห์ให้ท่านผู้อ่านตอบแบบสอบถามผ่าน QR code ท่านสามารถแสดงความคิดเห็นต่อวารสารอาหารในด้านต่าง ๆ เพิ่มเติมมายังทีมงานได้ที่อีเมล fic.ifrpd@gmail.com เรายินดีรับคำแนะนำจากท่านตลอดเวลาจะคะ เพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานค่ะ และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ ที่นี้



ข้อมูล วรรณะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารอาหาร เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย





FOOD JOURNAL

ปีที่ 52 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2565

Vol. 52 No. 1 January - March 2022

CONTENTS

วิชาการ

- 5 การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร
Modulation of gut microbiome symbiosis in human by spices and herbs in foods
✎ ดร.จุฑามาศ กลิ่นโซดา (Dr. Jutamat Klinsoda)
- 16 โซเดียม การรับรู้รสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร
Sodium, salt taste perception and reducing sodium in food products
✎ ชุษณา เมฆโหรา (Chusana Mekhora)
- 24 การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง
Utilization of okara meal from soymilk production
✎ ดร. อัญชลี อุษณาสุวรรณกุล (Dr. Aunchalee Aussanasuwannakul)
✎ กัญญ์วรา ทองกระจ่าง (Kanwara Tongkrajang)
- 37 การแพ้แมลงกินได้
Edible insects allergy
✎ ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม (Dr. Ladda Sangduean Wattanasiritham)

ปกิณกะ


- 48 หัวปลี...คุ่มค่าเกินราคา
Banana blossom... worth more than the price
✎ ช่อลัดดา เทียงพุก (Chowladda Teangpook)

เมนูสุขภาพ

- 58 แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจนิคเพื่อลดน้ำหนัก
Ketogenic diet guidelines for weight loss
✎ วาสนา นาราศรี (Wassana Narasri)
- 65 คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์ ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร

Modulation of gut microbiome symbiosis in human by spices and herbs in foods

 ดร.จุฑามาศ กลิ่นโชดา (Dr. Jutamart Klinsoda)

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ (Department of Applied Microbiology)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- ❖ เครื่องเทศและสมุนไพรมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่อร่างกายมนุษย์
- ❖ ปฏิสัมพันธ์ของเครื่องเทศและสมุนไพรกับจุลินทรีย์ลำไส้ทำให้เกิดประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์
- ❖ เครื่องเทศและสมุนไพรสามารถเป็นตัวช่วยปรับเปลี่ยนไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้

Highlights

- ❖ Spices and herbs have functionality on human health
- ❖ Interaction of spices and herbs with gut microbiota contributes beneficial effects
- ❖ Spices and herbs may be digestion-aiding for altering gut microbiome

บทคัดย่อ

เครื่องเทศและสมุนไพรที่นิยมใช้เป็นอาหาร อาหารเสริม สารสกัด และยาสมุนไพร จัดว่าเป็นแหล่งของสารประกอบไฟโตเคมิคอล (phytochemicals) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นอาหารแก่จุลินทรีย์ในร่างกาย ตัวอย่างเครื่องเทศและสมุนไพรที่มีงานวิจัยยืนยันการใช้ประโยชน์และได้รับความนิยมไปทั่วโลก จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ขมิ้นชัน (turmeric) ยี่หระ (cumin) เปปเปอร์มินต์ (peppermint) ขิง (ginger) ดอกอิชินเซีย (echinacea) อบเชย (cinnamon) พริก (chili) พาร์สลีย์ (parsley) ออริกาโน (oregano) และกระวาน (cardamom) โดยสารประกอบไฟโตเคมิคอลในเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ลำไส้ ทำให้เสริมสร้างหน้าที่การปกป้องตนเองของลำไส้ (intestinal barrier function) และการตอบสนองระบบภูมิคุ้มกัน (immune response) ดังนั้นการรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรที่เป็นแหล่งของเส้นใยและไฟโตเคมิคอล (phytochemicals) ในปริมาณที่เหมาะสม จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนสมดุลของไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ได้ เพื่อให้มีการเติบโตของแบคทีเรียโปรไบโอติกกลุ่ม *Lactobacillus* หรือ *Bifidobacterium* อีกทั้งการมี

อัตราส่วนของจุลินทรีย์ในไฟลัม *Firmicutes* และ *Bacteroidetes* ที่สมดุล จะช่วยให้มนุษย์มีสุขภาพดีและลดโอกาสการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วนและโรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง เป็นต้น

คำสำคัญ : เครื่องเทศ สมุนไพร ไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้

Keywords : spices, herbs, gut microbiome

เครื่องเทศและสมุนไพรและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (spices and herbs, and its functionality)

เครื่องเทศและสมุนไพร เป็นส่วนผสมของอาหารและยาที่ผลิตได้จากส่วนประกอบของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ผล เป็นต้น ซึ่งแต่ละส่วนของพืชจะมีคุณสมบัติและให้ประโยชน์แตกต่างกัน โดยเครื่องเทศและสมุนไพรจัดว่าเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบไฟโตเคมีคอล (phytochemicals) ซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนและการกระจายตัวที่เฉพาะ จึงมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่หลากหลายต่อจุลินทรีย์ เช่น การยับยั้งแบคทีเรีย ไวรัส รา และปรสิต ดังนั้นไฟโตเคมีคอลจึงนิยมใช้ในการรักษาทางการแพทย์ในหลายประเทศ มีการขยายการใช้ประโยชน์ในหลายวงการรวมถึงผลิตภัณฑ์ของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงผลิตง่าย และมีผลข้างเคียงที่น้อยกว่าเมื่อใช้อย่างเหมาะสม (Martínez and Más, 2020) ปัจจุบันมีงานวิจัยยืนยันคุณสมบัติของเครื่องเทศและสมุนไพร เช่น การยับยั้งกระบวนการอักเสบ การกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน การป้องกันไข้หวัด การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสก่อโรค เป็นต้น ในทางการค้าเครื่องเทศและสมุนไพรจึงขายในหลากหลายรูปแบบทั้งเป็นวัตถุดิบ ยา สารสกัด และอาหารเสริม โดยกลุ่มของเครื่องเทศและสมุนไพรที่ได้รับความนิยมไปทั่วโลก มีจำนวน 10 ชนิด คือ ขมิ้นชัน (turmeric) ยี่หระ (cumin) เปปเปอร์มินต์ (peppermint) จิง (ginger) ดอกอิชินเนเซีย (echinacea) อบเชย (cinnamon) พริก (chili) พาร์สลีย์ (parsley) ออริกาโน (oregano) และกระวาน (cardamom) (Lindsay, 2021) (ตารางที่ 1)

ซึ่งมีรายงานวิจัยยืนยันคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ การรักษาโรค และมีผลต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ ดังนี้

ขมิ้นชัน (turmeric) มีสารสำคัญชื่อ curcumin มีสรรพคุณทางยา ซึ่งมีฤทธิ์ลดการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการแข็งตัวของเลือดป้องกันการเกิดลิ่มเลือดอุดตัน รักษาอาการเกี่ยวกับทางเดินอาหารและโรคกระเพาะ และโรคติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย ขมิ้นชันมักใช้เป็นเครื่องเทศในอาหาร เช่น แกงกะหรี่หรือใช้ผสมเพื่อเป็นสีในอาหาร เช่น มัสตาร์ด ซีสเนย เป็นต้น นอกจากนี้มีงานวิจัยพบว่า ขมิ้นชันสามารถฆ่าเชื้อไวรัส หรือแบคทีเรียในหลอดทดลองได้ รวมทั้งยับยั้งการแบ่งเซลล์ของเชื้อไวรัสซาร์ส-โค วิ- 2 (Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2; SARS-CoV-2) ที่ก่อโรคโควิด 19 ในหลอดทดลอง (Lindsay, 2021) ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจ แต่ยังคงต้องการงานวิจัยศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

ยี่หระ (cumin) มีสารสำคัญชื่อ cumin aldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก ในน้ำมันหอมระเหยมีสารต้านอนุมูลอิสระ การทดลองในหลอดทดลองพบว่า สารสกัดจากยี่หระมีฤทธิ์ในการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยย่อยอาหาร ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553) มีรายงานวิจัยพบว่า สารสกัดมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *Helicobacter pylori* ในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบในกระเพาะ

อาหารและทำให้เกิดอาการท้องอืดและแผลในกระเพาะ ยี่หระจึงเป็นสมุนไพรที่มีการนำมาใช้ในตำรับยาแผนโบราณของไทยหลายตำรับ รวมทั้งเป็นวัตถุดิบเครื่องเทศปรุงอาหาร

เปปเปอร์มินต์ (peppermint) มีสารสำคัญเป็นกลุ่มน้ำมันหอมระเหยชื่อเมนทอล (menthol) และเมนโธน (menthone) มีสรรพคุณในการฆ่าเชื้อโรคและเชื้อไวรัส มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็งจากการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเปปเปอร์มินต์ ซึ่งออกฤทธิ์ที่ระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจเป็นหลัก จึงช่วยบรรเทาอาการไอ ติดเชื้อในลำคอและต้านสารก่อภูมิแพ้บางชนิด นอกจากนี้เปปเปอร์มินต์อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิด เช่น เบต้าแคโรทีน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี ธาตุแคลเซียม ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุเหล็ก เป็นต้น จึงนิยมใช้เป็นยาชงจากใบนำมาต้มเพื่อช่วยย่อยอาหาร และใช้ประกอบอาหาร (Medthai, 2017a)

ขิง (ginger) มีสารสำคัญชื่อ gingerol ซึ่งมีฤทธิ์ลดการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ ส่วนที่นำมาใช้คือ ราก ช่วยรักษาอาการคลื่นไส้ อาเจียน โรคกระเพาะ และลำไส้แปรปรวน นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่า ขิงสามารถต้านมะเร็ง เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง จึงช่วยลดอัตราการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง หยุดการทำงานของโปรตีนหรือกระบวนการส่งสัญญาณที่ทำให้เกิดมะเร็ง (Lindsay, 2021) ขิงยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี เบต้าแคโรทีน ธาตุเหล็ก ธาตุแคลเซียม และธาตุฟอสฟอรัส ทั้งยังมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยจำนวนมากอีกด้วย (Medthai, 2017b) จึงมีประโยชน์

ต่อร่างกายและนิยมใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารและเครื่องดื่มทั่วโลก

ดอกอีชีเนเซีย (echinacea) มีสารสำคัญชื่อ cichoric acid ดอกอีชีเนเซียเป็นดอกไม้สมุนไพรที่มีสรรพคุณกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและป้องกันไข้หวัด จึงนิยมใช้ในการป้องกันและรักษาอาการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคหูดชั้นกลางอักเสบ และโรคปอดอักเสบหรือปอดบวม (Lindsay, 2021) นอกจากนี้ดอกอีชีเนเซียมีฤทธิ์ต่อสู้กับการติดเชื้อไวรัสได้ดีจึงนิยมรับประทานในรูปแบบอาหารเสริมเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง

อบเชย (cinnamon) มีสารสำคัญชื่อ tannins มีสรรพคุณด้านการติดเชื้อ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง และลดระดับน้ำตาลในเลือด รักษาโรคเบาหวาน และกระตุ้นให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น (Lindsay, 2021) น้ำมันในอบเชยช่วยกระตุ้นความอยากอาหาร เปลือกอบเชยนิยมนำมาใช้เป็นเครื่องเทศ และยาสมุนไพรช่วยลดการบีบตัวของลำไส้ ช่วยป้องกันท้องเสีย

พริก (chili) มีสารสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ capsaicin และ oleoresin โดยเฉพาะสาร capsaicin มีสรรพคุณต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร และช่วยเสริมสร้างคอลลาเจนในร่างกาย พริกอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินซี ธาตุแมกนีเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุเหล็ก และใยอาหาร เป็นต้น (Medthai, 2017c) สาร capsaicin นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้ในการประกอบอาหาร ปรุงแต่งอาหาร เพราะพริกช่วย

กระตุ้นให้อยากอาหารมากขึ้น มีงานวิจัยยืนยันว่าการรับประทานพริกสม่าเสมอจะลดโอกาสการเกิดโรคหัวใจได้ถึงร้อยละ 26 และการตายจากโรคมะเร็งได้ถึงร้อยละ 23 (Lindsay, 2021)

พาร์สลีย์ (parsley) มีสารสำคัญชื่อ apigenin หรือ apiol และ β -carotene มีสรรพคุณต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็งเต้านม มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความดันโลหิต ต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของไต เพิ่มการดูดซึมธาตุเหล็ก และป้องกันการเกิดโรคโลหิตจาง พาร์สลีย์เป็นผักที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ สูงมาก ได้แก่ β -carotene วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินซี และวิตามินอี ซึ่งสูงมากกว่าผักหลายชนิด และยังมีธาตุเหล็กและโปรตีนสูงอีกด้วย ใบพาร์สลีย์มีกลิ่นหอมฉุนนิยมนำมาใช้ประดับตกแต่งในงานอาหาร ให้นำมารับประทาน หรือนำมาสับเพื่อแต่งอาหารในขั้นสุดท้ายของการปรุง นำมาผสมแต่งกลิ่นและรสในน้ำสลัดและซอส ใช้ผสมในเครื่องหมักเนื้อเป็นที่นิยมในอาหารยุโรป (Medthai, 2017d)

ออริกาโน (oregano) มีสารสำคัญชื่อ carvacrol เป็นสารหลักในน้ำมันออริกาโน มีสรรพคุณช่วยกำจัดไขมันในเลือด ควบคุมสมดุลน้ำตาลในเลือด มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และรักษาโรคมะเร็ง (Lindsay, 2021) สาร carvacrol ทำหน้าที่ช่วยกำจัดแบคทีเรียชนิดก่อโรค เชื้อรา ยีสต์ และเชื้อโปรโตซัวตามธรรมชาติ รวมไปถึงยังสามารถกำจัดพยาธิในทางเดินอาหารได้ด้วย มีประโยชน์ต่อสุขภาพของลำไส้ ซึ่งส่วนใหญ่อาการของลำไส้ ได้แก่ ท้องเสีย ปวดท้อง และท้องอืด มักอาจเกิดจากปรสิตในลำไส้ นอกจากนี้ยังมีรายงานด้านการนำน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมาใช้สำหรับต้านเชื้อไวรัส (Lindsay, 2021)

ส่วนในการปรุงอาหาร ออริกาโนสามารถทานได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ซึ่งนิยมใช้แบบแห้งมากกว่าใบสด

กระวาน (cardamom) มีสารสำคัญคือ กลุ่มของน้ำมันหอมระเหย เช่น camphor, pinene, limonene, myrcene, phenolic acids และ sterols มีสรรพคุณยับยั้งการอักเสบ ต้านจุลินทรีย์ บำรุงเลือด และแก้อาการเกร็งของลำไส้ มีฤทธิ์การยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553) กระวานนิยมใช้ในการประกอบอาหาร เป็นเครื่องเทศในน้ำพริกแกงเผ็ด แกงมัสมั่น แกงกะหรี่ ใช้แต่งกลิ่นและสีของอาหารหลายชนิด ช่วยให้เจริญอาหารและมีฤทธิ์เป็นยาระบาย นอกจากนี้มีงานวิจัยในหนูทดลองพบว่า กระวานจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในหนูที่เป็นโรคอ้วน (Lindsay, 2021)

จะเห็นได้ว่าเครื่องเทศและสมุนไพรเหล่านี้ มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ค่อนข้างหลากหลายตามสารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของพืช การรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรโดยใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหารทำให้อาหารที่เราบริโภคมีประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถเป็นยาในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค โดยขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์และกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายมนุษย์ (human metabolism) และจุลินทรีย์ในร่างกาย (bacterial metabolism) (Gritz and Bhandari, 2015)

ตารางที่ 1 สารสำคัญและสรรพคุณของเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร

เครื่องเทศและสมุนไพร	สารสำคัญ	สรรพคุณ
ขมิ้นชัน (turmeric)	curcumin	<ul style="list-style-type: none"> ● ลดการอักเสบ ● ต้านอนุมูลอิสระ ● ต้านการแข็งตัวของเลือด ● รักษาอาการเกี่ยวกับทางเดินอาหารและโรคกระเพาะอาหาร
ยี่หระ (cumin)	cumin aldehyde	<ul style="list-style-type: none"> ● การเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยย่อยอาหาร ● ต้านเชื้อแบคทีเรีย
เปปเปอร์มินต์ (peppermint)	menthol และ menthone	<ul style="list-style-type: none"> ● ฆ่าเชื้อโรคและเชื้อไวรัส ● ต้านอนุมูลอิสระ ● ต้านมะเร็ง
ขิง (ginger)	gingerol	<ul style="list-style-type: none"> ● ลดการอักเสบ ● ต้านอนุมูลอิสระ ● รักษาอาการคลื่นไส้อาเจียน ● โรคกระเพาะและลำไส้แปรปรวน
ดอกอีชินacea (echinacea)	cichoric acid	<ul style="list-style-type: none"> ● กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและป้องกันไข้หวัด ● รักษาอาการติดเชื้อทางเดินหายใจ
อบเชย (cinnamon)	tannins	<ul style="list-style-type: none"> ● ต้านการติดเชื้อ ● ต้านอนุมูลอิสระ ● ต้านการอักเสบ ● ต้านมะเร็ง ● ลดระดับน้ำตาล
พริก (chili)	capsaicin และ oleoresin	<ul style="list-style-type: none"> ● ต้านอนุมูลอิสระ ● ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ● ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร ● เสริมสร้างคอลลาเจน
parsley (parsley)	apigenin หรือ apiol β -carotene	<ul style="list-style-type: none"> ● ต้านอนุมูลอิสระ ● ต้านมะเร็งเต้านม ● ลดระดับน้ำตาลในเลือด ● ลดความดันโลหิต ● ต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ยีสต์

ออริกาโน (oregano)	carvacrol	<ul style="list-style-type: none"> ● กำจัดไขมันในเลือด ● ควบคุมสมดุลน้ำตาลในเลือด ● มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ● กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ● รักษาโรคมะเร็ง
กระวาน (cardamom)	น้ำมันหอมระเหย	<ul style="list-style-type: none"> ● ยับยั้งการอักเสบ ● ต้านจุลินทรีย์ ● บำรุงเลือด ● การยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร

ที่มา : Lindsay (2021)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเครื่องเทศและสมุนไพรกับจุลินทรีย์ลำไส้ (spices and herbs and its interaction with gut microbiota)

เครื่องเทศและสมุนไพรมีสารอาหารที่หลากหลายทั้งสารอาหารหลัก (macronutrient) ซึ่งเป็นกลุ่มที่จำเป็นสำหรับการอยู่รอดของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตอื่น ให้พลังงานต่อร่างกาย ได้แก่ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เป็นต้น ส่วนสารอาหารรอง (micronutrients) เป็นสารอาหารที่ต้องการในปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ เพราะเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ ในร่างกายเพื่อให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ ได้แก่ วิตามินและเกลือแร่ เป็นต้น นอกจากนี้เครื่องเทศและสมุนไพรยังมีปริมาณของสารออกฤทธิ์ (active ingredient) ในปริมาณสูงรวมทั้งกลุ่มของสารประกอบไฟโตเคมีคอล และสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) (Zheng *et al.*, 2020) จากกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบไฟโตเคมีคอลในเครื่องเทศและสมุนไพรแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ 1) phenolic compounds 2) terpenoids และ 3) nitrogen compounds หรือ alkaloids ในกรณีแบ่งกลุ่มตามประเภทตามโครงสร้างทางเคมี สามารถแบ่งได้เป็น terpenoids,

alkaloids, betalains, glucosinolates, cyanogenic glycosides, polyacetylenes, anthocyanins และ flavonoids ซึ่งสารประกอบไฟโตเคมีคอลเหล่านี้เป็นสารธรรมชาติ มีความปลอดภัยมากกว่าสารออกฤทธิ์ที่คิดค้นและนำมาผลิตเป็นยาและอาหารเสริม หรือเป็นส่วนผสมประกอบอาหาร

สารประกอบไฟโตเคมีคอลและสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิเหล่านี้ที่พบในสมุนไพรและเครื่องเทศ มีงานวิจัยยืนยันว่า สารประกอบในเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ลำไส้ เช่น เพิ่มความสามารถในการยึดเกาะเซลล์เยื่อหุ้มผนังลำไส้ (intestinal membrane) ยับยั้งการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ก่อโรคเข้าสู่ร่างกาย (bacterial translocation) และเสริมสร้างหน้าที่ปกป้องตนเองของลำไส้ (intestinal barrier function) (Lin and Zhang, 2017) จากงานวิจัยพบว่า การใส่ยาที่เป็นสารสังเคราะห์บางครั้งก่อให้เกิดอันตรายมากกว่าอันตรายของโรคที่ต้องการรักษา บางครั้งทำให้เกิดความเป็นพิษ (toxic effect) และการกลายพันธุ์ (mutagenic effects) นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าเครื่องเทศและสมุนไพรมีผลต่อเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ลำไส้ (gut microbiota) ในมนุษย์ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในโพลัม

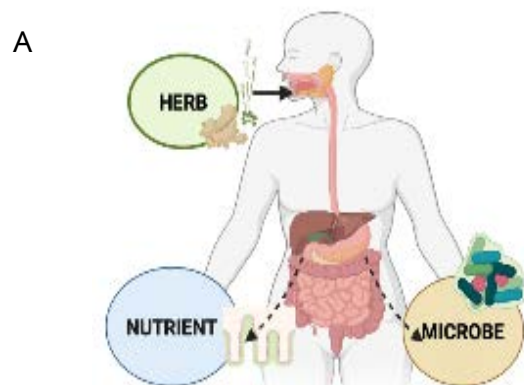
Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes และ *Proteobacteria* โดยมีการค้นพบเส้นทางการเปลี่ยนแปลงสาร (pathway) 2 ทฤษฎี ดังนี้

ทฤษฎีที่ 1 การย่อย (digestion) กล่าวคือ จุลินทรีย์ในลำไส้ (gut microbiota) ย่อยสลายโพรไบโอติกโมเลกุลขนาดเล็กที่ดูดซึมง่าย เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วส่งผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกาย (รูปที่ 1A) สามารถอธิบายได้ดังนี้ เครื่องเทศและสมุนไพรส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางปากและเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารจะมีปฏิสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ในลำไส้ เพราะมีสารไฟโตเคมีคอลเป็นสารอาหารที่ให้ประโยชน์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งเคมีและกายภาพจากเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร ดังนั้นสารอาหารจากเครื่องเทศและสมุนไพรจึงเป็นอาหารของทั้งมนุษย์และจุลินทรีย์ โดยสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลสายสั้นส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมในลำไส้ส่วนต้นช่วง duodenum และ jejunum ซึ่งทำให้ร่างกายของมนุษย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Zheng *et al.*, 2020)

ทฤษฎีที่ 2 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ (gut microbiota change) กล่าวคือ เมื่อรับประทานสมุนไพรเข้าไปแล้วส่งผลต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ (gut microbiota) และสารประกอบที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (secretion) หรือสารเมแทบอไลต์ (metabolites) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกาย (physiological changes) (รูปที่ 1B) สามารถอธิบายได้ดังนี้ โครงสร้างของสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลสายยาว หรือ โครงสร้างแบบซับซ้อน (complex carbohydrate) ที่พบได้ในธรรมชาติในโครงสร้างพืชหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลแอลกอฮอล์ โอลิโกฟรุคโตส โอลิโกแซคคาไรด์ แล็กโตส อินนูลิน เป็นต้น จะกลายเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้เล็กส่วนปลาย ตั้งแต่ส่วน ileum จนเข้าสู่กระบวนการ

หมักในลำไส้ใหญ่แล้วเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากลำไส้เล็ก (ประมาณ 10^3-10^7 cells/g) มีปริมาณน้อยกว่าในขณะที่จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น (ประมาณ 10^{12} cells/g) (Zheng *et al.*, 2020)

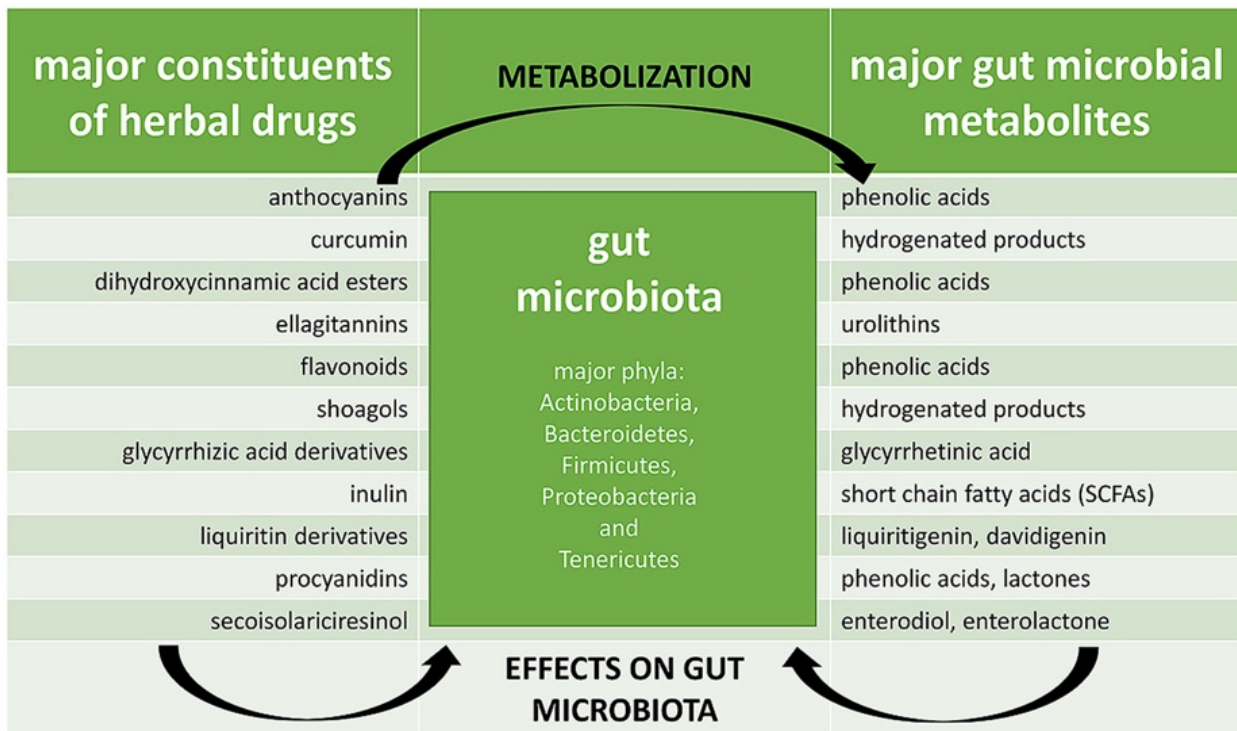
จากการค้นพบดังกล่าว มีงานวิจัยมากมายพยายามศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในลำไส้เพื่อทดสอบคุณสมบัติของเครื่องเทศและสมุนไพรหลายชนิด เพื่อนำการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างสารประกอบในเครื่องเทศและสมุนไพรที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้ ในพาร์สลีย์มีสาร anthocyanins หรือ flavonoid จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็น phenolic acid ซึ่งมีขนาดเล็กลงในไขมันชั้นมีสาร curcumin จะเปลี่ยนแปลงเป็น hydrogenated products ในอบเชยมีสาร inulin จะเปลี่ยนแปลงเป็น short chain fatty acids และสาร ellagitannins จะเปลี่ยนแปลงเป็น urolithins ดังรูปที่ 1B (Thumann *et al.*, 2019) ซึ่งจากการที่จุลินทรีย์ลำไส้ สามารถเปลี่ยนแปลงสารประกอบเหล่านี้ให้ร่างกายมนุษย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอุตสาหกรรมอาหาร จึงมีการใช้สารประกอบในเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร อาหารเสริม และการพัฒนารักษาโรค (An *et al.*, 2019)



รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบจากยาสมุนไพรและผลต่อจุลินทรีย์ลำไส้ : A-ทฤษฎีการย่อย B-ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้

ที่มา : Thumann *et al.* (2019)

B

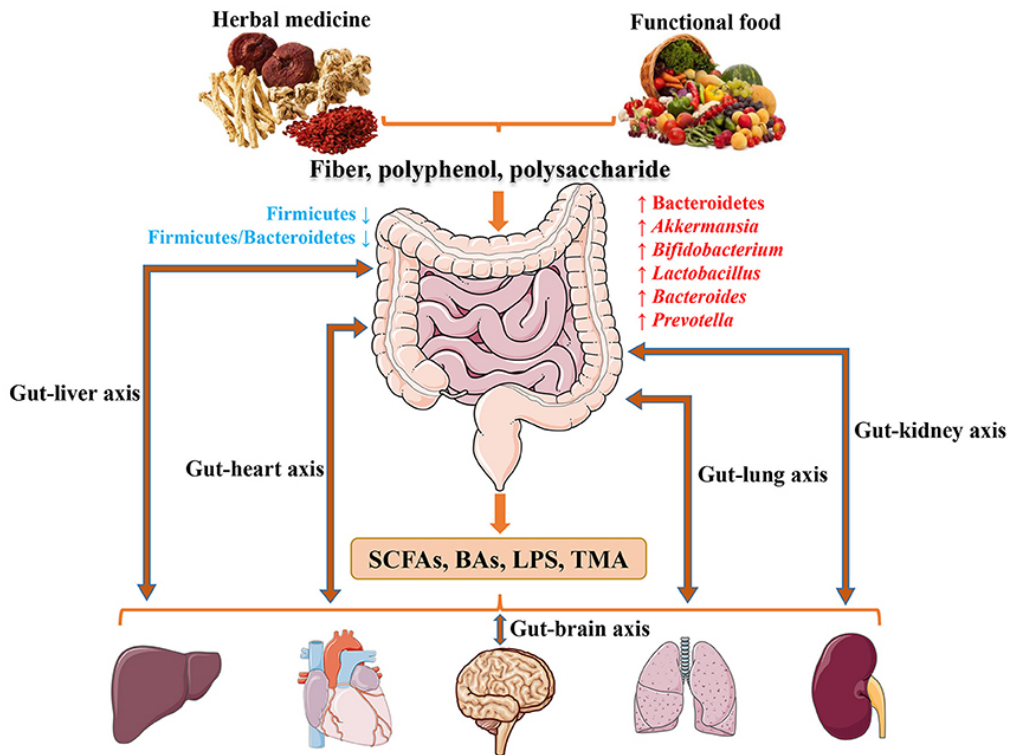


รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบจากยาสมุนไพรและผลต่อจุลินทรีย์ลำไส้ : A-ทฤษฎีการย่อย B-ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ (ต่อ)
 ที่มา : Thumann *et al.* (2019)

การใช้เครื่องเทศและสมุนไพรในการปรับเปลี่ยนไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์ (Use of digestion-aiding spices and herbs alters gut microbiome in human)

ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์เป็นสิ่งที่ซับซ้อน ปฏิสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ลำไส้กับร่างกายมนุษย์ (interplay between gut microbiota and host) มักเกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ (microbes) สัมผัสกับผนังเยื่อเมือกของกระเพาะ (mucosal barriers) แล้วเกิดกระบวนการส่งสัญญาณในร่างกายและการป้องกันสิ่งแปลกปลอมจากทางเดินอาหารไม่ให้เข้าสู่อวัยวะหรือระบบหมุนเวียนในร่างกาย (host systemic circulation) เช่น จุลินทรีย์ประจำถิ่น (microflora) จุลินทรีย์ก่อโรค (pathogen) และอาหาร (food antigen) เป็นต้น (Sekirov *et al.*,

2010; Sorini *et al.*, 2019) ซึ่งเป็นบทบาทสำคัญต่อการมีสุขภาพดีของมนุษย์ โดยทั่วไปบุคคลที่มีสุขภาพดีสามารถพบจุลินทรีย์ได้ 5 กลุ่ม คือ *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, และ *Verrucomicrobia* (Tremaroli and Backhed, 2012) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้เกี่ยวข้องกับการสร้าง short-chain fatty acids (SCFAs) (Krautkramer *et al.*, 2016) การสร้างสารสื่อประสาท (neurotransmitters) (Asano *et al.*, 2012) และสารเมแทบอลิต์ (Sharkey *et al.*, 2018) ที่มีผลต่อการตอบสนองทางร่างกายของมนุษย์ในอวัยวะต่าง ๆ ทั่วร่างกาย (รูปที่ 2) เช่น สมอง เรียกว่า gut-brain axis หัวใจ เรียกว่า gut-heart axis ตับ เรียกว่า gut-liver axis ปอด เรียกว่า gut-lung axis และไต เรียกว่า gut-kidney axis เป็นต้น (Lyu *et al.*, 2017)



รูปที่ 2 อิทธิพลของสารประกอบจากยาสมุนไพรและอาหารเชิงหน้าที่ต่ออวัยวะต่าง ๆ ที่ควบคุมโดยจุลินทรีย์ลำไส้
ที่มา : Lyu et al. (2017)

การเปลี่ยนแปลงสมดุลของจุลินทรีย์ลำไส้จึงมีผลต่อการควบคุมกิจกรรมของร่างกายและการเกิดโรคต่าง ๆ ที่จะตามมา (Lyu et al., 2017) เมื่อเกิดภาวะเสียสมดุลจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ จะส่งผลทั้งเรื่องการดูดซึมสารอาหารและการหมักอาหาร (nutrient absorption and food fermentation) การควบคุมระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย (modulation of the immune system) และกระบวนการป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรค (physiological mechanisms against pathogens) (Conlon and Bird, 2015) ดังนั้นการรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ได้ โดยแนวทางดังต่อไปนี้

1. การส่งเสริมการเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติกกลุ่มแลคโตแบซิลลัส (*Lactobacillus*)

เครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดที่มีโครงสร้างคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrate)

จะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนปลาย เครื่องเทศและสมุนไพรที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพรไบโอติกในระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะกลุ่มแลคโตแบซิลลัส จัดว่ามีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก มีงานวิจัยพบว่าปริมาณโพลีแซคคาไรด์มีฤทธิ์ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกในลำไส้ พบการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียโพรไบโอติกซึ่งสร้าง bacteriocin มายับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกที่ก่อโรควางชนิด หรือแข่งขันการยึดเกาะผนังลำไส้กับแบคทีเรียแกรมลบทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงลดโอกาสการเกิดโรค อีกทั้งการเพิ่มการยึดเกาะของแบคทีเรียโพรไบโอติกที่ผนังลำไส้ จะช่วยควบคุมสมดุลการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันร่างกายได้อีกด้วย

2. การเพิ่มกลุ่มจุลินทรีย์ไฟลัม *Actinobacteria*

เครื่องเทศและสมุนไพร ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ธรรมชาติจากกลุ่มไฟโตเคมีคอล มีผลต่อการ

เจริญเติบโตของจุลินทรีย์ไฟลัม *Actinobacteria* จากงานวิจัยพบว่า บุคคลที่มีสุขภาพดีจะมีจำนวนจุลินทรีย์ไฟลัม *Actinobacteria* เป็นประชากรหลัก (dominant microbiota) โดยเฉพาะกลุ่ม *Bifidobacteriaceae* ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมหน้าที่ของผนังกันเยื่อเมือกของลำไส้ (intestinal barrier function) (Martínez and Más, 2019)

3. การปรับเปลี่ยนสัดส่วนของกลุ่มจุลินทรีย์ไฟลัม *Firmicutes* และ *Bacteroidetes*

เครื่องเทศและสมุนไพรที่มีเส้นใยและมีคุณสมบัติพรีไบโอติกจะสามารถปรับเปลี่ยนสัดส่วนจำนวนประชากรกลุ่ม *Firmicutes* และ *Bacteroidetes* ได้ จากงานวิจัยพบว่า *Firmicutes/Bacteroidetes* (F/B ratio) มีอิทธิพลต่อการรักษาสมดุลของลำไส้ (intestinal homeostasis) การเพิ่มและลดอัตราส่วนของ *Firmicutes/Bacteroidetes* จะทำให้เกิดการเสียสมดุล (dysbiosis) นำไปสู่การเกิดโรคอ้วน (obesity) และโรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง (inflammatory bowel disease (IBD) (Stojanov *et al.*, 2020) ดังนั้นการรักษาสมดุลอัตราส่วนของ *Firmicutes/Bacteroidetes* ให้คงที่เป็นสิ่งที่จำเป็น

บทสรุป

การรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรซึ่งเป็นแหล่งของสารประกอบไฟโตเคมีคอลเหล่านี้เป็นสารธรรมชาติ มีความปลอดภัยมากกว่าสารออกฤทธิ์ที่คิดค้นและนำมาผลิตเป็นยาและอาหารเสริมหรือวัตถุดิบประกอบอาหาร จะเห็นว่าเครื่องเทศและสมุนไพรมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่อร่างกายมนุษย์ ช่วยในการรักษาโรคได้ อีกทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ของเครื่องเทศและสมุนไพรกับจุลินทรีย์ลำไส้มีผลต่อการเจริญเติบโตและสมดุลของไมโครไบโอมจุลินทรีย์ในลำไส้ซึ่งส่งผลต่อการมีสุขภาพดี การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และการป้องกันการติดเชื้อ ดังนั้นการรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรในปริมาณที่เหมาะสมจึงสามารถปรับเปลี่ยนไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ให้สมดุลได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาในเชิงลึกยังเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยต้องเริ่มจากการศึกษาผ่านโมเดลจำลองของระบบทางเดินอาหาร การศึกษาในสัตว์ทดลอง และการศึกษาในมนุษย์ ตามลำดับ เพื่อผลการทดลองที่มีความแม่นยำ และผลิตภัณฑ์เครื่องเทศและสมุนไพรควรผ่านการทดสอบผลต่อไมโครไบโอมก่อนนำมาต่อยอดจำหน่ายในเชิงการค้า

เอกสารอ้างอิง

- คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2553. ฐานข้อมูลเครื่องยาสมุนไพร. <http://www.thaicrudedrug.com> [16 กันยายน 2564].
- An X, Bao Q, Di S, Zhao Y, Zhao S, Zhang H, Lian F and Tong X. 2019. The interaction between the gut Microbiota and herbal medicines. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 118 : 109252.
- Asano Y, Hiramoto T, Nishino R, Aiba Y, Kimura T, Yoshihara K and Sudo N. 2012. Critical role of gut microbiota in the production of biologically active, free catecholamines in the gut lumen of mice. *Am J Physiol Gastrointest. Liver Physiol*. 303 : 1288-1295.
- Conlon MA and Bird AR. 2015. The impact of diet and lifestyle on gut microbiota and human health. *Nutrients*. 7 : 17-44.
- Gritz EC and Bhandari V. 2015. The human neonatal gut microbiome : A brief review. *Frontiers in Pediatrics*. 3 : 17.
- Krautkramer KA, Kreznar JH, Romano KA, Vivas EI, Barrett-Wilt GA, Rabaglia ME, Keller MP, Attie AD, Rey FE and Denu JM. 2016. Diet-microbiota interactions mediate global epigenetic programming in multiple host tissues. *Mol. Cell*. 64 : 982-992.
- Lin L and Zhang J. 2017. Role of intestinal microbiota and metabolites on gut homeostasis and human diseases. *BMC Immunology*. 18 : 2.
- Lindsey Todd. 2021. 10 of the healthiest herbs and spices and their health benefits. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/healthy-herbs-and-spices> [16 กันยายน 2564].
- Lyu M, Wang Y, Fan G, Wang X, Xu S and Zhu Y. 2017. Balancing Herbal Medicine and Functional Food for Prevention and Treatment of Cardiometabolic Diseases through Modulating Gut Microbiota. *Front. Microbiol*. 8 : 2146.

Martinez Y and Más D. 2020. Role of Herbs and Medicinal Spices as Modulators of Gut Microbiota. *IntechOpen*. 91208 : 1-16.

Medthai. 2017a. สาระแห่ง สรรพคุณและประโยชน์ของสาระแห่ง 41 ข้อ. <https://medthai.com/สาระแห่ง/> [16 กันยายน 2564].

Medthai. 2017b. ชิง สรรพคุณและประโยชน์ของชิง 65 ข้อ. <https://medthai.com/ชิง/> [16 กันยายน 2564].

Medthai. 2017c. พริก สรรพคุณและประโยชน์ของพริก 36 ข้อ. <https://medthai.com/พริก/> [16 กันยายน 2564].

Medthai. 2017d. 16 สรรพคุณและประโยชน์ของparsley (Parsley). <https://medthai.com/พาร์สลีย์/> [16 กันยายน 2564].

Sekirov I, Russell SL, Antunes LCM and Finlay BB. 2010. Gut microbiota in health and disease. *Physiol Rev*. 90 : 859-904.

Sharkey KA, Beck PL and McKay DM. 2018. Neuroimmunophysiology of the gut : advances and emerging concepts focusing on the epithelium. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 15 : 765-784.

Sorini C, Cosorich I, Lo Conte M, De Giorgi L, Facciotti F, Lucianò R, Rocchi M, Ferrarese R, Sanvito F, Canducci F and Falcone M. 2019. Loss of gut barrier integrity triggers activation of islet-reactive T cells and autoimmune diabetes. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* 116 : 15140-15149.

Stojanov S, Berlec A and Štrukelj B. 2020. The Influence of Probiotics on the Firmicutes/Bacteroidetes Ratio in the Treatment of Obesity and Inflammatory Bowel disease. *Microorganisms*. 8(11) : 1715.


Thumann TA, Pferschy-Wenzig E, Moissl-Eichinger C and Bauer R. 2019. The role of gut microbiota for the activity of medicinal plants traditionally used in the European Union for gastrointestinal disorders. *Journal of Ethnopharmacology*. 245 : 112153.

Tremaroli V and Backhed F. 2012. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. *Nature* 489 : 242-249.

Zheng Y, Gou X, Zhang L, Gao H, Wei Y, Yu X, Pang B, Tian J, Tong X and Li M. 2020. Interactions Between Gut Microbiota, Host, and Herbal Medicines : A Review of New Insights Into the Pathogenesis and Treatment of Type 2 Diabetes. *Front Cell Infect Microbiol*. 10 : 360.

โซเดียม การรับรสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียม ในผลิตภัณฑ์อาหาร

Sodium, salt taste perception and reducing sodium in food products

 ชุษณา เมฆโหรา (Chusana Mekhora)

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- ❖ เกลือ โซเดียม และการรับรสเค็ม
- ❖ แนวทางการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร
- ❖ การแสดงฉลากและการกล่าวอ้างข้อความบนฉลากผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโซเดียม

Highlights

- ❖ Salt, sodium and the perception of saltiness
- ❖ Approaches to reduce sodium in food products
- ❖ Food labeling and packaging claims for sodium reduction

บทคัดย่อ

อาหารที่โซเดียมสูงส่วนใหญ่มักสัมพันธ์กับรสชาติเค็ม ผู้ที่บริโภคอาหารโซเดียมสูงอยู่เป็นประจำมีระดับของการรับรสเค็มที่สูงขึ้น (increasing saltiness threshold) หรือมีความไวต่อการรับรสเค็มต่ำลง (decreasing salty taste sensitivity) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มในการรับประทานอาหารโซเดียมสูงเพิ่มขึ้น การบริโภคโซเดียมในปริมาณมากเกินไปความต้องการของร่างกายนำไปสู่การเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังต่าง ๆ ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคไต และอัมพฤกษ์อัมพาต เป็นต้น โดยปกติร่างกายคนเราต้องการโซเดียมเฉลี่ยวันละไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัม หรือเทียบเท่ากับเกลือประมาณ 1 ช้อนชา แต่จากการสำรวจที่ผ่านมาในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทย พบว่าประชากรส่วนใหญ่บริโภคโซเดียมมากเกินไปกว่าความต้องการของร่างกาย 2-3 เท่า และถ้าไม่ได้รับการควบคุมอาจทำให้อัตราการเจ็บป่วยจากโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคโซเดียมเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาแนวทางการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดผลกระทบต่อรสชาติ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อหวังผลให้ประชาชนบริโภคโซเดียมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและนำไปสู่การลดลงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคโซเดียม

คำสำคัญ : การรับรสเค็ม ลดโซเดียม ผลิตภัณฑ์อาหาร

Keywords : salt taste perception, sodium reduction, food products

เกลือ โซเดียม และการรับรสเค็ม

เกลือ เป็นสารให้รสเค็มใช้ปรุงแต่งรสชาติอาหาร และใช้ในการแปรรูปอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เกลือมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) ประกอบด้วยแร่ธาตุสองชนิด คือ โซเดียมไอออน (Na^+) ร้อยละ 40 และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก หมายความว่า ในเกลือ 1 กรัม จะมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบ 0.4 กรัม หรือ 400 มิลลิกรัม และคลอไรด์ 0.6 กรัม หรือ 600

มิลลิกรัม เกลือที่นิยมใช้ในการปรุงอาหารแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือเกลือบริโภคนิยมใช้ (table salt) และเกลือทะเล (sea salt) ซึ่งจะมีปริมาณโซเดียมแตกต่างกันเล็กน้อยขึ้นกับการเจือปนของแร่ธาตุอื่น ๆ และกรรมวิธีการผลิต จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณโซเดียมในเกลือแต่ละประเภทมีค่าระหว่าง 324-374 มิลลิกรัม/กรัม สำหรับแร่ธาตุอื่น ได้แก่ โพแทสเซียม และแมกนีเซียม พบว่าในเกลือทะเลและดอกเกลือมีแร่ธาตุดังกล่าวสูงกว่าเกลือบริโภค ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความชื้นและปริมาณแร่ธาตุในเกลือ 3 ชนิดที่นิยมใช้ในการปรุงอาหาร

ชนิดเกลือ	ความชื้น (% weight)	ปริมาณแร่ธาตุ (มิลลิกรัม/กรัม)		
		โซเดียม	โพแทสเซียม	แมกนีเซียม
เกลือบริโภค	0.21	374	0.49	0.21
เกลือทะเล	3.31	356	1.23	2.39
ดอกเกลือทะเล	8.63	324	2.35	5.64

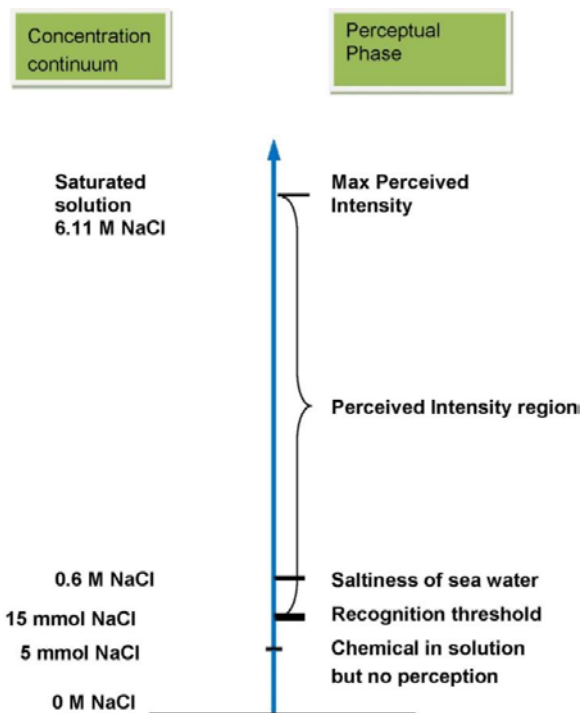
ที่มา : ชุขณา และคณะ (2560)

โซเดียม (Na^+) เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ใช้ในการรักษาสสมดุลของแรงดันของเหลว ควบคุมความเป็นกรดและด่าง ควบคุมการทำงานของหัวใจ และช่วยในกระบวนการส่งสัญญาณประสาท เพื่อควบคุมการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Patel, 2009) ร่างกายของคนเราจะไม่สามารถผลิตโซเดียมได้เอง ต้องได้รับโซเดียมจากการบริโภคอาหารเป็นหลัก แหล่งสำคัญของโซเดียมคือเกลือ และเครื่องปรุงที่มีเกลือเป็นส่วนประกอบ เช่น น้ำปลา ซอสถั่วเหลือง น้ำมันหอย กะปิ ปลาร้า ปลาเค็ม เป็นต้น รวมถึงพบมากในอาหารแปรรูปและอาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น ปลาเค็ม ไข่เค็ม ผักและผลไม้ดอง เนื้อสัตว์แปรรูป บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และขนมขบเคี้ยว เป็นต้น อาหารกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีรสชาติเค็มสัมพันธ์กับปริมาณเกลือที่เป็นส่วนประกอบ นอกจากนี้แร่ธาตุ

โซเดียมยังพบได้เล็กน้อยในอาหารตามธรรมชาติทั่วไป เช่น อาหารทะเล เนื้อสัตว์ ไข่ และนม รวมถึงเป็นองค์ประกอบในวัตถุเจือปนอาหารต่าง ๆ เช่น ผงชูรส (โมโนโซเดียมกลูตาเมต) ผงฟู (โซเดียมไบคาร์บอเนต) สารกันเสีย และสารกันหืน (โซเดียมเบนโซเอต โซเดียมไนไตรต์ โซเดียมซัลไฟต์ และโซเดียมแอสคอเบต) เป็นต้น วัตถุเจือปนอาหารที่มีโซเดียมเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่จะไม่ให้รสชาติเค็ม แต่ถาบริโภคอาหารที่มีวัตถุเจือปนอาหารเหล่านี้ในปริมาณมากหรือบริโภคบ่อย ๆ เช่น ขนมเค้ก ขนมปัง อาหารแปรรูป อาหารหมักดอง ก็จะส่งผลให้ร่างกายได้รับโซเดียมเพิ่มขึ้น ดังนั้นประชาชนควรเรียนรู้แหล่งของโซเดียมในอาหาร เพื่อควบคุมปริมาณการบริโภคโซเดียมให้เหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย

การรับรสเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมบริโภค การรับรสเริ่มขึ้นเมื่ออาหารเข้าสู่ช่องปากไปกระตุ้นให้ปุ่มรับรสที่ผิวลิ้น (papilla) ซึ่งประกอบด้วยตุ่มรับรส (taste bud) เล็ก ๆ อยู่ภายใน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับรสชาติ เมื่อมีอาหารหรือสารเคมีมากระตุ้นตุ่มรับรสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเซลล์รับรส (taste cell) และเกิดกระแสประสาทส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 ซึ่งรับรสจากบริเวณปลายลิ้นและด้านข้างของลิ้น (2/3 ส่วนของลิ้นด้านหน้า) และประสาทสมองคู่ที่ 9 รับรสจากบริเวณโคนลิ้น (1/3 ส่วนด้านโคนลิ้น) เพื่อส่งกระแสประสาทต่อไปยังบริเวณสมองส่วนกลาง ซึ่งเป็นบริเวณศูนย์รับรสเพื่อแปลผลว่าเป็นรสชาติอะไร โดยมนุษย์สามารถแยกการรับรู้รสชาติต่าง ๆ ได้กว้าง ๆ เป็น 4 รสชาติ คือ รสหวาน รสเค็ม รสขม และรสเปรี้ยว โดยตุ่มรับรสของทั้ง 4 รสชาติ จะกระจายอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ ของลิ้น ได้แก่ รสหวานบริเวณปลายลิ้น รสเปรี้ยวจากด้านข้างของลิ้น รสขมที่โคนลิ้น และรสเค็มตามแนวขอบลิ้น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เซลล์รับรสแต่ละเซลล์สามารถตอบสนองได้ทั้ง 4 รสชาติ แต่อาจมีระดับการตอบสนองไม่เท่ากัน เนื่องจากเซลล์รับรสแต่ละเซลล์อาจมี protein receptor ต่อรสชาติหลายชนิด (Keast and Breslin, 2003) เมื่อรับประทานอาหารที่มีเกลือเป็นส่วนประกอบ จะเกิดจากการแตกตัวของโซเดียมคลอไรด์ในช่องปากเป็นโซเดียมไอออน (Na^+) ผ่านเข้ามาในเซลล์รับรสทางช่องโซเดียมอิสระ (voltage-independent Na^+ channel) ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดศักย์ไฟฟ้า และส่งสัญญาณประสาทไปยังสมองเพื่อแปลผลรสชาติที่เกิดขึ้น โดยความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่คนทั่วไปรับรู้ได้ว่าเป็น รสชาติเค็ม (recognition threshold) จะอยู่ที่ 15 mmol/L หรือเกลือ 0.876 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร (Liem *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามระดับของการรับรู้รสเค็มอาจแตกต่างกันในแต่ละ

บุคคลขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น พฤติกรรมการรับประทานอาหาร อายุ การสูบบุหรี่ หรือภาวะของโรค เป็นต้น นอกจากนี้การบริโภคอาหารที่มีรสชาติเค็มเป็นประจำ จะส่งผลให้เกิดความเคยชินต่อรสชาติเค็มนำไปสู่การเกิดพฤติกรรมติดเค็ม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มในการรับประทานอาหารโซเดียมสูงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ป่วยโรคเรื้อรังต่าง ๆ โดยเฉพาะกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานอาหารโซเดียมสูง เช่น โรคความดันโลหิตสูงและโรคไตเรื้อรัง มีความเคยชินต่อรสเค็มมากกว่าผู้ที่มีสุขภาพดี ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากพฤติกรรมการรับประทานอาหาร อย่างไรก็ตามความเคยชินต่อรสชาติเค็มสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการจำกัดปริมาณการบริโภคโซเดียม เช่น การลดการใช้เครื่องปรุงรสโซเดียมสูงต่าง ๆ ลดการบริโภคอาหารที่มีโซเดียมสูง ซึ่งจะช่วยให้ต่อมรับรสค่อย ๆ ปรับสภาพ ไวต่อการรับรสเค็มมากขึ้น และจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือรูปแบบการบริโภคอาหารในระยะยาวต่อไป



รูปที่ 1 ระดับการรับรู้รสเค็มตามความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้น
ที่มา : Liem *et al.* (2011)

การบริโภคโซเดียมสูงส่งผลกระทบต่อสุขภาพ นำไปสู่การเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง องค์การอนามัยโลกกำหนดแผนการดำเนินงานเพื่อลดการบริโภคโซเดียมในประชากร โดยตั้งเป้าหมายให้มีการ “ลดการบริโภคโซเดียมในประชากรลงร้อยละ 30 ภายในปี ค.ศ. 2023 และรณรงค์ให้ประชากรบริโภคโซเดียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเกลือ น้อยกว่า 5 กรัมต่อวัน” โดยมีการกำหนดแนวทางการดำเนินงานให้ประเทศต่าง ๆ นำไปปรับใช้เพื่อลดการบริโภคโซเดียมในประชากร ดังนี้

1. การปรับเปลี่ยน/ พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มี ปริมาณ เกลือ / โซเดียม ลด ลง (product reformulation) : เป็นมาตรการที่อาศัยความร่วมมือจากภาคอุตสาหกรรมอาหารในการปรับเปลี่ยนสูตรให้มีปริมาณโซเดียมลดลง

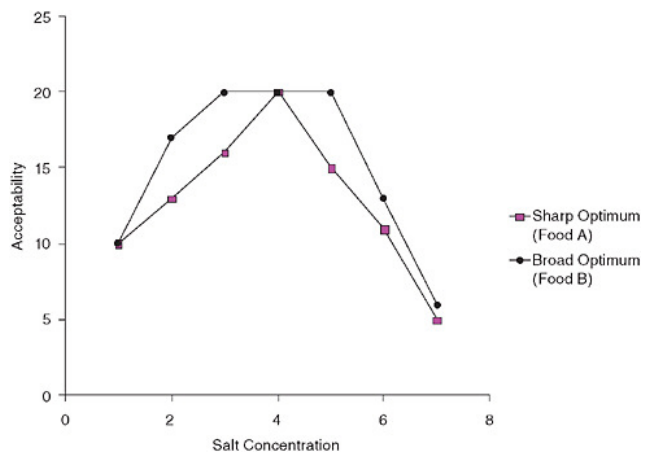
2. การให้ความรู้และสร้างความตระหนักรู้ใน กลุ่ม ผู้ บริ โภ ค (consumer awareness and education campaigns) : เป็นการสื่อสารข้อมูลในการบริโภคโซเดียมที่ถูกต้องให้กับผู้บริโภค โดยการใช้ข้อมูลที่เข้าใจง่าย ถูกต้องและชัดเจน อาจอยู่ในรูปแบบสื่อรณรงค์ต่าง ๆ การจัดอบรม การจัดทำฉลากโภชนาการ หรือฉลากผลิตภัณฑ์ (front of pack labelling)

3. การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเลือกอาหารที่มีผลดีต่อสุขภาพ (environmental changes) : เป็นการสร้างสภาพแวดล้อมเพื่อให้ประชาชนมีทางเลือกในการบริโภคอาหารที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น เช่น การส่งเสริมร้านอาหารสุขภาพในโรงเรียนหรือแหล่งชุมชน การแสดงคุณค่าทางโภชนาการในเมนูอาหาร เป็นต้น

แนวทางการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร

การปรับลดปริมาณโซเดียมในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงปริมาณ

โซเดียมที่เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อความชอบ และการยอมรับผู้บริโภค จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าความชอบและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์อาหาร A เป็นไปในลักษณะ sharp optimum คือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือเพียงเล็กน้อยจะส่งผลกระทบต่อความชอบและการยอมรับผู้บริโภคทันที ในขณะที่ผลิตภัณฑ์อาหาร B เป็นไปในลักษณะ broad optimum คือมีช่วงความเค็มที่ผู้บริโภคชอบและยอมรับกว้างกว่า ทำการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ B ทำได้ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ A เนื่องจากไม่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค (Institute of Medicine Committee on Strategies to Reduce Sodium, 2010)



รูปที่ 2 สมมติฐานการวิเคราะห์การยอมรับของผู้บริโภคต่อปริมาณเกลือที่แตกต่างกันในอาหาร 2 ชนิด (A และ B)

ที่มา : Institute of Medicine Committee on Strategies to Reduce Sodium (2010)

การปรับลดโซเดียมในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการศึกษาวิจัยรวบรวมได้ดังนี้ (Keast and Breslin, 2003; Buck and Barringer, 2007; Clariana et al., 2011; Grummer et al., 2013; Pflaum et al., 2013; Ghawi et al., 2014; Mueller et al., 2016; Mekhora and Vattanasuchart 2020)

1. การใช้สารทดแทนเกลือ (salt substitutes) :

สารทดแทนเกลือที่ได้รับอนุญาตจากองค์การอาหารและยาเพื่อปรับลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายกับเกลือ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตามการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 30 จะทำให้เกิดรสชาติฝืดหรือขมในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Grummer *et al.*, 2013) นอกจากนี้โพแทสเซียมคลอไรด์ยังมีแร่ธาตุอีกหลายชนิดที่มีการศึกษาวิจัยในแง่สารทดแทนเกลือเพื่อช่วยปรับลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) โซเดียมกลูโคเนต ($C_6H_{11}NaO_7$) โซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO) แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) และแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) เป็นต้น

2. การใช้สารเสริมกลิ่นรส (flavor enhancers) :

สารเสริมรสชาติมีคุณสมบัติช่วยเพิ่มรสเค็มได้ เช่น รสเปรี้ยว หรือความกลมกล่อม (umami) ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ของรสชาติ (taste interaction) ขึ้น (Keast and Breslin, 2003) สารเสริมรสชาติที่นิยมใช้ในอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติเค็ม ได้แก่ กรดอะมิโนบางชนิด เช่น กรดกลูตามิก กรดแอสปาทิก ผงชูรส สารสกัดจากยีสต์ (yeast extract) disodium 5-ribonucleotides, hydrolyzed vegetable protein และ hydrolyzed meat protein เป็นต้น โดยสารกลุ่มนี้สามารถช่วยลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหารได้ประมาณร้อยละ 40

3. การแต่งกลิ่น (odor) :

กลิ่นที่แสดงออกถึงรสชาติเค็ม สามารถเพิ่มการรับรสเค็มได้และช่วยปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ได้ ตัวอย่างเช่น กลิ่นของซอสถั่วเหลือง ปลาซาติน ปลาแอนโชวี เบคอน แฮม และถั่วลิสง เป็นต้น

4. การใช้เครื่องเทศและสมุนไพร :

มีการศึกษาพบว่าเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดช่วยเพิ่มกลิ่นรสและรสเค็มให้อาหารได้ เช่น กระเทียมและหอมหัวใหญ่ จากรายงานการวิจัยของเครือข่ายลดบริโภคเค็ม พบว่าการเพิ่มสัดส่วนสมุนไพรจากสูตรมาตรฐานร้อยละ 25-50 ในอาหารที่ลดการใช้เครื่องปรุงโซเดียมสูงลงร้อยละ 25 ช่วยทำให้รสชาติอาหารใกล้เคียงสูตรมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรลดการใช้เครื่องปรุงเพียงอย่างเดียว (ชูษณา และคณะ, 2557) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในต่างประเทศที่พบว่าการปรับใช้เครื่องเทศและสมุนไพร ได้แก่ ออริกาโน เบย์ลีฟ เซเลอรี และพริกไทยดำ ในผลิตภัณฑ์ซูปมะเขือเทศ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เกลือลงได้ โดยสูตรที่เพิ่มสมุนไพร ช่วยเสริมรสเค็มและกลิ่นรสของซูปได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรลดโซเดียมที่ไม่ได้ใส่สมุนไพร (Ghawi *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรเพื่อปรับลดปริมาณโซเดียมอาจจะต้องพิจารณาถึงการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดส่งผลกระทบต่อกลิ่นรสของอาหาร

5. การดัดแปลงโครงสร้างและส่วนประกอบอาหาร (food matrix modifications) :

เนื้อสัมผัส ขนาดรูปทรง และส่วนประกอบ ที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการรับรสชาติเค็มที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนเนื้อสัมผัสในขนมปังให้มีโพรงอากาศขนาดใหญ่จะช่วยเพิ่มการรับรสเค็มได้ เมื่อเทียบกับขนมปังที่มีโพรงอากาศขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลมาจากการที่โซเดียมถูกปล่อยออกมาจากขนมปังได้ไวขึ้น (Pflaum *et al.*, 2013) หรือการใช้เกลือที่มีลักษณะหยาบ (coarse-grained salt) และ การใช้สารละลายเกลือฟอสเฟตในแป้งพิซซ่า ช่วยเพิ่มการรับรสเค็ม และทำให้ลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ได้

ร้อยละ 25 (Mueller *et al.*, 2016) นอกจากนี้การปรับลดขนาดเกลือให้เล็กลง จะช่วยลดปริมาณการใช้ได้ร้อยละ 25 โดยที่ผู้บริโภคไม่รู้สึกว่าอาหารมีความเค็มลดลง เนื่องจากเกลือที่มีขนาดเล็กจะละลายและแตกตัวเข้าสู่ต่อมรับรสในลิ้นได้ดีกว่าเกลือขนาดใหญ่ ทำให้รู้สึกเค็มได้ดีและเร็วขึ้น รวมถึงเกลือขนาดเล็กยังสามารถเกาะติดกับพื้นผิวอาหารได้ดีกว่าเกลือขนาดใหญ่ ทำให้ไม่ต้องใช้เกลือในปริมาณที่มากเกินไปจนเกินความจำเป็น (Buck and Barringer, 2007)

6. การใช้เทคโนโลยีและกระบวนการผลิต : มีการศึกษาการใช้ High Pressure Processing (HPP) เพื่อลดปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปภายใต้สภาวะความดันสูงเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่ยังรักษาคุณลักษณะ รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยปกติความดันที่ใช้ในการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการนี้จะอยู่ที่ 400-600 MPa ร่วมกับการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 °C การใช้เทคโนโลยี HPP ช่วยเพิ่มการรับรสเค็มได้ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์แปรรูป เนื่องจากความดันสูงมีผลกับการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเกลือและโปรตีนในเนื้อสัตว์ ทำให้ Na⁺ แตกตัวออกและเข้าสู่ต่อมรับรสในลิ้นได้ดีขึ้น ซึ่งทำให้ลดการใช้เกลือในกระบวนการผลิตได้ (Clariana *et al.*, 2011)

การแสดงผลและการกล่าวอ้างข้อความบนฉลากผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโซเดียม

ฉลากโภชนาการ เนื่องด้วยโซเดียมเป็นสารอาหารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาสุขภาพสำคัญของคนไทย ในขณะนี้คณะกรรมการนโยบายการลดเกลือและโซเดียม เพื่อลดโรคไม่ติดต่อระดับชาติ ได้มีการดำเนินการปรับลดปริมาณโซเดียมต่อวันในประชากรให้เป็นไปตามเกณฑ์อ้างอิงขององค์การอนามัยโลก คือ 2,000 มิลลิกรัมต่อ

วัน โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กอควบคุมอาหารได้ออกประกาศปรับลดปริมาณโซเดียมที่แสดงในฉลากโภชนาการบนผลิตภัณฑ์อาหารตามเกณฑ์บัญชีสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intakes, THAI RDI) จาก 2,400 มิลลิกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 182) พ.ศ. 2541 เป็น 2,000 มิลลิกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 392 (พ.ศ. 2561) เพื่อให้เกณฑ์ที่ควรบริโภคสอดคล้องกับมาตรฐานสากล โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2562 สำหรับอาหารที่มีการแสดงฉลากโภชนาการไว้ก่อนวันที่ประกาศฉบับนี้ สามารถยังคงจำหน่ายต่อไปได้ไม่เกินวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2564 และต้องปรับแก้ไขให้สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ประกาศใช้ต่อไป

ฉลาก GDA (guideline daily amount)

เป็นฉลากโภชนาการรูปแบบหนึ่งซึ่งกำหนดให้ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร 13 ชนิด คือ ขนมขบเคี้ยว ช็อกโกแลต ผลิตภัณฑ์ขนมอบ อาหารกึ่งสำเร็จรูป อาหารแช่เย็นแช่แข็งประเภทจานเดียว เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ชาปรุงสำเร็จ กาแฟปรุงสำเร็จ นมปรุงแต่ง นมเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์จากนม นมถั่วเหลือง ไอศกรีม ซึ่งฉลากจะแสดงผลปริมาณพลังงานไขมัน น้ำตาล และโซเดียมต่อ 1 ส่วนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น ถูง ซองกล่องที่หน้าบรรจุภัณฑ์ พร้อมกับค่าร้อยละของปริมาณที่ควรบริโภคต่อวัน โดยค่าโซเดียมที่แสดงบนฉลากจะคิดจากปริมาณสูงสุดที่ควรได้รับต่อวัน คือ 2,000 มิลลิกรัม

ฉลากโภชนาการทางเลือกสุขภาพ (healthier logo) เกิดจากความร่วมมือของ 3 หน่วยงาน คือ สถาบันโภชนาการ (มหาวิทยาลัยมหิดล) สำนักอาหาร (สำนักงานอาหารและยา) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ เพื่อสร้าง

ความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารให้มี ไขมัน น้ำตาล และโซเดียมลดลง โดยคณะกรรมการได้กำหนดเกณฑ์กลุ่มผลิตภัณฑ์ จำนวน 13 กลุ่ม สำหรับให้ภาคอุตสาหกรรมเป็นเกณฑ์ในการปรับสูตรและขอรับตราสัญลักษณ์ฉลากโภชนาการทางเลือก ดังนี้ กลุ่มอาหารมื้อหลัก กลุ่มเครื่องดื่ม กลุ่มเครื่องปรุงรส กลุ่มผลิตภัณฑ์นม กลุ่มอาหารกึ่งสำเร็จรูป กลุ่มขนมขบเคี้ยว กลุ่มไอศกรีม กลุ่มไขมันและน้ำมัน กลุ่มขนมปัง กลุ่มอาหารเช้าและธัญพืช กลุ่มผลิตภัณฑ์ขนมอบ กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารว่าง และกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาและอาหารทะเล จากข้อมูลเว็บไซต์ <http://healthierlogo.com> เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 พบว่ามีจำนวนผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่ได้รับฉลากโภชนาการ healthier logo ทั้งหมด 2,382 ผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจำนวน 1,656 ผลิตภัณฑ์ รองลงมาเป็น

กลุ่มผลิตภัณฑ์นม 206 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มอาหารกึ่งสำเร็จรูป 173 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มไอศกรีม 131 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มขนมขบเคี้ยว 89 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มเครื่องปรุงรส 57 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มอาหารมื้อหลัก 39 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มอาหารเช้าธัญพืช 12 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มขนมปัง 7 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มไขมันและน้ำมัน 7 ผลิตภัณฑ์ และกลุ่มขนมอบ 5 ผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการด้านอาหารเริ่มให้ความสำคัญกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมผู้บริโภคของประชาชน

เกณฑ์อ้างอิงในการกล่าวอ้างข้อความที่เกี่ยวข้องกับโซเดียมบนฉลากผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับลดโซเดียมสามารถแสดงข้อความกล่าวอ้างบนฉลากผลิตภัณฑ์ได้ตามเกณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การกล่าวอ้างข้อความบนฉลากผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโซเดียม

การกล่าวอ้างบนฉลากผลิตภัณฑ์	ปริมาณโซเดียมต่อ 1 หน่วยบริโภค
ปราศจากโซเดียม (sodium free)	< 5 มิลลิกรัม
โซเดียมต่ำมาก (very low sodium)	< 35 มิลลิกรัม
โซเดียมต่ำ (low sodium)	< 140 มิลลิกรัม
ลดโซเดียม (reduced sodium)	ลดจากสูตรเดิม หรือในท้องถิ่นอย่างน้อยร้อยละ 25
Light in sodium or lightly salted	ลดจากสูตรเดิม หรือในท้องถิ่นอย่างน้อยร้อยละ 50
No-salt-added or unsalted	ไม่มีเกลือในกระบวนการผลิต

ที่มา : U.S. Food and Drug Administration (2021)

บทสรุป

การดำเนินมาตรการลดโซเดียมถือเป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเกิดโรคเรื้อรังในประชากร และลดค่าใช้จ่ายในด้านสาธารณสุข โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยได้มีการดำเนินงานเพื่อลดการบริโภคโซเดียมในประชากรมาอย่างต่อเนื่อง เช่น การสื่อสารและการรณรงค์การลดโซเดียม การกำหนดกฎหมายการแสดงปริมาณโซเดียมบนฉลากผลิตภัณฑ์ การสร้างแรงจูงใจให้กับภาคอุตสาหกรรมในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารให้มี

โซเดียมลดลง อย่างไรก็ตามการบรรลุเป้าหมายในการลดการบริโภคโซเดียมยังคงต้องการองค์ความรู้และงานวิจัยใหม่ ๆ ที่สอดคล้องกับบริบทและวัฒนธรรมการบริโภคโซเดียมของประเทศไทยในปัจจุบัน มุ่งเน้นให้ประชากรตระหนักและเข้าใจถึงความสำคัญของการลดโซเดียม สามารถเลือกรับประทานอาหารที่มีปริมาณโซเดียมในเกณฑ์ที่เหมาะสมได้ เพื่อนำไปสู่การลดลงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคโซเดียมสูงในประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

- ชูษณา เมฆโหรา, เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, วิชชา ตริสุวรรณ และ ญาธิปวีร์ ปักแก้ว. 2560. รายงานโครงการ “ต้นแบบผลิตภัณฑ์เกลือลดโซเดียม : การใช้ประโยชน์และการถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์” เครือข่ายลดบริโภคเค็ม ปี 2560.
- ชูษณา เมฆโหรา, เย็นใจ ฐิตะฐาน, สมจิต อ่อนเหม, ศิริพร ต้นจ้อ, วาสนา นาราศรี, สมัชญา ตาทองศรี และ ญาธิปวีร์ ปักแก้ว. 2557. โครงการต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงสมุนไพรสำหรับการเตรียมอาหารลดโซเดียมโดยใช้เทคนิคด้านกลิ่นรสจากสมุนไพรไทย. เครือข่ายลดบริโภคเค็ม.
- Buck VE and Barringer SA. 2007. Factors Dominating Adhesion of NaCl onto Potato Chips. *J Food Sci.* 72 : E435-41.
- Clariana M, Guerrero L, Sárraga C, Díaz I, Valero A and García-Regueiro JA. 2011. Influence of high pressure application on the nutritional, sensory and microbiological characteristics of sliced skin vacuum packed dry-cured ham. Effects along the storage period. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 12 : 456-465.
- Ghawi SK, Rowland I and Methven L. 2014. Enhancing consumer liking of low salt tomato soup over repeated exposure by herb and spice seasonings. *Appetite.* 81 : 20-29.
- Grummer J, Bobowski N, Karalus M, Vickers Z and Schoenfuss T. 2013. Use of potassium chloride and flavor enhancers in low sodium Cheddar cheese. *J Dairy Sci.* 96 : 1401-1418.
- Institute of Medicine Committee on Strategies to Reduce Sodium, Intake. 2010. The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health. in J. E. Henney, C. L. Taylor and C. S. Boon (eds.), *Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States* (National Academies Press (US)). National Academy of Sciences. : Washington (DC).
- Keast RS and Breslin PA. 2003. An overview of binary taste–taste interactions. *Food Qual Prefer.* 14 : 111-124.
- Liem DG, Miremadi F and Keast RS. 2011. Reducing sodium in foods : the effect on flavor. *Nutrients.* 3 : 694-711.
- Mekhora C and Vattanasuchart N. 2020. Sodium Reduction : Health Role, Strategy and Research for Food Product Reformulation : Health role, Strategy and Food Reformulation. *JNAT.* 55 : 111-130.
- Mueller E, Koehler P and Scherf KA. 2016. Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. *Food Chem.* 192 : 1116-1123.
- Patel S. 2009. Sodium balance—an integrated physiological model and novel approach. *Saudi J Kidney Dis Transpl.* 20 : 560-569.
- Pflaum T, Konitzer K, Hofmann T and Koehler P. 2013. Influence of texture on the perception of saltiness in wheat bread. *J Agric Food Chem.* 61 : 10649-10658.
- U.S. Food and Drug Administration. 2021. Sodium in Your Diet Use the Nutrition Facts Label and Reduce Your Intake. <https://www.fda.gov/media/84261/download> [9 December 2021].

การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง

Utilization of okara meal from soymilk production

✎ ดร.อัญชลี อุษณาสวรรณกุล (Dr. Aunchalee Aussanasuwannakul)

✎ กัญญ์วรา ทองกระจ่าง (Kanwara Tongkrajang)

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร (Department of Food Chemistry and Physics)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- ❖ องค์ประกอบของกากถั่วเหลือง : สารอาหารและสารเชิงสุขภาพ
- ❖ ข้อจำกัดของการนำกากถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์
- ❖ กระบวนการแปรรูปกากถั่วเหลือง

Highlights

- ❖ Composition of okara : nutrient and health functional compounds
- ❖ Restrictions on the utilization of okara meal
- ❖ Processing of okara

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความตระหนักถึงการดูแลสุขภาพ และการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสู่ความยั่งยืนผลักดันให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลักเพิ่มมากขึ้นในสหรัฐอเมริกา อเมริกาใต้ และจีน ซึ่งเป็นแหล่งการผลิตที่ใหญ่ที่สุด และการผลิตที่มากขึ้นย่อมก่อให้เกิดปริมาณผลพลอยได้จากการผลิตที่เรียกว่า กากถั่วเหลือง (okara) มากขึ้น กากถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้ที่อุดมไปด้วยเส้นใย (ร้อยละ 50) โปรตีน (ร้อยละ 25) ไขมัน (ร้อยละ 10) วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ และมีประโยชน์ทางสุขภาพช่วยลดการเกิดโรคเบาหวาน โรคอ้วน และไขมันในเลือดสูงได้ กากถั่วเหลืองมีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม กระบวนการบำบัดโดยใช้เอนไซม์ การหมัก การทำแห้ง การกำจัดไขมัน ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติ และคุณค่าทางโภชนาการของกากถั่วเหลือง กำจัดคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์เช่น กลิ่น ความชื้น และสารต้านโภชนาการ นอกจากนี้การหมักสามารถทำให้ปริมาณเส้นใยที่ละลายได้เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : กากถั่วเหลือง คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูป การนำไปใช้ประโยชน์

Keywords : okara, nutritional value, processing, utilization

บทนำ

การผลิตอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบจำนวนมาก นำไปสู่การสร้างของเสียที่มากขึ้นโดยที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรอย่างเต็มที่ แต่หากมีการลดขยะและใช้ทรัพยากรอย่างเหมาะสมจะสามารถช่วยตอบสนองความต้องการอาหารของประชากรในปี ค.ศ. 2050 ที่สูงขึ้นถึงร้อยละ 60 ได้ อีกทั้งปัญหาขยะอาหารยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม จากการใช้พลังงานและทรัพยากร และการสร้างก๊าซเรือนกระจก (Colletti *et al.*, 2020)

ความตระหนักที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองเพื่อสุขภาพ ความรู้เกี่ยวกับการแพ้ผลิตภัณฑ์นม และการก้าวไปสู่การผลิตอาหารที่ยั่งยืนมากขึ้นส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นซึ่งนมถั่วเหลืองเป็นอีกหนึ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการผลิตและการบริโภคเพิ่มขึ้นในหลายประเทศ และตามมาด้วยการสะสมของผลพลอยได้อย่างกากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติเกี่ยวกับการผลิตนมถั่วเหลืองในปี ค.ศ. 1983 พบว่ามีการผลิตนมถั่วเหลืองประมาณ 1 ล้านตัน แต่พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในทศวรรษที่ผ่านมา และในปี ค.ศ. 2006 การผลิตเครื่องดื่มจากถั่วเหลืองได้มีการเพิ่มขึ้นมากกว่า 1 ล้านตัน ในยุโรปตะวันตก อเมริกาเหนือ และญี่ปุ่น

ถั่วเหลือง เป็นหนึ่งในวัตถุดิบอาหารที่สำคัญในปัจจุบัน แม้ว่าอาหารจากถั่วเหลืองจะมีมาแต่โบราณแต่ในช่วง 15 ปี ที่ผ่านมามีประโยชน์ในการป้องกัน และรักษาโรคเรื้อรังต่าง ๆ เป็นที่ทราบกันดีว่าถั่วเหลืองนั้นเป็นแหล่งโปรตีนที่อุดมสมบูรณ์เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ดีมาก นอกจากนี้ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองยังอุดมไปด้วยองค์ประกอบและสารอาหารซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของ isoflavones, phytosterols, phytic acid และ saponins ที่สามารถออกฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ลดปริมาณคอเลสเตอรอลไปจนถึงฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์ในการควบคุมโรคเบาหวาน และการลดโรคกระดูกพรุนในวัยหมดประจำเดือน อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลักโดยทั่วไปแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ อาหารที่ไม่ผ่านการหมักและอาหารหมัก อาหารจากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก ได้แก่ ถั่วเหลืองสด ถั่วเหลืองแห้ง ต้นอ่อนถั่วเหลือง นมถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากนมถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ กากถั่วเหลือง และฟองเต้าหู้ ผลิตภัณฑ์หมัก ได้แก่ เทมเป้ มิโซะ ซอสถั่วเหลือง นัตโตะ เต้าหู้ยี้ และผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองหมัก

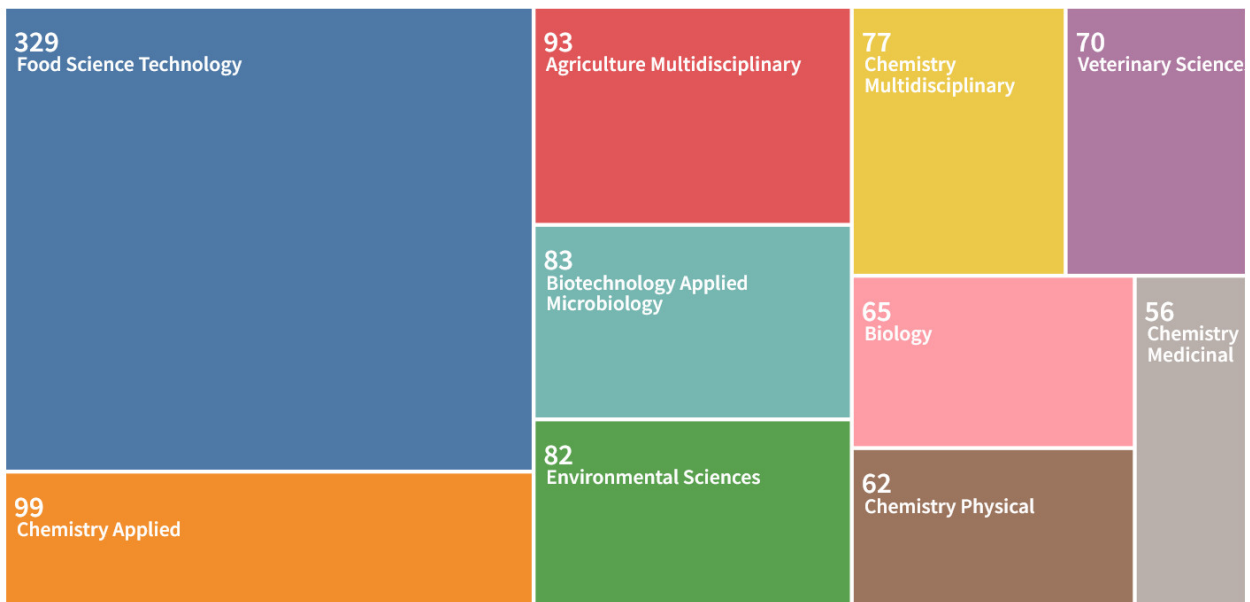
นมถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมผลิตขึ้นโดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:5 แม้ว่าเครื่องดื่มจากถั่วเหลืองที่ปรุงแต่งรสหวานจะทำในอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:20 อย่างไรก็ตามสามารถประมาณการได้ว่าในการผลิตนมถั่วเหลือง 1 ล้านตัน จะผลิตกากถั่วเหลืองประมาณ 170,000 ตัน และเมื่อรวมกับกากถั่วเหลืองจากการผลิตเต้าหู้ และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองชนิดอื่น ๆ สรุปได้ว่าในแต่ละปีมีการผลิตกากถั่วเหลืองจากการผลิตปีละหลายล้านตัน

ในส่วนของกระบวนการผลิตนํ้านมถั่วเหลือง ถั่วเหลืองจะถูกคัดแยก ทำความสะอาด ตากให้แห้งที่ความชื้นประมาณร้อยละ 10 และแยกเอาเปลือกออก เปลือกถั่วเหลืองจะนำไปเป็นสารเพิ่มเส้นใยสำหรับขนมปัง ซีเรียล ขนมขบเคี้ยว และอาหารสัตว์ หลังจากการแยกเปลือก ถั่วเหลืองจะถูกรีดเป็นเกล็ดที่มีไขมันสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอาหารสัตว์หรือแปรรูปเป็นแป้งโฮลมีลเพื่อใช้เป็นอาหารได้

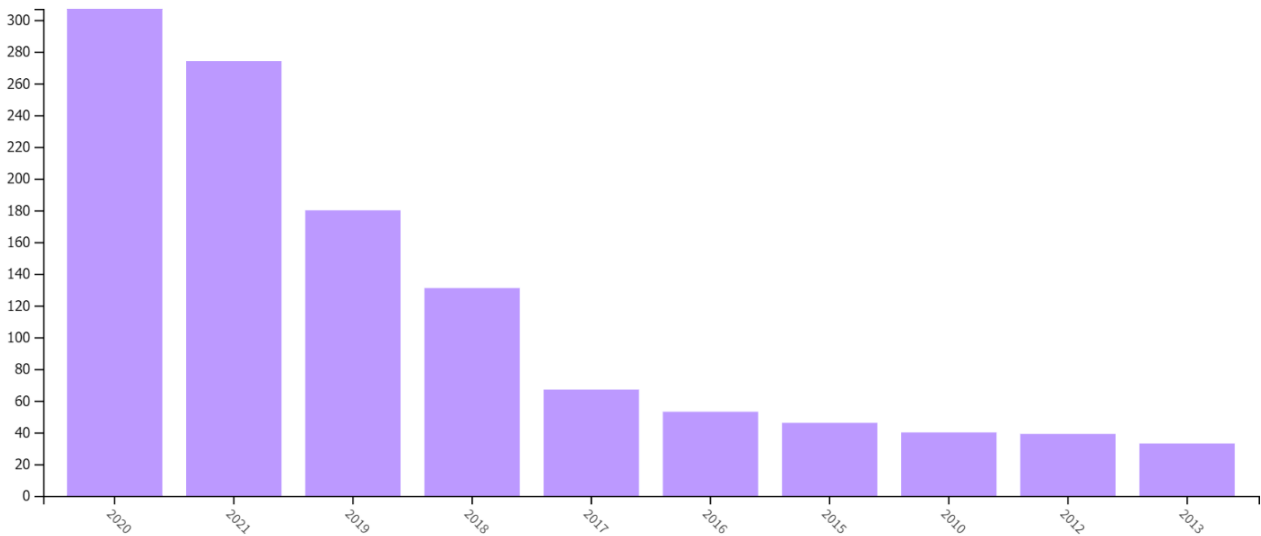
กากถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันแล้วจะถูกใช้เป็นอาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์สำหรับมนุษย์ที่ใช้เพื่อช่วยรักษาความชื้น และยืดอายุการเก็บรักษาตลอดจนทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสารทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นแหล่งโปรตีน ในขณะที่เดียวกันก็ปรับปรุงสี และอายุการเก็บรักษาของขนมอบ แป้งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นโดยการบดกากถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันแล้ว ผลิตภัณฑ์อีกรูปแบบคือ สารสกัดโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งผ่านกระบวนการทางเคมีที่สกัดโปรตีนจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันออกแล้ว ได้ผลผลิตเป็นโปรตีนปริมาณร้อยละ 90 ที่ปราศจากเส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทนม รวมถึงชีส ของหวานแช่แข็งที่ไม่ไขมัน สารฟอกสีกาแฟ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น ซึ่งผ่านกระบวนการกำจัดน้ำตาลออกจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันแล้ว มีโปรตีนปริมาณสูง โดยยังคงเส้นใยไว้ มักใช้ใน

เครื่องดื่มโปรตีน ชูปหรือซอส และใช้ในผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์เป็นหลัก เนื่องจากมีปริมาณไขมันและคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ

การค้นคว้าและวิจัยในปัจจุบัน ได้ให้ความสนใจกับกากถั่วเหลืองมากขึ้น เมื่ออ้างอิงจากข้อมูลสถิติที่ได้จากฐานข้อมูล web of science จากการค้นหา “okara” สำหรับการค้นหาค้นหาบทความ ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ okara หรือกากถั่วเหลืองจำนวนรวม 1,343 ฉบับ โดยเป็นงานวิจัยด้าน food science technology มากที่สุดถึง 315 ฉบับ รองมาด้วยงานวิจัยด้าน chemistry applied, agriculture multidisciplinary และ biotechnology applied microbiology ตามลำดับ และนอกจากนี้เมื่อค้นหาแนวโน้มการให้ความสนใจในกากถั่วเหลืองยังพบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกากถั่วเหลืองได้เพิ่มมากขึ้นอย่างมากในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017 ดังรูปที่ 1 (ก) และ (ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกากถั่วเหลือง และสาขางานวิจัย

(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกากถั่วเหลืองในปี ค.ศ. 2017-2021

ที่มา : web of science (2021)

องค์ประกอบของกากถั่วเหลือง

กากถั่วเหลือง หรือที่เรียกว่า โอคาระ (okara) เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองหรือเต้าหู้ ในแต่ละกิโลกรัมของถั่วเหลืองที่ใช้ในการผลิต จะเกิดกากถั่วเหลือง 1.1-1.2 กิโลกรัม ปัจจุบันกากถั่วเหลืองได้รับการจัดการเหมือนกับของเสีย และใช้เป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ย หรือฝังกลบ โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น ส่วนใหญ่จะถูกเผาทำลาย ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 กากถั่วเหลืองประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 80 โปรตีนร้อยละ 3.5 ถึง 4.0 และส่วนประกอบที่ไม่ละลายน้ำจำนวนมาก ปริมาณความชื้นที่สูงของกากถั่วเหลือง แสดงให้เห็นว่ากากถั่วเหลืองยังมีส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้ องค์ประกอบที่แน่นอนขึ้นอยู่กับความหลากหลายของถั่วเหลืองที่ใช้ ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม ตลอดจนสภาวะการแปรรูปที่ใช้ในระหว่างการผลิตนมถั่วเหลือง ดังนั้นคุณสมบัติของการละลายในน้ำจึงแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เมื่อปราศจาก

ความชื้นกากถั่วเหลืองจะมีไขมันเกือบร้อยละ 10 เส้นใยหยาบร้อยละ 55 และโปรตีนร้อยละ 30

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของกากถั่วเหลือง 100 g

องค์ประกอบ	(ร้อยละ)
พลังงาน (kcal/KJ)	76/320
น้ำ	81.6
โปรตีน	3.52
ไขมัน	1.73
เถ้า	0.88
คาร์โบไฮเดรต	12.2

ที่มา : ดัดแปลงจาก Colletti et al. (2020)

เส้นใยอาหาร

แม้ว่ากากถั่วเหลืองจะมีความชื้นสูง (เกือบร้อยละ 70-80) แต่น้ำส่วนใหญ่ทำพันธะกับเส้นใยอาหาร ส่งผลให้เนื้อสัมผัสคล้ายกับอาหารเหลว เส้นใยอาหาร

หรือไฟเบอร์ส่วนใหญ่เป็นไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (ในรูปของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส) คิดเป็นร้อยละ 40-60 ซึ่งสามารถหมักย่อยได้ด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ แม้ว่าจะไม่สามารถย่อยในลำไส้เล็กได้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตอิสระ (เช่น อะราบิโนส กลูโคส กาแลคโตส ฟรุคโตส ซูโครส ราฟฟิโนส และสตาคีโอส) พบว่ามีปริมาณต่ำ (ร้อยละ 4-5) และการขาดคาร์โบไฮเดรตที่เป็นปัจจัยหลักที่จำกัดการเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตาคีโอสและราฟฟิโนสร้อยละ 1.4 ซึ่งอาจทำให้ท้องอืดและบวมในบางคน

อิทธิพลของโมโนเมอร์ในผนังเซลล์ส่งผลต่อการกักเก็บน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำ บวมน้ำของกากถั่วเหลือง ทำให้กากถั่วเหลืองมีความสามารถในการเป็นสารเติมแต่งเนื้อสัมผัส (texturizing additives) งานวิจัยของ Mateos-Aparicio และคณะ (2010) ได้นำกากถั่วเหลืองไปผ่านกระบวนการ high hydrostatic pressure (HHP) เพื่อให้ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 8 เท่า ซึ่งมีประโยชน์ในการรับรองว่ากากถั่วเหลืองมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และต้านสารก่อมะเร็งในทางเดินอาหาร

การผสมผสานของกากถั่วเหลืองและแป้งสาลีชนิดนี้ทำให้มีโปรตีน ใยอาหาร และไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้แป้งสาลีชนิดอ่อนเพียงอย่างเดียว และความสำคัญของใยอาหารคือ มีส่วนเชื่อมโยงกับการควบคุมการทำงานของลำไส้ การมีเส้นใยอาหารในกากถั่วเหลืองส่งผลต่อการลดลงของไขมันในกระแสเลือด (hypolipidemic) และการลดลงของคอเลสเตอรอล (hypocholesterolemic) ที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้นเส้นใยในกากถั่วเหลืองจึงมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงของภาวะเมตาบอลิซึม

โปรตีน

กากถั่วเหลืองแห้งประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 15.2 ถึง 33.4 โปรตีนหลักคือ โกลบูลิน 7S และโกลบูลิน 11S โปรตีนจากกากถั่วเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมด และประสิทธิภาพโปรตีนที่สูงกว่านมถั่วเหลืองและเต้าหู้ แต่มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าเศษโปรตีนของกากถั่วเหลืองสามารถทนต่อการย่อยอาหารโดยเอนไซม์ในทางเดินอาหารได้อย่างสมบูรณ์

การเปลี่ยนสภาพทางชีวภาพของโปรตีนกากถั่วเหลืองที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเป็นโปรตีนที่มีขนาดเล็กกลางอาจเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีนและสร้างเปปไทด์หรือกรดอะมิโนที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ Chan และ Ma (1999) ได้ศึกษาและแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการละลายของโปรตีนเพิ่มขึ้นจากการย่อยลดขนาดด้วยกรด (ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ร้อยละ 53 ที่ pH 9 อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลานาน 30 นาที) และทำให้คุณสมบัติการทำงานอื่น ๆ ดีขึ้น เช่น การทำอิมัลชันและคุณสมบัติการเกิดฟอง นอกจากนี้ยังพบว่าการนำโปรตีนกลับมาสูงสุด (ร้อยละ 93.4) ทำได้โดยการทำให้กากถั่วเหลืองมีความละเอียดของผงที่น้อยกว่า 75 μm

สารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitor) สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางโภชนาการ อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายโปรตีนและกรดอะมิโน ทำให้ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีอยู่ลดลงไปด้วย ดังนั้นจึงควรพิจารณาถึงผลกระทบต่าง ๆ ของการหมักต่อน้ำหนักโมเลกุลของเปปไทด์ กรดอะมิโน และกิจกรรมการยับยั้งของทริปซิน เนื่องจากสิ่งเหล่านี้สามารถส่งผลต่อลักษณะการทำงานโดยรวม (เช่น ความสามารถในการละลาย และคุณสมบัติการเกิดฟอง) และฤทธิ์ทาง

ชีวภาพของกากถั่วเหลืองหมัก อย่างไรก็ตามสารยับยั้งทริปซินสามารถอยู่ในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 5.2 ถึง 14.4 ของปริมาณโปรตีน แม้ว่าสารยับยั้งการทำงานได้ด้วยการอบด้วยความร้อนที่เหมาะสม

ไขมัน

กากถั่วเหลืองมีไขมันร้อยละ 8.3 ถึง 10.9 (น้ำหนักแห้ง) กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวหรือไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และประกอบด้วยกรดไลโนเลอิก (ร้อยละ 54.1 ของกรดไขมันทั้งหมด) กรดโอเลอิก (ร้อยละ 20.4) กรดปาล์มิติก (ร้อยละ 12.3) กรดลิโนเลนิก (ร้อยละ 8.8) และกรดสเตียริก (ร้อยละ 4.7)

การหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถเผาผลาญกรดไขมัน และอนุพันธ์ของกรดไขมันเพื่อผลิตสารประกอบอะโรมาติกที่เป็นที่ต้องการมากขึ้น Quitain และคณะ (2006) ได้ศึกษาการนำส่วนประกอบน้ำมันกากถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด (supercritical carbon dioxide) และปรับปรุงคุณภาพด้วยเอทานอล ผลการวิจัยระบุว่า ได้ก๊วคีนส่วนประกอบน้ำมันร้อยละ 63.5 ที่อุณหภูมิ 40 °C และความดัน 20 MPa เมื่อมีสารละลายเอทานอลร้อยละ 10 โมล ส่วนประกอบน้ำมันนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารไฟโตสเตอรอล (phytosterols) และจากการทดลองพบว่า เอทานอลมีประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตและปริมาณของสารประกอบฟีนอลิก และไอโซฟลาโวนจากถั่วเหลืองสองชนิด ได้แก่ เจนิสไตน์ (genistein) และเดดไซน์ (daidzein) ในสารสกัด ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นที่รู้จักของสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถเพิ่มทั้งความเสถียรและมูลค่าของน้ำมัน ทำให้กระบวนการนี้น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ยา และอาหาร

ไอโซฟลาโวน (Isoflavones)

Wang และ Murphy (1996) ได้ศึกษาและแสดงให้เห็นว่า มีสารไอโซฟลาโวนในรูปอะไกลโคน (aglycons) ในกากถั่วเหลืองมากกว่าในนมถั่วเหลือง โดยทั่วไปปริมาณไอโซฟลาโวนอะไกลโคนในกากถั่วเหลืองจะแตกต่างกันไประหว่างร้อยละ 12 ถึง 40 ของปริมาณไอโซฟลาโวนในเมล็ดถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองประกอบด้วยไอโซฟลาโวนที่แตกต่างกันมากถึง 12 ชนิด แบ่งออกเป็นสามกลุ่มหลัก (daidzein, genistein และ glycitein) ซึ่งทั้งหมดสามารถมี 4 รูปแบบที่แตกต่างกัน : aglycones (ร้อยละ 15.4) β -glucosides, malonyl-glucosides (ร้อยละ 28.9) และ acetyl-glucosides ในขณะที่กากถั่วเหลืองอาจมีไอโซฟลาโวนเหมือนกัน 12 ชนิด แม้ว่าสภาวะการแปรรูประหว่างการผลิตนมถั่วเหลือง และสารตกค้างอาจเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารไอโซฟลาโวน ความเข้มข้นรวมของไอโซฟลาโวน และไอโซฟลาโวนรูปแบบต่าง ๆ ในถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับความหลากหลายของสายพันธุ์ ถั่วเหลือง การเพาะปลูก สภาวะการแปรรูป และการเก็บรักษา นอกจากนี้การหมักด้วยจุลินทรีย์ยังสามารถสร้าง β -glucosidase ได้ด้วย ดังนั้นการเปลี่ยน isoflavonic glucosides ให้เป็น aglycones จึงเป็นโอกาสในการเพิ่มมูลค่า

ผู้ผลิตนมถั่วเหลืองต่างมีวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งขนาดการผลิตเล็กและขนาดใหญ่ ทำให้ส่งผลถึงปริมาณสารไอโซฟลาโวนในผลิตภัณฑ์ ความแตกต่างที่สำคัญที่สุดคือ อุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างการแช่ถั่วเหลือง การบดถั่วเหลือง อุณหภูมิในการปรุงอาหาร และการฆ่าเชื้อก่อนหรือหลังการแยกนมถั่วเหลืองออก ปัจจัยอีกประการหนึ่งส่งผลต่อการ

ทำงานของไอโซฟลาโวน คือปฏิกิริยาของไอโซ-ฟลาโวนกับส่วนประกอบเมทริกซ์อื่น ๆ เช่น อันตรกิริยาแบบไมใช่โควาเลนต์ระหว่างพอลิฟีนอล (polyphenol) และธาตุอาหารหลัก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน

จากการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพอลิ-ฟีนอลทำให้ทราบว่า พอลิฟีนอลมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็ง (Del Rio *et al.*, 2013) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีคุณสมบัติต้านการอักเสบ (Deng *et al.*, 2017) และส่งผลที่เป็นประโยชน์ต่อโรคเบาหวานประเภท 1 และ 2 จากประโยชน์ของพอลิฟีนอล ทำให้มีการศึกษาหาวิธีการนำพอลิฟีนอลจากกากถั่วเหลืองมาใช้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งการสกัดด้วยของเหลว และการสกัดอื่น ๆ ซึ่งน้ำเป็นสารละลายที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดในการทดลองสกัด isoflavones จากถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง (Privatti and Rodrigues, 2021)

สารต้านโภชนาการและองค์ประกอบทางโภชนาการ

สารต้านโภชนาการที่พบในกากถั่วเหลือง เช่น ไฟเตต (phytates) ซาโปนิน (saponins) และสารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitors) ซึ่งการหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถทำลายสารเหล่านี้ได้ หรือใช้เอนไซม์ glycine หรือ β -conglycine ในขั้นตอนการหมักเพื่อเพิ่มสารอาหารและการย่อยได้ของสารอาหาร

ซาโปนินจากถั่วเหลืองเป็นกลุ่มของโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (amphiphilic) ที่ไม่ระเหยง่าย (non-volatile amphiphilic) ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดพืชตระกูลถั่วหลากหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเลนทิล และถั่วปิน ซึ่งถั่วเหลืองเป็นแหล่งของสารซาโปนิน ส่วนใหญ่มีอยู่ในใบเลี้ยงและกากถั่วเหลือง ซึ่งซาโปนินได้รับการรายงานว่ามีคุณสมบัติในการกระตุ้นภูมิคุ้มกัน ต้านไวรัส ปกป้องตับ และมีคุณสมบัติทางด้านเคมีบำบัด (Gurfinkel and Rao, 2003) นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ

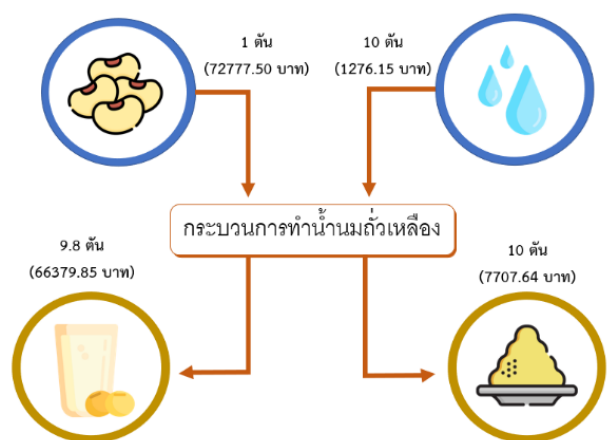
ได้แก่ แร่ธาตุ ลิกแนน คูเมแทนส์ ไฟโตสเตอรอล และไฟเตต

นอกจากนี้กากถั่วเหลืองยังมีแร่ธาตุหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และธาตุเหล็ก ซึ่งโพแทสเซียมช่วยลดความดันโลหิตที่สูงผิดปกติ ทองแดงส่งเสริมการป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระ และการทำงานของภูมิคุ้มกัน และแมกนีเซียมช่วยลดปัญหาความดันโลหิตสูง และช่วยป้องกันภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน

กระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองสามารถผลิตจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ดหรือจากแป้งถั่วเหลืองก็ได้ โดยกระบวนการหลักในการผลิตมี 5 ขั้นตอน

- 1) ล้างถั่วเหลืองเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน และกระเทาะเมล็ดตอก
- 2) แช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำออกจากถั่วเหลือง และสะเด็ดน้ำ
- 3) บดด้วยเครื่องปั่นหรือเครื่องโม่ด้วยอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:10
- 4) แยกกากถั่วเหลืองจากนมถั่วเหลืองด้วยเครื่องแยกกาก
- 5) ให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ



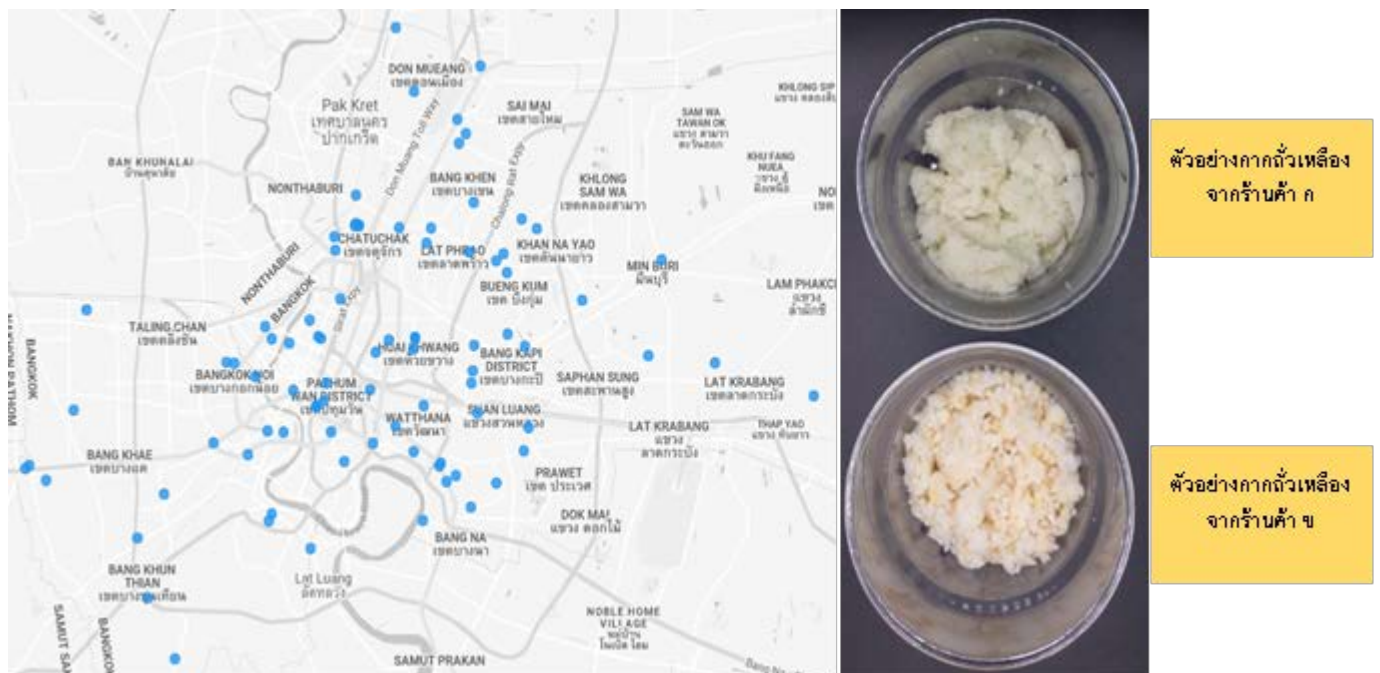
รูปที่ 2 กระบวนการผลิตนมถั่วเหลือง และกากถั่วเหลือง
ที่มา : ดัดแปลงจาก Colletti *et al.* (2020)

กากถั่วเหลืองที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมสภาพเร็ว และนำมาใช้งานได้ยากจึงจำเป็นต้องมีการทำแห้งกากถั่วเหลือง การทำแห้งนอกจากจะช่วยเรื่องอายุการเก็บรักษาแล้วยังเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำและน้ำมัน เพิ่มคุณค่าอาหาร คงสภาพเส้นใยและโปรตีนในอาหาร ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีการเพิ่มกากถั่วเหลือง ได้แก่ ขนมขบเคี้ยวจากถั่วเหลือง (Katayama and Wilson, 2008) ขนมปังชีส (Aplevic and Demiate, 2007) และขนมปังฝรั่งเศส ในส่วนของกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการทำแห้งมีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์น้อย เนื่องจากมีสารต้านโภชนาการอยู่

ปริมาณกากถั่วเหลืองจากการผลิตนมถั่วเหลือง

การสำรวจปริมาณขยะกากถั่วเหลืองจากการผลิตนมถั่วเหลืองบริเวณชุมชนเขตใกล้เคียงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน 9 เขตพื้นที่ ได้แก่ จตุจักร หลักสี่ บางเขน ลาดพร้าว สายไหม คลองสามวา คันนายาว บึงกุ่ม ดอนเมือง และบางซื่อ จากฐานข้อมูล google map พบว่ามีร้านค้านมถั่วเหลือง

หรือน้ำเต้าหู้จำนวน 68 ร้าน ที่มีการผลิตนมถั่วเหลืองเอง ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลร้านค้าเป็นจำนวน 23 ร้าน โดยคละกำลังการผลิต สามารถคำนวณปริมาณขยะกากถั่วเหลืองที่เกิดขึ้นได้ประมาณ 22,953.6 กิโลกรัมต่อเดือน หรือประมาณ 275 ตันต่อปี จากปริมาณทั้งหมดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 ที่มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 27.93 ล้านตัน โดยเป็นขยะมูลฝอยจากกรุงเทพมหานครมากกว่า 1 หมื่นตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) ซึ่งขยะกากถั่วเหลืองเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร มีเพียงการนำไปเป็นอาหารสัตว์ หรือกำจัดทิ้งเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างกากถั่วเหลืองจากร้านค้ารอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 2 ร้านที่มีกำลังการผลิตแตกต่างกัน พบว่าตัวอย่างกากถั่วเหลืองของทั้งสองร้านค้ามีความแตกต่างกันดังรูปที่ 3 ที่แสดงให้เห็นว่ากากถั่วเหลืองจากร้านค้า ก จะมีสีเขียวย่อน และมีความละเอียดมากกว่า มีเศษใบเตยปน ในขณะที่กากถั่วเหลืองของร้านค้า ข จะมีสีเหลืองอ่อน และมีลักษณะหยาบกว่าร้านค้า ก มาก



รูปที่ 3 การสุ่มตัวอย่างกากถั่วเหลืองจากร้านค้ารายย่อย และตัวอย่างกากถั่วเหลืองร้านค้า ก และ ข

ที่มา : โครงการลดขยะกากถั่วเหลืองจากชุมชนและอุตสาหกรรมโดยนำไปแปรรูปเป็นแป้งโอคาราเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารมูลค่าสูง สนับสนุนโดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2564

ข้อจำกัดสำหรับการนำกากถั่วเหลืองมาใช้งาน

ความชื้น

กากถั่วเหลืองมีความชื้นสูงระหว่างร้อยละ 70 ถึง 80 และโปรตีนร้อยละ 25 (น้ำหนักแห้ง) ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเก็บรักษา ส่งผลให้กากถั่วเหลืองย่อยสลาย และเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว กากถั่วเหลืองจึงควรถูกทำให้แห้งโดยเร็วที่สุด ภายใต้สภาวะการทำแห้งที่เหมาะสม เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย การขนส่งและเก็บรักษา การทำแห้งโดยธรรมชาติไม่เหมาะสมสำหรับการทำแห้งกากถั่วเหลือง เนื่องจากใช้เวลานาน และมีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ อย่างสภาพอากาศ อาจทำให้กากถั่วเหลืองเน่าเสียได้ การยืดอายุการเก็บรักษาของกากถั่วเหลืองส่วนใหญ่แล้วจะทำได้โดยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freezing) ที่อุณหภูมิ 0 °C ถึง -18 °C หรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ การทำแห้งแบบอบลมร้อน และแช่แข็งแบบสุญญากาศ นอกจากนี้การทำแห้งแบบนำความร้อนทางอ้อมภายใต้การกวนก็เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการทำให้กากถั่วเหลืองแห้ง

เทคนิคการทำแห้งเป็นปัจจัยที่ส่งผลอย่างมากต่อรสสัมผัส และคุณสมบัติของกากถั่วเหลืองในเรื่องของความสามารถในการกักเก็บน้ำ (water-retention capacity) ความสามารถในการบวมน้ำ (swelling capacity) และความสามารถในการจับกับน้ำมัน กากถั่วเหลืองที่ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นเทคนิคที่ดีที่สุด ตามมาด้วยการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งด้วยลมร้อน แต่เมื่อพิจารณาด้วยความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange capacity) การทำแห้งแบบอบลมร้อนจะดีที่สุด รองลงมาคือการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง อย่างไรก็ตามวิธีการทำแห้งทั้งหมดเป็นวิธีการที่ส่งผลอย่างมากต่อรสชาติ สี และกลิ่นของกากถั่วเหลือง

สารต้านโภชนาการ

กากถั่วเหลืองสดมีปริมาณสารต้านโภชนาการที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง trypsin inhibitors ที่เป็นอุปสรรคต่อการย่อยอาหาร การศึกษาของ Hinks และ Hupka (1995) รายงานว่าการใช้กากถั่วเหลืองสดเป็นอาหารโดยตรงมีผลต่อการเจริญเติบโต พฤติกรรม และกิจกรรมทางสรีรวิทยาของโค

วิธีการยับยั้งการทำงานของ trypsin inhibitors ได้แก่ กระบวนการทางกายภาพ เคมี การย่อยสลายทางชีวภาพ และการหมัก ตลอดจนวิธีการที่ซับซ้อนซึ่งใช้ประโยชน์จากสารประกอบธรรมชาติ

กระบวนการแปรรูปกากถั่วเหลือง

1. การหมักด้วยจุลินทรีย์

กากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และสารอาหารอื่น ๆ แต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องความชื้น และสารต้านโภชนาการ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเพื่อปรับสภาพให้กากถั่วเหลืองอยู่ในรูปที่พร้อมใช้งาน และมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น การหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถช่วยลดปริมาณเส้นใยดิบ และเพิ่มปริมาณเส้นใยที่สามารถละลายน้ำได้ โปรตีน และกรดอะมิโน รวมถึงสารไอโซฟลาโวนได้ และสามารถทำให้ phytic ที่เกิดจากการสะสมของฟอสฟอรัสจากพืชที่มนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ย่อยสลายได้ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางสารอาหาร และคุณสมบัติของกากถั่วเหลือง

1.1 การหมักด้วยรา

กากถั่วเหลืองมีความเหมาะสมสำหรับการนำมาหมักด้วยเชื้อรา เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีพื้นผิวที่มีทำให้เชื้อราสามารถโต และยึดเกาะได้ เส้นใยของเชื้อราสามารถนำมาสกัดเอนไซม์ cellulolytic, endoglucanase, esoglucanase และ β -glucosidase ได้

Fujita และคณะ (2004) ได้ศึกษาการผลิตสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยศึกษาการหมักกากถั่วเหลืองด้วยรา *Aspergillus* sp. HK-388 สายพันธุ์ที่แยกได้จากตัวอย่างดิน และสกัดสารประกอบทางชีวภาพ 8-hydroxydaidzein และ 8-Hydroxydaidzein ด้วยเมทานอล สารเหล่านี้มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์ aldose, reductase และ tyrosinase ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารเหล่านี้ไม่ปรากฏในกากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก จึงสันนิษฐานว่าเป็นผลจากการเปลี่ยนรูปทางชีวภาพของ daidzin และ daidzein

ในการศึกษาของ Japakaset และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการหมักกากถั่วเหลืองด้วย *Monascus purpureus* IFRPD 4046 ซึ่งผลิต monacolin K สารลดไขมันในเลือดที่ได้รับการรับรองจากยุโรป ผลผลิตของ monacolin K อยู่ที่ 192 mg/kg ของกากถั่วเหลือง ซึ่งน้อยกว่าการหมักโดยใช้ข้าวเป็นปริมาณ 2.5 เท่า ดังนั้นอาจจำเป็นต้องเสริมคาร์โบไฮเดรตเพื่อปรับปรุงกำลังการผลิต monacolin K จากกากถั่วเหลือง ในการศึกษาของ Li และคณะ (2013) Shi และคณะ (2014) และ Zhu และคณะ (2015) เชื่อว่าจะถูกเลี้ยงบนกากถั่วเหลือง จากนั้นนำมาสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับสารสกัดจากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก พบว่าสารสกัดจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเพิ่มความสามารถในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ซึ่งให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของเชื้อราอาจย่อยสลายเส้นใยของกากถั่วเหลือง เพื่อผลิตโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และในขณะเดียวกันก็ย่อยโปรตีนเป็นเปปไทด์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยเทคนิค ultrasonic-assisted ได้ผลได้มากกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน (Li et al., 2016)

1.2 การหมักด้วยแบคทีเรีย

การศึกษาส่วนใหญ่ของการหมักกากถั่วเหลืองด้วยแบคทีเรียเพื่อผลิตสารประกอบทางชีวภาพ มักใช้ *Bacillus* sp. เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้มีความสามารถในการผลิต proteases แบบภายนอกเซลล์ (extracellular) และเป็นเชื้อที่พบบ่อยในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง จากการศึกษาของ Oh และคณะ (2007) พบว่าการหมักกากถั่วเหลืองด้วย *Bacillus subtilis* เพิ่มฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และ protease ที่เชื่อผลผลิตมีความสามารถในการย่อยพันธะของโปรตีน

การใช้กากถั่วเหลืองเป็นพรีไบโอติกได้รับการศึกษาในหลอดทดลอง โดยใช้ *Bifidobacterium bifidum* และ *Lactobacillus acidophilus* (Espinosa-Martos and Ruperez, 2009 และ Bedani et al., 2013) กากถั่วเหลืองมีพื้นผิวสำหรับการยึดเกาะของเซลล์แบคทีเรีย จึงทำให้สะดวกในการดูดซึมสารตั้งต้น และการเจริญเติบโตของเซลล์

1.3 การหมักด้วยยีสต์

ยีสต์มีกิจกรรมทางชีวภาพที่หลากหลายทำให้เป็นตัวเลือกที่ดีในการนำมาใช้เปลี่ยนรูปแบบของกากถั่วเหลือง การศึกษาการหมักกากถั่วเหลืองด้วยยีสต์มักได้รับความสนใจที่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่ต้องการให้มีสารอาหารและกลิ่นที่ดีขึ้น Rashad และคณะ (2011) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตอาหารจากถั่วเหลืองที่หมักด้วยยีสต์เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้ยีสต์หลายสายพันธุ์ *Candida albicans*, *Candida guilliermondii*, *Kluyveromyces marxianus* NRRL Y-7571 และ NRRL Y-8281, *Pichia pinus* และ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่าการหมักทำให้ปริมาณของโปรตีนและเถ้าเพิ่มมากขึ้น และลด

ปริมาณของเส้นใย คาร์โบไฮเดรต และไขมันดิบ นอกจากนี้ยังพบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีการเพิ่มขึ้น 1.5-2 เท่า และอัลดีไฮด์ที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ถูกเปลี่ยนเป็นเมทิลคีโตน และ/หรือเอสเทอร์ ทำให้กลิ่นของกากถั่วเหลืองที่ไม่พึงประสงค์ลดลงอย่างมาก

2. การทำแห้ง

ปริมาณความชื้นในกากถั่วเหลืองเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย ทำให้การทำแห้งเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างมากที่จำเป็นต้องทำเพื่อให้กากถั่วเหลืองมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น และง่ายต่อการนำไปใช้งาน

เทคนิคการทำแห้งกากถั่วเหลืองได้รับการศึกษาอย่างแพร่หลาย งานศึกษาของ Cui และ Luo (1997) ใช้ flash dryer กับเครื่องบดในการทำแห้งกากถั่วเหลืองซึ่งได้ผลออกมาค่อนข้างดี และ Taruna และ Jindal (2002) ได้ศึกษาการใช้ continuous fluidised bed ในการทำแห้งกากถั่วเหลือง แม้ว่าเทคนิคการทำแห้งนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้ ทั้งในแง่ของจลนศาสตร์ในการทำแห้ง และการใช้พลังงาน แต่พบว่าอัตราการแห้งลดลงเนื่องจากรวมตัวกันของอนุภาค จากการศึกษาโดย Wachiraphansakul และคณะ (2005) กากถั่วเหลืองที่ถูกทำให้แห้งใน fluidised bed มีคุณสมบัติที่ยอมรับได้ในแง่ของสี ปริมาณโปรตีน อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการทำแห้งด้วยการใช้ลมก็คือสามารถทำแห้งได้ในปริมาณน้อย นอกจากนี้การเติมซิลิกาเจลซึ่งใช้เป็นอนุภาคดูดซับนั้นพบว่าช่วยให้กระบวนการทำแห้งง่ายขึ้น ทั้งในแง่ของจลนศาสตร์ในการทำแห้ง และคุณภาพของกากถั่วเหลือง และการบำบัดกากถั่วเหลืองก่อนกระบวนการด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงสามารถปรับปรุงความเร็วการอบแห้งได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการทำให้แห้งในเตาเผา โดยลดเวลาในการทำแห้งลงร้อยละ 15-40 (Cui and Luo, 1997)

นอกจากนี้การทำแห้งแบบสุญญากาศด้วยไมโครเวฟเป็นตัวเลือกที่มีศักยภาพ และมีประสิทธิภาพเทียบเท่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งได้ เนื่องจากการทำให้แห้งเร็ว วิธีการทำแห้งแบบนี้มีเวลาในการทำแห้งที่ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำให้แห้งแบบเยือกแข็งร้อยละ 90 ในขณะที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งจะใกล้เคียงกับที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Li *et al.*, 2006)

Guimarães และคณะ (2020) ได้ศึกษาการทำแห้งกากถั่วเหลืองด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของแป้งที่ได้ พบว่าการทำแห้งแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้กากถั่วเหลืองที่มีคุณภาพดีกว่าทั้งสี กลิ่น ปริมาณเส้นใย และสารไอโซฟลาโวนอะไกลโคโคน เมื่อเทียบกับการทำแห้งแบบ microwave และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

3. การกำจัดไขมัน

กากถั่วเหลืองแม้จะผ่านการทำแห้งแล้ว แต่ก็ยังคงมีไขมันสูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อในการเก็บรักษา เนื่องจากไขมันในถั่วเหลือง เป็นสาเหตุของกลิ่นหืน หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ และไม่เป็นที่ยอมรับ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการกำจัดไขมันก่อนนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยใช้ตัวทำละลาย ethyl ether หรือ hexane สกัดน้ำมันออกจากกากถั่วเหลือง โดยอาจทำการสกัดซ้ำได้มากกว่าหนึ่งครั้ง (Mateos-Aparicio *et al.*, 2010, Yoshida and Prudencio, 2020)

บทสรุป

กากถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากการผลิตนมถั่วเหลืองที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็นสารปรุงแต่งเนื้อสัมผัส มีปริมาณโปรตีน และเส้นใยสูง แต่กากถั่วเหลืองมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน และมีสารต้านโภชนาการ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการในการปรับปรุงสภาพกากถั่วเหลืองให้เหมาะสม และปรับปรุงคุณภาพของกากถั่วเหลืองให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2560. รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559. <https://www.pcd.go.th/publication/3811/> [11 ตุลาคม 2564].
- Aplevic KS and Demiate IM. 2007. Physicochemical analyses of commercial samples of cheese bread premix and production of cheese breads with addition of okara. *Cienc Agrotecnol.* 31 : 1416-1422.
- Bedani R, Rossi EA and Saad SM. 2013. Impact of inulin and okara on *Lactobacillus acidophilus* La-5 and *Bifidobacterium animalis* Bb-12 viability in a fermented soy product and probiotic survival under *in vitro* simulated gastrointestinal conditions. *Food Microbiol.* 34 : 382-389.
- Chan WM and Ma CY. 1999. Acid modification of proteins from soymilk residue (okara). *Food Res. Int.* 32 :119-127.
- Colletti A, Attrovio A, Boffa L, Mantegna S and Cravotto G. 2020. Valorisation of by-products from soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Processing. *Molecules.* 25 : 2129.
- Cui D and Luo L. 1997. Drying and production of soybean residue. *Modern Agric.* 1 : 37-37.
- Del Rio D, Rodriguez-Mateos A, Spencer JP, Tognolini M, Borges G and Crozier A. 2013. Dietary (poly) phenolics in human health : Structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. *Antioxid Redox Signaling.* 18 : 1818-1892.
- Deng J, Xu Z, Xiang C, Liu J, Zhou L, Li T, Yang Z and Ding C. 2017. Comparative evaluation of maceration and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from fresh olives. *Ultrason Sonochem.* 37 : 328-334.
- Espinosa-Martos I and Rupérez P. 2009. Indigestible fraction of okara from soybean : Composition, physicochemical properties and *in vitro* fermentability by pure cultures of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*. *Eur Food Res Technol.* 228 : 685-693.
- Fujita T, Funako T and Hayashi H. 2004. 8-Hydroxydaidzein, an aldose reductase inhibitor from okara fermented with *Aspergillus* sp. HK-388. *Biosci Biotechnol Biochem.* 68 : 1588-1590.
- Guimarães RM, Ida EI, Falcão HG, Rezende TAM, Silva JS, Alves CCF, Silva MAP and Egea MB. 2020. Evaluating technological quality of okara flours obtained by different drying processes. *LWT - Food Science and Technology.* 123 : 109062.
- Gurfinkel DM and Rao AV. 2003. Soybeansaponins : The relationship between chemical structure and colon anticarcinogenic activity. *Nutr Cancer.* 47 : 24-33.
- Hinks CF and Hupka D. 1995. The effects of feeding leaf sap from oats and wheat, with and without soybean trypsin inhibitor, on feeding behaviour and digestive physiology of adult males of *Melanoplus sanguinipes*. *J Insect Physiol.* 41 : 1007-1015.
- Japakaset J, Wongkhaluang C and Leelawatcharamas V. 2009. Utilisation of soybean residue to produce monacolin K-cholesterol lowering agent. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 31 : 35-39.
- Katayama M and Wilson LA. 2008. Utilization of okara, a byproduct from soymilk production, through the development of soy-based snack food. *J Food Sci.* 73 : 152-157.
- Li FD, Li LT, Sun JF and Tatsumi E. 2006. Effect of electrohydrodynamic (EHD) technique on drying process and appearance of okara cake. *J Food Eng.* 77 : 275-280.
- Li S, Chen Y, Li K, Lei Z and Zhang Z. 2016. Characterization of physicochemical properties of fermented soybean curd residue by *Morchella esculenta*. *Int Biodeterior Biodegradation.* 109 : 113-118.
- Li S, Sang Y, Zhu D, Yang Y, Lei Z and Zhang Z. 2013. Optimization of fermentation conditions for crude polysaccharides by *Morchella esculenta* using soybean curd residue. *Ind. Crops Prod.* 50 : 666-672.
- Mateos-Aparicio I, Mateos-Peinado C and Rupérez P. 2010. High hydrostatic pressure improves the functionality of dietary fibre in okara by-product from soybean. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 11 : 445-450.
- Oh SM, Jang EK, Seo JH, Ryu MJ and Lee SP. 2007. Characterization of γ -polyglutamic acid produced from the solid-state fermentation of soybean milk cake using *Bacillus* sp. *Food Sci Biotechnol.* 16 : 509-514.

- Quitain AT, Oro K, Kato S and Moriyoshi T. 2006. Recovery of oil components of okara by ethanol-modified supercritical carbon dioxide extraction. *Bioresour Technol.* 97 : 1509-1514.
- Privatti Rt and Rodrigues CEC. 2021. An Overview of the Composition, Applications, and Recovery Techniques of the Components of Okara Aimed at the Biovalorization of This Soybean Processing Residue. Taylor & Francis Group. 13.
- Rashad MM, Mahmoud AE, Abou HM and Nooman MU. 2011. Improvement of nutritional quality and antioxidant activities of yeast fermented soybean curd residue. *Afr J Biotechnol.* 10 : 5504-5513.
- Shi M, Yang Y, Hu X and Zhang Z. 2014. Effect of ultrasonic extraction conditions on antioxidative and immunomodulatory activities of a *Ganoderma lucidum* polysaccharide originated from fermented soybean curd residue. *Food Chem.* 155 : 50-56.
- Taruna I and Jindal VK. 2002. Drying of soy pulp (okara) in a bed of inert particles. *Drying Technol.* 20 : 1035-1051.
- Wachiraphansakul S and Devahastin S. 2005. Drying kinetics and quality of soy residue (okara) dried in a jet spouted bed dryer. *Drying Technol.* 23 : 1229-1242.
- Wang HJ and Murphy PA. 1996. Mass balance study of isoflavones during soybean processing. *J Agric Food Chem.* 44 : 2377-2383.
- Web of science. 2021. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/4f909657-3888-4162-a735-e53b918b372d-0bce4e37/relevance/1>. [5 ตุลาคม 2564].
- Yoshida BY and Prudencio SH. 2020. Physical, chemical, and technofunctional properties of okara modified by a carbohydrase mixture. *LWT Food Sci Technol.* 134 : 110141.
- Zhu D, Sun H, Li S, Hu X, Yuan X, Han C and Zhang Z. 2015. Influence of drying methods on antioxidant activities and immunomodulatory of aqueous extract from soybean curd residue fermented by *Grifola frondosa*. *Int J Biol.* 7 : 82.

การแพ้แมลงกินได้

Edible insects allergy

ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม (Dr. Ladda Sangduean Wattanasiritham)

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร (Department of Food Chemistry and Physics)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- ❖ แมลงกินได้ในประเทศไทย
- ❖ อาการแพ้หลังจากการบริโภคแมลงกินได้
- ❖ สารที่ทำให้เกิดการแพ้จากแมลงกินได้

Highlights

- ❖ Edible insects in Thailand
- ❖ Allergic symptoms after insect consumptions
- ❖ Allergens from edible insects

บทคัดย่อ

แมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนทางเลือกใหม่ในอนาคตมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประเทศไทยนิยมบริโภคแมลงกินได้ในบางพื้นที่ ปัจจุบันมีการบริโภคแพร่หลายมากขึ้น แมลงส่วนใหญ่ที่นำมาบริโภค ได้แก่ แมลงกินนูน (จิ้งนูน) แมลงกุดจี่ แมลงดานา ตัวอ่อนผึ้ง มดแดง ตัวอ่อนของต่อ จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด ตั๊กแตน แมลงกระซอน แมลงเหนียง แมลงตับเต่า แมลงมัน แมลงเม่า แมลงค่อมทอง หนอนเยื่อไผ่ หนอนและดักแด้ไหม รูปแบบการนำมาบริโภคมีทั้งบริโภคทั้งตัวและแปรรูปเป็นส่วนผสมในอาหาร มีรายงานการแพ้จากการบริโภคแมลงกินได้ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้ส่วนใหญ่ ได้แก่ โทรโปไมโอซิน (tropomyosin) และอาร์จินีนไคเนส (arginine kinase) ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญในสัตว์น้ำมีเปลือก เนื่องจากจิ้งหรีดเป็นแมลงที่มีแนวโน้มการบริโภคสูงขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ บทความนี้ได้รายงานการวิจัยเกี่ยวกับสารก่อภูมิแพ้ในจิ้งหรีดเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยในอนาคต

คำสำคัญ : แมลงกินได้ อาการแพ้ สารก่อภูมิแพ้จากแมลงกินได้

Keywords : edible insects, allergic symptoms, allergens from edible insects

บทนำ

สภาพการณ์ของโลกปัจจุบันที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และจากปัญหาสภาพอากาศแปรปรวนจากภาวะเรือนกระจกทำให้มีปัญหาคาดการณ์การผลิตอาหารไม่เพียงพอกับความต้องการบริโภค FAO คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2050 ประชากรโลกจะเพิ่มมากขึ้นถึง 9,000 ล้านคน ซึ่งอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนทั้งอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ จึงต้องแสวงหาแหล่งอาหารโปรตีนทดแทนเพื่อรองรับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำรองสำหรับประชากรของโลกที่เพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะโปรตีนที่มีคุณภาพเนื่องจากแหล่งโปรตีนส่วนใหญ่นั้นมักจะเป็นปศุสัตว์หรือมาจากการเพาะปลูกที่ใช้เวลาและพื้นที่จำนวนมาก นอกจากนี้ แหล่งโปรตีนจากสัตว์ก็ยังคงมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนฮอร์โมน ยาปฏิชีวนะ และยาฆ่าแมลง โปรตีนที่ผลิตจากแมลง มีคุณค่าทางสารอาหารสูง สะอาด ปราศจากสารเคมี ใช้ทรัพยากรธรรมชาติน้อยมาก ทำให้ปริมาณของเสียต่ำและคุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตโปรตีนจากแหล่งอื่นประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีวัฒนธรรมการบริโภคแมลง และภาครัฐมีการส่งเสริมให้เลี้ยงแมลงเป็นสัตว์เศรษฐกิจมากกว่า 20 ปีแล้ว ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคแมลงทอด และในอนาคตมีแนวโน้มจะมีผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแมลงเพื่อการค้ามากขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ แมลงเป็นแหล่งของโปรตีนและสารอาหารสำคัญอีกหลายชนิด อย่างไรก็ตามแมลงที่นำมาบริโภคอาจปนเปื้อนสารอันตราย เช่น สารกำจัดศัตรูพืช สารก่อภูมิแพ้ และเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นในการบริโภคแมลงต้องคำนึงถึงความปลอดภัย สำหรับผู้ที่มีประวัติการ

แพ้อาหารทะเล หรือการได้รับหรือสัมผัสสารก่อภูมิแพ้ซ้ำ ๆ อาจมีอาการแพ้ได้ ซึ่งมีรายงานการแพ้จากการบริโภคแมลงกินได้พบทั้งในประเทศและต่างประเทศ

การบริโภคแมลงกินได้

ประเทศที่นิยมบริโภคแมลง ได้แก่ เม็กซิโก บราซิล กานา ไทย จีน เนเธอร์แลนด์ และสหรัฐอเมริกา ในประเทศไทยมีบางพื้นที่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ที่มีการบริโภคแมลงมานานแล้ว ปัจจุบันเริ่มมีการบริโภคแมลงแพร่หลายมากขึ้น รายงานแมลงกินได้ในประเทศไทยพบประมาณ 154 ชนิด ซึ่งมีจำนวนมากกว่าที่นำมาบริโภคจริง ๆ แมลงที่คนไทยส่วนใหญ่รู้จักและนำมารับประทาน ได้แก่ แมลงกินุน (จิ้งจุน) (dung beetle) แมลงกุดจี แมลงดานา ตัวอ่อนผึ้ง มดแดง ตัวอ่อนของต่อ จิ้งโกร่ง จิ้งหรีด (cricket) ตั๊กแตน (grasshopper) แมลงกระซอน แมลงเหนียง แมลงตับเต่า (ด้วงด้ง) แมลงมัน แมลงเม่า แมลงค่อมทอง หนอนเยื่อไผ่ (bamboo caterpillar) หนอนนก (tenebrio molitor) และดักแด้ไหม (silkworm pupa) วิธีนำมาบริโภคคือการทอด ปิ้ง ย่าง คั่ว หมก อ่อม แกง ยำ และตำน้ำพริก (ทักษิณี และยุพา ม.ป.ป.) ยังมีผลิตภัณฑ์อาหารเกี่ยวกับแมลงอีกหลายรูปแบบ เช่น ซอสแมลง แยมแมลง แมลงผง ลูกอมแมลง แป้งทำขนม คุกกี้แมลง แมลงย่างรมควัน ซ็อกโกแลตแมลง พาสต้าแมลง เครื่องดื่ม ผงแป้งจิ้งหรีดสำหรับเป็นส่วนผสมอาหาร โดยแมลงที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ได้แก่ จิ้งหรีด ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารจากแมลงแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบผลิตภัณฑ์อาหารจากแมลงกินได้
ที่มา : ดัดแปลงจาก หัตถ์นิย และยุพา (ม.ป.ป.)

แมลงเป็นแหล่งอาหารที่อุดมด้วยโปรตีน เมื่อเทียบคุณค่าทางอาหารกับเนื้อสัตว์บางชนิด พบว่าแมลงมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 9.6-21.0 ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีนจากเนื้อไก่ วัว และหมู อยู่ที่ร้อยละ 20.8, 20.0 และ 14.1 ตามลำดับ นอกจากนี้โปรตีนแล้วแมลงยังมีไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุอีกหลายชนิด ดังแสดง

ในตารางที่ 2 ถือได้ว่าแมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง อย่างไรก็ตามการบริโภคแมลงต้องคำนึงถึงความปลอดภัย อาจมีสารพิษจากแมลงถ้าไม่ทำให้สุก หรือสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือยาฆ่าแมลงปนเปื้อน หรือเกิดการแพ้ในคนที่เป็นโรครภูมิแพ้ หรือคนที่ประวัติการแพ้อาหารจากการบริโภคเนื้อสัตว์ประเภท กุ้ง หอย ปู เป็นต้น

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของแมลงต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

ชื่อแมลง	ความชื้น (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	สารประกอบจำพวกแป้งและน้ำตาล (กรัม)	กาก (กรัม)	เถ้า (กรัม)	พลังงาน (กิโลแคลอรี)
แมลงกระซอน	71.2	15.4	6.3	1.7	2.7	2.7	125.1
แมลงกินูน	74.1	13.4	1.4	2.9	5.0	3.2	77.8
แมลงกูดจี	68.4	17.2	4.3	0.2	7.0	2.9	108.3
จิโป่ม	73.3	12.8	5.7	2.6	3.1	2.5	112.9
จิ้งหรีด	71.4	12.9	5.5	5.1	3.0	2.1	121.5
แมลงดานา	63.2	19.8	8.3	2.1	5.0	1.6	162.3
ตั๊กแตนไหม	80.6	9.6	5.6	2.3	1.0	0.9	98.0
ตั๊กแตนเล็ก	61.1	20.6	6.1	3.9	4.0	4.3	152.9
ตั๊กแตนใหญ่	76.7	14.3	3.3	2.2	2.4	1.1	95.7
แมลงตับเต่า	61.2	21.0	7.1	0.3	7.6	2.8	149.1
มดแดง	74.0	13.9	3.5	2.9	4.0	1.7	98.7
ตัวเป้ง	66.1	12.7	12.5	4.9	2.8	1.0	182.9
ไข่มดแดง	81.9	7.0	3.2	6.5	0.8	0.6	82.8

ที่มา : กัณฑ์วีร์ (2542)

ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในแมลงกินได้ต่อน้ำหนักแมลงสด 100 กรัม

ชื่อแมลง	แร่ธาตุ					วิตามิน		
	แคลเซียม (มก.)	ฟอสฟอรัส (มก.)	เหล็ก (มก.)	โซเดียม (มก.)	โพแทสเซียม (มก.)	บี 1 (มก.)	บี 2 (มก.)	ไนอาซิน (มก.)
แมลงกระซอน	75.7	254.1	41.7	97.0	267.8	0.20	1.89	4.81
แมลงกินูน	22.6	207.0	6.0	464.8	462.7	0.29	1.19	3.99
แมลงกุดจี	30.9	157.9	7.7	292.6	287.6	0.19	1.09	3.44
จิโป่ม	88.2	163.4	14.4	56.5	276.6	0.26	1.78	2.31
จิ้งหรีด	75.8	185.3	9.5	86.7	305.5	0.36	1.91	3.10
แมลงดانا	43.5	225.5	13.6	83.5	191.7	0.09	1.50	3.90
ดักด้ไทม	41.7	155.4	1.8	13.6	138.7	0.12	1.05	0.86
ดักแตนเล็ก	35.2	238.4	5.0	266.8	237.4	0.23	1.86	4.64
ดักแตนใหญ่	27.5	150.2	3.0	32.0	217.4	0.19	0.57	6.67
แมลงตับเต่า	36.7	204.8	6.5	61.5	197.9	0.31	3.51	6.85
มดแดง	47.8	206.0	5.7	56.2	221.8	0.24	0.88	3.38
ตัวเป้ง	23.1	172.7	3.0	50.9	168.1	0.33	0.71	3.32
ไข่มดแดง	8.4	113.4	4.1	28.0	96.3	0.15	0.19	0.92

ที่มา : กัณฑ์วีร์ (2542)

อาการแพ้จากการบริโภคแมลง

รายงานวิจัยเกี่ยวกับการแพ้จากการบริโภคแมลง มีทั้งที่มีอาการแพ้เล็กน้อยจนถึงมีอาการแพ้แบบรุนแรงหรืออนาฟัยแลกซิส (anaphylaxis) ซึ่งเป็นอาการแพ้แบบฉับพลันที่เกิดขึ้นมากกว่า 1 ระบบของร่างกายในเวลาเดียวกันหรือไล่เลี่ยกันและมีอาการรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ โดยมักเกิดภายใน 5-30 นาทีหลังจากได้รับสารก่อภูมิแพ้ หรือไม่เกิน 2 ชั่วโมงหลังได้รับสารก่อภูมิแพ้ ระบบของร่างกายที่แสดงอาการแพ้หลัก ๆ มี 4 ระบบ คือ

- ระบบผิวหนังและเยื่อบุ เช่น อาการคัน ตัวแดง ผื่นลมพิษ ปากบวม หน้าบวม
- ระบบทางเดินหายใจ เช่น อาการหอบเหนื่อย หายใจมีเสียงวี๊ด หลอดลมตีบ คัดจมูก
- ระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น อาการเวียนศีรษะ วูบ หมดสติ ความดันต่ำ
- ระบบทางเดินอาหาร เช่น อาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ถ่ายเหลว

การเกิดอนาฟัยแลกซิสอาจเป็นที่ 2 ระบบใด ๆ ก็ได้ หรือเป็นทุกระบบ (โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์, 2561) จากงานวิจัยพบหญิงชาวอินเดีย อายุ 29 ปี มีอาการเป็นลมพิษ เจ็บแปลบ และหายใจไม่ออก หลังจากการบริโภคจิ้งหรีด (Pier and Lomas, 2017) ส่วนแมลงที่บริโภคมากที่สุดในประเทศจีนคือ ดักด้ไทม บริโภคโดยการทอด ต้ม หรือเป็นผง ในแต่ละปีมีรายงานผู้ป่วยมากกว่า 1,000 ราย มีอาการอนาฟัยแลกซิส หลังจากบริโภคดักด้ไทม และ 50 คน มีอาการแพ้ที่รุนแรงต้องเข้ารับการรักษาในห้องฉุกเฉิน ผู้ป่วย 14 คน มีและรู้สึกคันที่ปากและหน้า โดยเป็นผู้ป่วยชาวจีน 13 ราย และ 1 ราย เป็นชายชาวฝรั่งเศสที่มาเที่ยวประเทศจีนซึ่งรับประทานดักด้ไทมทอดน้ำมันเป็นครั้งแรก (Ji et al., 2008) Pener (2014) รายงานอาการแพ้อย่างรุนแรงจากบริโภคดักแตนทอดและจิ้งหรีดในประเทศไทยและจีน ในปี พ.ศ. 2563 Chomchai และคณะ (2020) จากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

ประเมินความชุกและความสัมพันธ์ระหว่างโรคมุมิแพ้กับอาการแพ้หลังจากการบริโภคแมลง จากการสอบถามผู้บริโภคแมลง 140 คน พบว่า 114 คน (ร้อยละ 81.4)

ไม่มีอาการหลังจากกินแมลง ในขณะที่ผู้เข้าร่วม 26 คน มีอาการ โดย 18 คน แจ้งด้วยตนเองว่ามีอาการแพ้ อาการที่ได้รับรายงาน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อาการหลังการบริโภคแมลง (ผู้เข้าร่วม 140 คน)

ลักษณะอาการ	จำนวนผู้ที่มีอาการ (คน (%))
ผู้เข้าร่วมที่มีอาการแพ้	18 (12.9)
ผื่นผิวหนังและอาการคัน	14 (10.0)
หายใจมีเสียงหวีดหรือหายใจลำบาก	6 (4.3)
เยื่อตาอักเสบ	22 (15.7)
อาเจียน	14 (10.0)
เป็นลม	2 (1.4)
ปวดศีรษะและเวียนศีรษะ	18 (12.9)
ความดันเลือดต่ำ	2 (1.4)
ระยะเวลาของอาการ	
น้อยกว่า 1 ชั่วโมง	2 (11.1)
2-3 ชั่วโมง	6 (33.3)
0.5 วัน	4 (22.2)
1 วัน	3 (16.7)
มากกว่า 1 วัน	3 (16.7)

ที่มา : ดัดแปลงจาก Chomchai *et al.* (2020)

แมลงที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการแพ้ ได้แก่ ดักแด้ ไหม ตั๊กแตน จิ้งหรีด และหนอนไม้ไผ่ ซึ่งพบว่าอาการแพ้หลังบริโภคแมลงมีความสัมพันธ์กับผู้ที่มีประวัติการแพ้เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้ผิวหนัง และแพ้อาหารทะเล คนส่วนใหญ่ที่กินแมลงกินได้อาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการแพ้ต่ำถึงไม่มีเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่มีประวัติการแพ้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความไวสามารถเกิดขึ้นได้จากการสัมผัสกับสารก่อภูมิแพ้ซ้ำ ๆ จึงควรรับประทานแมลงด้วยความระมัดระวังเมื่อนำมาประกอบอาหาร

สารที่ทำให้เกิดการแพ้

สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่หั่นจากพืชหรือสัตว์ที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 3-160 kDa ส่วนมากมีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง

20-70 kDa (Picareillo *et al.*, 2011) โปรตีนเหล่านี้เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ เช่น อาร์จินีนไคเนส (arginine kinase, AK) หรือ โปรตีนโครงสร้าง เช่น โทรโปไมโอซิน (tropomyosin, TM) Jenkins และคณะ (2007) รายงานว่า สารก่อภูมิแพ้ในอาหารที่มาจากสัตว์สามารถจำแนกได้เป็นโปรตีนหลัก 3 กลุ่ม (family) และโปรตีนรอง 14 กลุ่ม โปรตีนหลักสำคัญ ได้แก่ โทรโปไมโอซินโปรตีน EF-hand และเคซีน (casein) โปรตีนรอง ได้แก่ เค-เคซีน (κ-casein) ลิโปแคลลิน (lipocalin) ซีรัมอัลบูมิน (serum albumin) ซีไทป์ไลโซไซม์ (c-type lysozyme) ทรานส์เฟอริน (transferrin) อิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) อาร์จินีนไคเนส เซอพิน (serpin) โอโวมูซิน (ovomucin) วิโทเจลลิน-เอน (vitogellin N) สารยับยั้งเคซอล (Kazal

inhibitor) ไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำมาก (very low-density lipoprotein) ตับอ่อนวัวคูนิตซ์ (Kunitz bovine pancreatic) สารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitor) และไมโอซินเทล (myosin tail)

TM เป็นโปรตีนที่พบมากในอาณาจักรสัตว์ (animal kingdom) พบได้ในเซลล์ยูคาริโอตเกือบทั้งหมดเป็นโปรตีนกล้ามเนื้อและไมโอซินกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามมีเพียง TM จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเท่านั้นที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ ลำดับของกรดอะมิโนของ TM จากสัตว์ขาปล้อง (Arthropods) มีรายงานในฐานข้อมูล (data base) แล้วได้แก่ สัตว์น้ำมีเปลือก (shellfish) แมลงบางชนิด (ไรฝุ่น แมลงสาบเยอรมันอเมริกา) (Shafique *et al.*, 2012) TM เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญในกุ้งและหอยแครง โปรตีนนี้มีหลายไอโซฟอร์ม พบในเนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อ โดยจำแนกได้จากสัตว์จำพวกครัสเตเชียน (crustacean) หรือสัตว์น้ำมีเปลือกหลายชนิด เช่น กุ้ง กุ้ง และปู ตลอดจนกลุ่มของหอย และปลาหมึก ลักษณะโครงสร้างของ TM โดยเฉพาะในกุ้งมีการศึกษาอย่างละเอียด ส่วนสัตว์กลุ่มหอย (mollusk) และแมลงมีการศึกษาอย่างมาก (Pedrosa *et al.*, 2014) โครงสร้าง TM แตกต่างกันในสัตว์แต่ละสปีชีส์แต่มีความคล้ายคลึงกันในสัตว์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Lopata *et al.*, 2010) TM จัดเป็นสารก่อภูมิแพ้หลักในสัตว์น้ำมีเปลือก สารก่อภูมิแพ้ที่พบ ได้แก่ AK ไมโอซินไลท์เชน (myosin light chain) และซาโครพลาสไมกแคลเซียมไบนด์โปรตีน (sarcoplasmic calcium binding protein) ตัวอย่างสารก่อภูมิแพ้จากสัตว์น้ำมีเปลือก และหอยที่ได้ขึ้นทะเบียนกับ IUIS (International Union of Immunological Societies) แสดงดังตารางที่ 4

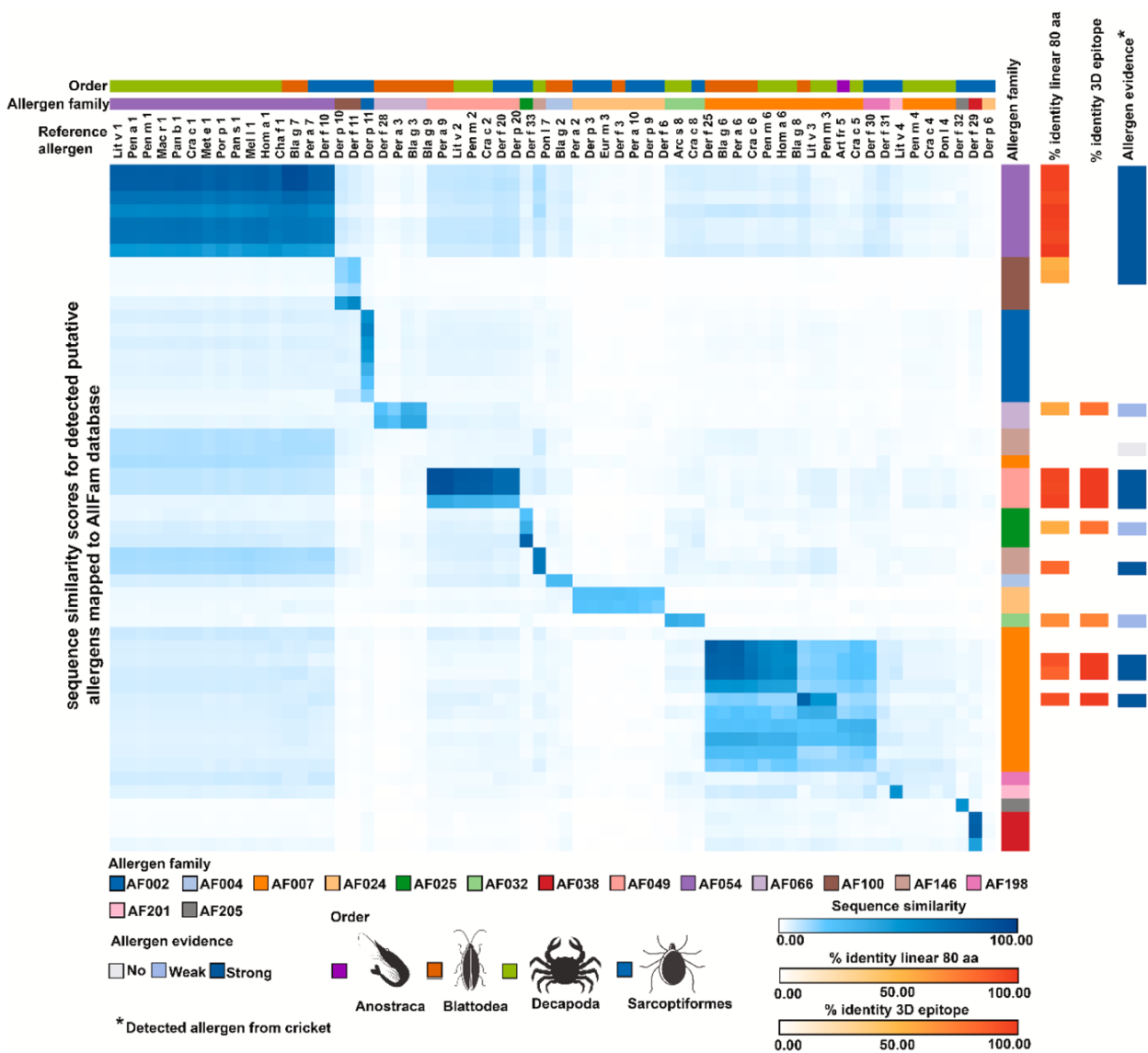
โปรตีนสารก่อภูมิแพ้จะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน (homologous protein allergen) ในสัตว์กลุ่มเดียวกันหรือกลุ่มใกล้เคียงกัน เช่น โปรตีน TM ของกุ้ง

ลอบสเตอร์ (Hom a1 และ Pan s1) ปู (Cha f1) และ กุ้ง (Met e1) มีความเหมือนกันร้อยละ 98 การที่สารก่อภูมิแพ้มีโครงสร้างโปรตีนเหมือนหรือคล้ายคลึงกัน ทำให้เกิดการเกิดแพ้ข้าม (cross-reactivity) ได้ โดยในผู้แพ้กุ้งลอบสเตอร์ จะมีโอกาสแพ้ปูได้ จากการศึกษาในผู้ป่วยที่แพ้ TM จากอาหารทะเลทั้งสัตว์น้ำมีเปลือกและหอยมีการแพ้ข้ามได้ การแพ้สัตว์น้ำมีเปลือกร่วมกับสารก่อภูมิแพ้ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะสารก่อภูมิแพ้ระบบทางเดินหายใจจากกลุ่มแมลง เช่น ไรฝุ่นและแมลงสาบ เนื่องจากทั้งหมดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรพอด สารก่อภูมิแพ้จึงมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน พบว่า TM ของสัตว์น้ำมีเปลือกคล้ายกับสารก่อภูมิแพ้ในแมลงสาบ (Per a7 และ Blag7) และไรฝุ่น (Derp10 และ Derf 10) สูงถึงร้อยละ 84 นำมาสู่ความเห็นเรื่องการเกิดการแพ้ร่วมกันที่เรียกว่า “mite-crustaceans-mollusc syndrome” โดยเชื่อว่าผู้ป่วยเริ่มจากอาการไวต่อสารก่อภูมิแพ้จากไรฝุ่นโดยเกิดจากการสูดดมในอากาศก่อน และต่อมาเมื่อรับประทานอาหารกลุ่มสัตว์น้ำมีเปลือกจึงเกิดการแพ้ได้ (มงคล 2559)

Bose และคณะ (2021) สกัดโปรตีนจากจิ้งหรีดเพื่อระบุสารก่อภูมิแพ้ เปรียบเทียบกับแมลงและสัตว์น้ำมีเปลือก ซึ่งอยู่ในกลุ่มอาร์โทรพอดเหมือนกัน และใช้เป็นโปรตีนสารก่อภูมิแพ้อ้างอิงจากฐานข้อมูล AllFam ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2 เป็นแผนภาพความหนาแน่นแสดงคะแนนความคล้ายคลึงกันของสารก่อภูมิแพ้อ้างอิง 73 ชนิด (คอลัมน์) กับสารสกัดโปรตีนจากจิ้งหรีด (แถว) สารก่อภูมิแพ้อ้างอิงประกอบด้วย สารก่อภูมิแพ้จากกลุ่มของแมลงกินได้และแมลงที่ก่อให้เกิดการแพ้ทางการหายใจและกลุ่มสัตว์จำพวกครัสเตเชียนจากฐานข้อมูล AllFam ด้านบนแผนภาพ สารก่อภูมิแพ้อ้างอิงจัดประเภทตามลำดับ (order) แมลง (อนุกรมวิธาน) และกลุ่มสารก่อภูมิแพ้อ้างอิง AF (ฐานข้อมูล AllFam) โดยใช้ระบบการตั้งชื่อสารก่อภูมิแพ้ของ IUIS ทางด้านขวา

ของแผนภาพ คือสารก่อภูมิแพ้จากจิ้งหรีดที่ตรวจพบ โดย LC-MS จำแนกตามกลุ่มของสารก่อภูมิแพ้ วิเคราะห์ความเหมือนหรือคล้ายคลึงโดยใช้ซอฟต์แวร์ AllerCatPro เปอร์เซ็นต์ความเหมือนกันแสดงผลลัพธ์ เป็นลำดับของกรดอะมิโน 80 ชนิดและ 3D เอพิโทป (3D epitope) แสดงเป็นคอลัมน์ด้านซ้ายมือ จากการศึกษพบว่า สารก่อภูมิแพ้จากจิ้งหรีด 52 ชนิด เป็นสารก่อภูมิแพ้จาก 15 กลุ่ม พบมากที่สุดในกลุ่ม AF007: E/F hand family protein (15 ลำดับ) AF054 : TM (7 ลำดับ) และ AF002 : heat shock protein

Hsp70 (7 ลำดับ) ทั้ง TM และ EF hand proteins เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่พบในสัตว์น้ำมีเปลือก แมลง และ ไร ในขณะที่สารก่อภูมิแพ้ AF002 ตรวจพบในไรบ้าน เท่านั้น นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่า ลำดับกรดอะมิโน ของโปรตีนจากจิ้งหรีด กลุ่ม AF049 (AK) AF146 (troponin I และ T) และ AF032 (triosphosphate isomerase มีความคล้ายคลึงกับสารก่อภูมิแพ้ของกุ้ง ปูและแมลงสาบ ดังนั้นผู้ที่แพ้กุ้ง ปู และแมลงสาบ อาจมีอาการแพ้จากการบริโภคจิ้งหรีดได้



รูปที่ 2 ความหลากหลายของโปรตีนสารก่อภูมิแพ้จากจิ้งหรีด (cricket) และสัตว์กลุ่มครัสเตเชียน
 ที่มา : Bose *et al.* (2021)

ตารางที่ 4 สารก่อภูมิแพ้จากสัตว์น้ำมีเปลือกที่ขึ้นทะเบียนไว้กับ IUIS แบ่งตามกลุ่ม ชื่อสารก่อภูมิแพ้ ชื่อทั่วไป และชื่อวิทยาศาสตร์

Shellfish Species					
	Allergen Name	Common name	Scientific name	Allergen	
Crustacea	Prawns	Cra c 1	North Sea shrimp	<i>Crangon crangon</i>	Tropomyosin
		Lit v 1	Vannamei prawn	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Tropomyosin
		Mac r 1	Giant freshwater prawn	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Tropomyosin
		Met e 1	Greasyback shrimp	<i>Metapenaeus ensis</i>	Tropomyosin
		Pan b 1	Northern shrimp	<i>Pandalus borealis</i>	Tropomyosin
		Pen a 1	Northern brown shrimp	<i>Penaeus aztecus</i>	Tropomyosin
		Pen i 1	Indian prawn	<i>Penaeus indicus</i>	Tropomyosin
		Pen m 1	Black Tiger prawn	<i>Penaeus monodon</i>	Tropomyosin
	Crabs	Cha f 1	Swimmer crab	<i>Charybdis feriatus</i>	Tropomyosin
		Por p 1	Blue Swimmer crab	<i>Portunus pelagicus</i>	Tropomyosin
	Lobsters	Hom a 1	American lobster	<i>Homarus americanus</i>	Tropomyosin
Pan s 1		Spiny lobster	<i>Panulirus stimpsoni</i>	Tropomyosin	
Mollusca	Gastropods	Hel as 1	Brown garden snail	<i>Helix aspersa</i>	Tropomyosin
		Cephalopods	Tod p 1	Squid	<i>Todarodes pacificus</i>

ตารางที่ 4 สารก่อภูมิแพ้จากสัตว์น้ำมีเปลือกที่ขึ้นทะเบียนไว้กับ IUIS แบ่งตามกลุ่ม ชื่อสารก่อภูมิแพ้ ชื่อทั่วไปและชื่อวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Shellfish Species					
	Allergen Name	Common name	Scientific name	Allergen	
Crustacea	Prawns	Arc s 8	Crustacean species	<i>Archaeopotamobius sibiriensis</i>	Triosephosphate isomerase
		Art fr 5	Brine shrimp	<i>Artemia franciscana</i>	Myosin, light chain 1
		Cra c 2	North Sea shrimp	<i>Crangon crangon</i>	Arginine Kinase
		Cra c 4			Sarcoplasmic calcium-binding protein
		Cra c 5			Myosin, light chain 1
		Cra c 5			Troponin C
		Cra c 8			Triosephosphate isomerase
		Lit v 2			Vannamei prawn
		Lit v 3	Myosin, light chain 2		
		Lit v 4	Sarcoplasmic calcium-binding protein		
		Pen m 2	Black Tiger prawn	<i>Penaeus monodon</i>	Arginine kinase
		Pen m 3			Myosin light chain- 2
		Pen m 4			Sarcoplasmic calcium-binding protein
		Pen m 6			Troponin C
	Lobsters	Hom a 3	American lobster	<i>Homarus americanus</i>	Myosin light chain 2
		Hom a 6			Troponin C
Pon l 4		Narrow-clawed crayfish	<i>Pontastacus leptodactylus</i>	Sarcoplasmic calcium-binding protein	
Pon l 6				Troponin I	
Mollusca	Gastropods	Hal m 1	South African abalone	<i>Haliotis midae</i>	unknown

ที่มา : Koeberl (2015)

Liu และคณะ (2009) ระบุว่า AK จากหนอนไหมเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญ เอนไซม์นี้เกิดการแพ้ข้ามกับ AK ของแมลงสาบ และสารก่อภูมิแพ้อื่น ๆ ในสัตว์จำพวกหอย

นอกจากโปรตีนดังกล่าวข้างต้นแล้ว ฮีสตามีนเป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่สามารถทำให้เกิดการแพ้ได้ โดยฮีสตามีนเป็นเอมีนชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สามารถผลิตได้จากแบคทีเรียบางชนิดโดยจะเปลี่ยน “ฮิสทิดีน” ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งไปเป็น “ฮีสตามีน” การบริโภคแมลงที่มีสะสมฮีสตามีนทำปฏิกิริยาเป็นเอมีนในปริมาณสูงจะสร้างฮีสตามีนทำให้ไปเพิ่มฮีสตามีนในร่างกายถ้ามีปริมาณสูงมากเกินอาจส่งผลให้เกิดอาการแพ้ได้ โดยเฉพาะผู้ที่มีการแพ้โรครภูมิแพ้ แต่ถ้าร่างกายสามารถทำลายได้ไม่เป็นอันตรายก็จะไม่เกิดการแพ้

บทสรุป

แมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประเทศไทยนิยมบริโภคแมลงมานานและมีแนวโน้มนิยมบริโภคกันมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ มักบริโภคในรูปแบบที่เป็นแมลงทั้งตัว และเริ่มมีการนำมาแปรรูปเป็นส่วนผสมอาหารมากขึ้น มีรายงานการแพ้จากการบริโภคแมลงทั้งในประเทศและต่างประเทศในหลายกรณี ซึ่งมีทั้งอาการแพ้เล็กน้อยจนถึงขั้นแพ้รุนแรง สารก่อภูมิแพ้ในแมลงกินได้ส่วนใหญ่มาจากโปรตีน ได้แก่ TM และ AK ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่พบในสัตว์น้ำมีเปลือก จากการศึกษาสารก่อภูมิแพ้ในจิ้งหรีดพบว่า มีโครงสร้างลำดับของกรดอะมิโนคล้ายคลึงกันกับสารก่อภูมิแพ้ในสัตว์น้ำมีเปลือกและแมลงสาบ

เอกสารอ้างอิง

- กัณฑ์วีร์ วิวัฒน์พาณิชย์. 2542. แมลงอาหารมนุษย์ในอนาคต. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. กรุงเทพมหานคร.
- ทัศนีย์ แจ่มจรรยา และ ยุพา หาญบุญทรง. ม.ป.ป. ความสำคัญชนิดและคุณค่าทางโภชนาการของแมลงกินได้. https://home.kku.ac.th/orip2/orip_main/attach/knowledge_1407230024_bug%20nutrition.pdf [1 พฤศจิกายน 2564].
- มงคล เหล่าอารยะ. 2559. การแพ้อาหารทะเล. เชียงใหม่เวชสาร. 55(2) : 81-93.
- โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์. 2561. โรครภูมิแพ้ รับมืออย่างไร ? เมื่อมีอาการรุนแรง (Anaphylaxis). <https://www.siphospital.com/th/news/article/share/832/Anaphylaxis> [5 พฤศจิกายน 2564].
- Bose U, Broadbent JA, Juhász A, Karnaneedi S, Johnston EB, Stockwell S, Byrne K, Limviphuvadh V, Maurer-Stroh S, Lopata AL, Colgrave ML. 2021. Protein Extraction Protocols for Optimal Proteome Measurement and Arginine Kinase Quantitation from *Cricket Acheta Domesticus* for Food Safety Assessment. Food Chem. 348 : 129110.
- Chomchai S, Laoraksa P, Virojvatanakul P, Boonratana P and Chomchai C. 2020. Prevalence and cluster effect of self-reported allergic reactions among insect consumers. Asian Pac J Allergy Immunol. 38 : 40-46.
- Jenkins JA, Breiteneder H and Mills EC. 2007. Evolutionary Distance from Human Homologs Reflects Allergenicity of Animal Food Proteins. J Allergy Clin Immunol. 120(6) : 1399-1405.
- Ji KM, Zhan ZK, Chen JJ and Liu ZG. 2008. Anaphylactic shock caused by silkworm pupa consumption in china. Allergy 63 : 1407-1408.
- Koerberl M. 2015. Identification and quantification of allergenic tropomyosin from shellfish. PhD thesis, James Cook University. <http://researchonline.jcu.edu.au/45960/> [5 พฤศจิกายน 2564].
- Liu Z, Xia L, Wu Y, Xia Q, Chen J and Roux KH. 2009. Identification and characterization of an arginine kinase as a major allergen from silkworm (*Bombyx mori*) larvae. International Archives of Allergy and Immunology. 150 : 8-14.
- Lopata AL, O’Hehir RE and Lehrer SB. 2010. Shellfish allergy. Clin Exp Allergy; 40 : 850-858.

Pedrosa M, Boyano-Martinez T, Garcia-Ara C and Quirce S. 2014. Shellfish Allergy : a Comprehensive Review. Clin Rev Allergy Immunol May 29. [Epub ahead of print].

Pener MP. 2014. Allergy to locusts and acridid grasshoppers: A review. J Orthop-tera Res. 23 : 59-67.

Picareillo G, Mamone G, Addeo F and Ferranti P. 2011 The Frontiers of Spectrometry-Based Techniques in Food Allergenomics. J Chromatogr A. 1218 (42) 7386-7398.

Pier and Lomas. 2017. Poster Sessions / Ann Allergy Asthma Immunol 119 : S17-S96.

Shafique RH, Phil M, Inam M, Ismail M and Chaudhary FR. 2012. Group 10 allergens (tropomyosins) from house-dust mites may cause covariation of sensitization to allergens from other invertebrates. Fall 3(2) : 74-90.

หัวปลี...คุ่มค่าเกินราคา

Banana blossom... worth more than the price

ข้อลัดดา เทียงพุก (Chowladda Teangpook)

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป (Department of Food Processing and Preservation)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

หัวปลี หรือ ปี (เหนือ) หรือปลีกกล้วย (banana blossom, male bud) คือ ดอกของต้นกล้วย (*Musa sapientum* Linn., *paradisaca* Linn.) ที่ไม่เจริญเป็นผล ประกอบด้วยผลดอกตัวผู้ ที่คั่นไว้ด้วยกาบปลี (bract) สีขาวด้านใน และสีม่วงแดงด้านนอก กล้วยจัดเป็นไม้ล้มลุกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก เป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 4 ในประเทศกำลังพัฒนา ถัดจากข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด กล้วยเป็นพืชที่ปลูกมากกว่า 100 ประเทศ ทั่วภูมิภาคเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน มีพื้นที่ประมาณ 10 ล้านเฮกตาร์ โดยมีผลผลิตปีละประมาณ 88 ล้านเมตริกตัน (Jahan *et al.*, 2010; Sharrock and Frison, 1998) หัวปลีมีรูปทรงคล้ายหยดน้ำ โคนปลีกว้าง ปลายปลีแหลม หัวปลีจัดเป็นผักประเภทสมุนไพรที่นิยมรับประทานในประเทศไทยมานานแล้วรวมทั้งในอาเซียน ปัจจุบันในต่างประเทศกำลังเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะชาวเยอรมันกลุ่มวีแกนที่รับประทานแทนเนื้อสัตว์ เพราะหัวปลีมีเส้นใยเหนียวแน่นและให้พลังงานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยสุกแล้ว หัวปลีมีแคลอรีน้อยกว่า 6 เท่า แต่ให้แคลเซียมสูงกว่ากล้วย 4 เท่า และมีโปรตีนมากกว่าเล็กน้อย ใน

ประเทศไทยปลูกกล้วยกันมากมายทั่วทุกภาค มีจำหน่ายตลอดทั้งปี ราคาถูก

หัวปลีประกอบด้วยสารอาหารแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และพื้นที่ปลูก ดังตารางที่ 1 แสดงสารอาหารในหัวปลีสตสายพันธุ์ไทย และหัวปลีสตสายพันธุ์จีน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Baxijiao (AAA) และ Paradisical (AAB) พบกรดอะมิโนส่วนใหญ่คือ glycine, leucine, alanine และ aspartic ใน หัวปลี ทั้ง 2 สายพันธุ์ ไขมันประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 65-66 ส่วนใหญ่เป็นกรด linoleic ในขณะที่กรดไขมันอิ่มตัวมีปริมาณต่ำ และส่วนใหญ่คือกรด palmitic หัวปลีแห้งสายพันธุ์อินเดียพันธุ์ Nanjangud rasa bale มีใยอาหารแบบนิวทรอลดีเทอร์เจนท์ 75.61 กรัม (neutral detergent fiber คือส่วนประกอบของผนังเซลล์ ที่ไม่สามารถละลายในสารละลายที่เป็นกลาง ประกอบด้วยพวกเยื่อใยทั้งหมด คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ซิลิกา และเคราติน) ใยอาหารแบบแอซิดดีเทอร์เจนท์ 58.78 กรัม (acid detergent fiber คือ hemicellulose ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นสารประกอบพวก

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ หัวปลีสดมีปริมาณน้ำมากที่สุด มีไขมันและโปรตีนต่ำ จึงให้พลังงานน้อย และเมื่อนำมากระหรือน้ำออกจะได้หัวปลีแห้งที่มีใยอาหารมาก

ที่สุด (Ramu *et al.*, 2017) ในขณะที่ Arya และ Sinija (2016) ทำการศึกษาพบว่าหัวปลีแห้งมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด

ตารางที่ 1 สารอาหารในหัวปลี 100 กรัม

สารอาหาร	หัวปลีสด	หัวปลีแห้ง		
	กรมอนามัย (2544)	Sheng <i>et al.</i> (2010)	Ramu <i>et al.</i> (2017)	Arya and Sinija (2016)
ปริมาณน้ำ	92.30 กรัม	-	8.33 กรัม	1.76-1.89 กรัม
โปรตีน	1.40 กรัม	1.62-2.07 กรัม	19.60 กรัม	1.29-1.98 กรัม
ไขมัน	0.20 กรัม	-	5.79 กรัม	.41-0.46 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	5.20 กรัม	-	53.78 กรัม	93.42-95.17 กรัม
สตาร์ช (starch)	-	-	0.61 กรัม	-
ใยอาหาร	0.80 กรัม	4.96-5.74 กรัม	70.07 กรัม	15.32-15.48 กรัม
ใยอาหารละลายน้ำ	-	-	7.14 กรัม	-
ใยอาหารไม่ละลายน้ำ	-	-	62.93 กรัม	-
เซลลูโลส	-	-	47.30 กรัม	-
เฮมิเซลลูโลส	-	-	16.83 กรัม	-
ลิกนิน	-	-	11.48 กรัม	-
กรดยูโรนิก	-	-	27.72 กรัม	-
ถั่ว	0.90 กรัม	-	6.51 กรัม	3.08-4.19 กรัม
แคลเซียม	28.00 มิลลิกรัม	-	-	-
ฟอสฟอรัส	40.00 มิลลิกรัม	-	-	-
ธาตุเหล็ก	0.70 มิลลิกรัม	-	-	-
วิตามินเอ (RE)	0.026 มิลลิกรัม	-	-	-
วิตามินบี 1	0.01 มิลลิกรัม	-	0.18 มิลลิกรัม	-
วิตามินบี 2	0.02 มิลลิกรัม	-	0.13 มิลลิกรัม	-
วิตามินบี 3	0.60 มิลลิกรัม	-	0.90 มิลลิกรัม	-
วิตามินบี 5	-	-	0.26 มิลลิกรัม	-
วิตามินบี 6	-	-	0.28 มิลลิกรัม	-
วิตามินซี	25.00 มิลลิกรัม	-	9.50 มิลลิกรัม	-
วิตามินอี	-	0.87-0.12 มิลลิกรัม	0.17 มิลลิกรัม	-
เบต้าแคโรทีน	-	-	0.12 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลฟรุกโตส	-	-	0.44 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลกลูโคส	-	-	0.53 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลซูโครส	-	-	0.77 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลมอลโตส	-	-	0.94 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลไซโลส	-	-	0.002 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลอราบิโนส	-	-	0.15 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลแรมโนส	-	-	0.005 มิลลิกรัม	-
พลังงาน	28 กิโลแคลอรี	-	63.20 กิโลแคลอรี	-

สมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties)

สมบัติเชิงหน้าที่เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารด้านอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการ Ramu และคณะ (2017) รายงานสมบัติเชิงหน้าที่ของหัวปลีแห้ง 1 กรัม มีความสามารถอุ้มน้ำได้ (water holding capacity) 23.95 กรัม ซึ่งสูงกว่าข้าวข้าว (5.21 กรัม) และข้าวสาลีชนิดดุรัม (durum) (1.5–2.1 กรัม) มีค่าการละลาย (solubility) 13.08 กรัม ค่ากำลังการพองตัว (swelling power) 16.02 กรัม และปริมาณการจับน้ำมัน (oil holding capacity) 8.0 กรัม ซึ่งสูงกว่ากากใยอื่น ๆ เช่น ไยมะพร้าว (5.3 กรัม)

สารพฤกษเคมี (phytochemical หรือ phyto-nutrients)

สารพฤกษเคมี หมายถึง สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สารกลุ่มนี้อาจเป็นสารที่ทำให้พืชผักชนิดนั้น ๆ มีสี กลิ่น หรือรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว สารพฤกษเคมีเหล่านี้หลายชนิดมีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด เช่น โรคมะเร็ง สารพฤกษเคมีเมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจช่วยทำให้เอนไซม์บางกลุ่มทำงานได้ดีขึ้น เอนไซม์บางชนิดทำหน้าที่ทำลายสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งปัจจุบันพบสารพฤกษเคมีแล้วมากกว่า 15,000 ชนิด เช่น สารฟีนอลิกช่วยรักษาโรคบางชนิด และจัดเป็นสารประกอบต้านจุลชีพ เป็นสาร polymeric phenolic ที่มีความฝาด (astringency) (Peteros and Uy, 2010) สารฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยปกป้องตับ มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย มีรายงานว่าสารกลุ่มฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น เอพิจินิน กาแลนจิน ฟลาโวนและฟลาโวนอล ไกลโคไซด์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาวาโนนส์ และชาโลโคน สามารถต้านการเจริญของแบคทีเรียได้ดี และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบของเฮสเพอริดิน (hesperidin) เอพิจินิน

(apigenin) ลูทีโอลิน (luteolin) และควอซีทิน (quercetin) และมีฤทธิ์ต้านการเจริญของเซลล์มะเร็ง (Kumar and Pandey, 2013) ไกลโคไซด์เป็นสารช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจ รักษาภาวะหัวใจล้มเหลว และภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ (Mikail, 2010) สารแทนนิน มีฤทธิ์ต้านจุลชีพและสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและทำหน้าที่เป็นสารต้านเชื้อรา ส่วนสารซาโปนินนั้นมักใช้ในทางการแพทย์เพื่อรักษาโรคลมบ้าหมู (epilepsy) ภาวะการมีน้ำลายไหลมากเกินไป (excessive salivation) ภาวะโลหิตจางเนื่องจากขาดธาตุเหล็ก (chlorosis) และไมเกรน (Mikail, 2010)

หัวปลีมีสารพฤกษเคมีหลายชนิด แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งปริมาณสารพฤกษเคมีแตกต่างกันตามพันธุ์ แหล่งที่ปลูก และวิธีการสกัด โดยเฉพาะสารซาโปนิน สารฟีนอลิก และสารอัลคาลอยด์

สารพฤกษเคมีมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ (Anggraini *et al.*, 2019) มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของหัวปลี เช่น Mahmood และคณะ (2011) รายงานว่าสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดหัวปลีด้วยน้ำ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) มีค่า IC₅₀ (Half maximum inhibition concentration, ความเข้มข้นที่สารนั้นให้การยับยั้งร้อยละ 50) เท่ากับ 1.01 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 1.52 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ Bhaskar และคณะ (2012) รายงานว่าสารสกัดหัวปลีด้วยเมทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่ากับ butylated hydroxytoluene (BHT) ซึ่งเป็นสารมาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ส่งผลให้ลดการสร้างอนุมูลอิสระในเนื้อเยื่อ มีประสิทธิภาพใน

การป้องกันเซลล์ถูกทำลาย ป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ มะเร็ง เบาหวาน และภาวะอาหาร เป็นต้น สุภกร (ม.ป.ป.) พบว่าหัวปลีกล้วยหอมทอง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.036 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และ 38.16 มิลลิโมล เมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค DPPH และ 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid, ABTS) ตามลำดับ จันทกานต์ (2561) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากหัวปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม ด้วยสารสกัดจากน้ำกลั่น เอทานอล และเมทานอล พบว่าสารสกัดจากปลีกล้วยน้ำว้าด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ให้ค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.37 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power assay (FRAP) มีค่าเท่ากับ 64.93 ไมโครโมลาร์ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่และกล้วยหอมด้วยเอทานอล ตามลำดับ Joseph และคณะ (2014) พบว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa paradisiaca AAB Nendran variety* ด้วยเอทานอลมีค่า IC₅₀ เท่ากับ 0.063 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร Sheng และคณะ (2011) พบว่าสารสกัดจากปลีกล้วยสายพันธุ์ *Musa spp. Baxijiao* และ *Paradisiaca* ด้วยเอทานอล มีค่า EC₅₀ (Half maximum effective concentration, ความเข้มข้นที่สารนั้นให้ประสิทธิภาพร้อยละ 50) เท่ากับ 0.0049 และ 0.0058 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สารพฤกษเคมีในหัวปลีแห้ง ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

สารพฤกษเคมี	Sheng และ คณะ (2010)	Ramu และ คณะ (2017)	Sumathy และ คณะ (2011)	Mahmood และ คณะ (2011)	จันทกานต์ (2561)
ปริมาณน้ำ	-	8.33 กรัม	-	-	
ไกลโคไซด์	-	-	/	-	
แทนนิน	-	86.87 มิลลิกรัม	/	88.31 มิลลิกรัม	
ซาโปนิน	0.12 มิลลิกรัม	387.51 มิลลิกรัม	/	1430.00 มิลลิกรัม	
สเตียรอยด์	-	-	/	-	
ฟีนอล	-	201.12 มิลลิกรัม	/	5830.00 มิลลิกรัม	187.82 มิลลิกรัม กรดแกลลิก
ฟลาโวนอยด์	5.27-5.90 มิลลิกรัม	83.49 มิลลิกรัม	/	3.98 มิลลิกรัม	
อัลคาลอยด์	-	71.09 มิลลิกรัม	-	1560.00 มิลลิกรัม	
ออกซาเลต	-	20.54 มิลลิกรัม	-	-	
ไฟเตท	-	28.78 มิลลิกรัม	-	-	

ความเป็นพิษของหัวปลี

Sumathy และคณะ (2011) ทดสอบฤทธิ์ความเป็นพิษของสารสกัดหัวปลีแบบ *Artemia salina* พบว่าไม่เป็นพิษ เมื่อเทียบกับสารโพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate) โดยมีค่า LC_{50} (Lethality concentration, ค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้สิ่งที่มีชีวิตที่ถูกทดสอบตายไปครึ่งหนึ่งของจำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมด) เท่ากับ 9.97 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งมากกว่าค่าจุดตัดเพื่อตรวจจําระดับความเป็นพิษที่ 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ดังนั้นสามารถรับประทานหัวปลีได้ในปริมาณมากตามที่ต้องการ

สรรพคุณของหัวปลี

1. บำรุงเลือด ป้องกันโลหิตจาง เนื่องจากหัวปลีมีธาตุเหล็กสูง (Pari และ Uma Maheswari, 1999)
2. ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำนม หัวปลีช่วยส่งเสริมการผลิตน้ำนมของแม่หนูในระยะให้นมลูก จากการวิจัยของ Mahmood และคณะ (2012) ทำการศึกษาสารสกัดจากหัวปลีแห้งในประเทศมาเลเซียด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ เอทานอล และน้ำ นำมาทดสอบกับแม่หนูในระยะให้นมลูก (lactating rats, Sprague Dawley) โดยแม่หนูแต่ละตัวได้รับสารสกัดหัวปลีทางปากทุกวัน ในปริมาณ 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ในขณะที่แม่หนูชุดควบคุมได้รับน้ำกลั่น ทำการวัดประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมตลอดระยะเวลาทดลองโดยวิธี weight-suckle-weight พบว่าการผลิตน้ำนมของแม่หนูที่ได้รับสารสกัดหัวปลีด้วยน้ำมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือแม่หนูที่ได้รับสารสกัดหัวปลีด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ แม่หนูที่ได้รับน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) และแม่หนูที่ได้รับสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอล มีปริมาณน้ำนมต่ำที่สุด สารสกัดหัวปลีด้วยน้ำช่วยเพิ่มการผลิตน้ำนมได้ร้อยละ 25 ในขณะที่สารสกัดจากปิโตรเลียมอีเธอร์เพิ่มการผลิตน้ำนมได้ร้อยละ

ละ 18 เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างชุดควบคุม ซึ่งสันนิษฐานว่าหลังจากให้สารสกัดหัวปลี เซลล์ในต่อมน้ำนมของแม่หนูเพิ่มจำนวนมากขึ้น (cells proliferation in the mammary gland) การศึกษานี้จึงเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นของผู้บริโภคในการรับประทานสารสกัดหัวปลีด้วยน้ำที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มน้ำนมและมีความปลอดภัย โดยไม่ต้องใช้สารเคมี

3. ลดระดับน้ำตาลในเลือด Pari และ Umamaheswari (2000) ทำการศึกษาการให้สารสกัดหัวปลีด้วยคลอโรฟอร์มแก่หนูที่ป่วยเป็นเบาหวาน ขนาด 0.15, 0.20 และ 0.25 กรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย เป็นเวลา 30 วัน พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดและไกลโคซิเลตเฮโมโกลบิน (glycosylated haemoglobin) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญและเพิ่มปริมาณเฮโมโกลบินทั้งหมด สามารถลดอนุมูลอิสระในเนื้อเยื่อสารสกัดหัวปลีมีประสิทธิภาพมากกว่ายาไกลิเบนคลาไมด์ (glibenclamide) ซึ่งเป็นยากลุ่มซัลโฟนิลยูเรีย (sulfonylurea) ที่มีกลไกการออกฤทธิ์ด้วยการกระตุ้นให้ตับอ่อนหลั่งสารอินซูลินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยควบคุมและลดระดับน้ำตาลในเลือดได้

Dhanabal และคณะ (2005) พบว่าสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอลสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด (antihyperglycemic effect) ในหนูที่เหนียวนำไปเป็นเบาหวาน จาก 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็น 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจเนื่องมาจากการยับยั้งอนุมูลอิสระ และการยับยั้งการทำลายเนื้อเยื่อ ซึ่งคุณสมบัติด้านเบาหวาน น่าจะเป็นผลจากสารฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ สเตียรอยด์ และไกลโคไซด์ในหัวปลี

4. ลดปริมาณเลือดประจำเดือนมามากเกินไป หัวปลีมีสรรพคุณกระตุ้นร่างกายให้สร้างฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศชาย ช่วยให้ปริมาณเลือด

ประจำเดือนที่มากเกินความจำเป็นลดน้อยลงไปได้ (อรุณ, 2020)

5. ช่วยต้านภาวะซึมเศร้า เนื่องจากหัวปลีมีแมกนีเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารสำคัญที่มีผลในการรักษาอาการซึมเศร้า (ส่วนอำนวยความสะดวกและสารบรรณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ม.ป.ป.)

6. รักษาโรคกระเพาะอาหารอักเสบ สิวตา และ อีราพร (ม.ป.ป.) พบว่าสารสกัดหัวปลีช่วยบรรเทาอาการเกิดแผลในกระเพาะอาหารในหนูขาวพันธุ์ Wistar โดยให้สารสกัดจากหัวปลีในปริมาณ 400, 800 และ 1200 มิลลิกรัม/น้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม ชักนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารด้วยปัจจัยที่แตกต่างกัน 3 ประเภท คือ 1) การชักนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารโดยใช้ absolute ethanol พบว่าแผลในกระเพาะอาหารลดลงร้อยละ 63.22, 71.19 และ 87.63 ตามลำดับของปริมาณสารสกัดหัวปลี 2) การชักนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารในหนูด้วยยาในกลุ่ม NSAIDs เช่น aspirin และ indomethacin พบว่าแผลในกระเพาะอาหารลดลงร้อยละ 47.88, 59.07 และ 73.13 ตามลำดับของปริมาณสารสกัดหัวปลี และ 3) การชักนำให้หนูเกิดความเครียด โดยนำหนูใส่ในกรงรูปทรงกระบอกแล้วนำหนูไปไว้ที่ 4°C นาน 4 ชั่วโมง พบว่าแผลในกระเพาะอาหารลดลงร้อยละ 45.41, 65.27 และ 86.17 ตามลำดับของปริมาณสารสกัดหัวปลี ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัย การชักนำพบว่าเมื่อใช้สารสกัดหัวปลีมากขึ้น สามารถลดแผลในกระเพาะอาหารได้มากขึ้นด้วย

7. มีฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค Jahan และคณะ (2010) ทำการศึกษาฟิล์มสารสกัดหัวปลี (*Musa Sapientum*) ผสมโคโตซาน และโพลีเอทิลีนไกลคอล พบว่าฟิล์มที่มีสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอลร้อยละ 20 (v/v) สามารถยับยั้ง *Bacillus subtilis* และ *Bacillus*

cereus ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้ง *Escherichia coli* ได้ ในขณะที่สารสกัดหัวปลีด้วยคลอโรฟอร์มและน้ำไม่ สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ *Bacillus cereus* และ *Escherichia coli* ได้ Sumathy และคณะ (2011) รายงานว่า สารสกัดหัวปลีด้วยเมทานอล มีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Micrococcus sp.*, *Salmonella sp.*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* และ *Aspergillus niger* โดยได้ผลดีที่สุดกับ *Staphylococcus aureus*

8. การรักษาโรคอื่น ๆ Liu และคณะ (2018) นำสารสกัดหัวปลีด้วยน้ำจากประเทศไต้หวันให้หนูเพศผู้กิน พบว่าช่วยลดอาการโรคต่อมลูกหมากโต (BPH, benign prostatic hyperplasia) และระดับไดไฮโดรเทสโทสเตอโรนในซีรัม ปรับปรุงสัญญาณวิทยาของต่อมลูกหมาก ซึ่งสารสกัดจากหัวปลีประกอบด้วยกรดซิตริก ทอรีน กรดแพนโทธิก และกรดนิโคตินิก หัวปลีช่วยบรรเทาอาการประจำเดือน (alleviate menorrhagia) โรคบิด (dysentery) (Singh, 1986) มาลาเรีย (Bagavan *et al.*, 2010) เบรตาเบาหวาน (diabetes mellitus) (Singh, 1986; Alarcon-Aguilara *et al.*, 1998; Pari and Uma Maheswari, 1999) โรคโลหิตจาง (anaemia) (Pari and Uma Maheswari, 1999) และช่วยฆ่าเชื้อในปาก

ผลิตภัณฑ์อาหารจากหัวปลี

หัวปลีมีรสชาติฝาด อาจเนื่องมาจากสารแทนนินซึ่งมีอยู่ในหัวปลีค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 3.75 (มณฑาทิพย์ และคณะ 2538) และเมื่อหั่นหัวปลีทิ้งไว้ จะกลายเป็นสีดำคล้ำ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) ทำให้ไม่น่ารับประทาน ชาวบ้านมักนำหัวปลีมาแช่ในสารละลายที่เป็นกรด เช่น น้ำส้มสายชู หรือน้ำ

มะขามเปียก แช่ไว้ประมาณ 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด มีงานวิจัยศึกษาวิธีการลดการเกิดสีน้ำตาลในหัวปลี เช่น กฤษดา และ เบญญาทิพย์ (2563) ใช้สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 แช่หัวปลีนาน 5 นาที Wickramarachchi และ Ranamukhaarachchi (2005) พบว่าการแช่หัวปลีขนาด 3 มิลลิเมตร ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นาน 30 นาที มณฑาทิพย์ และคณะ (2538) ยังพบว่าการแช่หัวปลีในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร้อยละ 0.2 สารละลายสารส้มร้อยละ 0.5 สารละลายกรดซิตริก ร้อยละ 1 นาน 10 นาทีขึ้นไป สามารถป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ แต่การนำมอลกในน้ำเดือดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสี เป็นผลจากสารแทนนินในหัวปลี มีสาร leucoanthocyanidin เกิดไฮโดรไลซ์ ทำให้เกิด anthocyanidin ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง (Halsam and Lilley, 1988)

หัวปลีสามารถรับประทานสด หรือนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด รสชาติจะนุ่มและมีรสหวานเล็กน้อย อาหารจากหัวปลี ได้แก่ ยำหัวปลี สลัด หัวปลี นิยมใช้เป็นเครื่องเคียงรับประทานกับผัดไทย ขนมจีน-น้ำยา หรือนำหัวปลีมาทอด หุงต้มทำเป็นแกงได้หลายชนิด เช่น ต้มยำหัวปลี แกงไก่ใส่หัวปลี แกงกะหรี่ แกงเลียง เป็นต้น นอกจากนี้นำมาทำไส้อั่วเพื่อลดปริมาณเนื้อหมู ทำหมูเส้นเทียม อาหารกระป๋อง เช่น หัวปลีกระป๋องในน้ำเกลือ มีหลายยี่ห้อ ในต่างประเทศสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายสินค้าเอเชีย ร้านค้าออนไลน์ และสินค้าวิแกน แบรินด์ เซฟซ้อย

เครื่องต้ม

การทำเครื่องต้มหัวปลี แบบง่ายคือนำหัวปลีมาแช่ด้วยน้ำเกลือประมาณ 5 นาที จากนั้นนำไปต้มจนสุก แล้วนำมาปิ้งให้ละเอียด กรองคั้นเอาแต่น้ำ ก็จะทำให้เราได้น้ำหัวปลีสด และสามารถปรุงรสชาติให้ดื่มง่ายขึ้น

ด้วยน้ำผึ้ง หรือ น้ำตาลทรายและเกลือตามใจชอบ หรือ จะเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยการใส่ธัญพืชต่าง ๆ เข้าไป ก็จะทำให้การดื่มหัวปลีนั้นมีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในตลาดยังมีผู้ผลิตเครื่องต้มหัวปลีสำเร็จรูป โดยเน้นสรรพคุณช่วยขับน้ำนม จำหน่ายบรรจุขวดแก้ว กระจก มีหลายรสชาติ ทั้งหัวปลีอย่างเดียว ผสมอินทผลัม น้ำผึ้ง ใบหม่อนและขิง งาดำ โป๊ยกั๊ก มะนาว และแครนเบอร์รี่ เป็นต้น

อาหารเสริมชนิดเม็ด

ไทยรัฐออนไลน์ (2561) ได้รายงานผลงานวิจัยของ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล และ ดร.กาญจนา นาคนประสม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการพัฒนาหัวปลีกล้วยน้ำว้าอัดเม็ด (Plee Ncap) เพื่อสะดวกในการพกพา สารสำคัญที่สุดอยู่บริเวณกล้วยอ่อนที่อยู่ระหว่างกลีบปลี ส่วนสีม่วงจากกลีบปลีกล้วยให้สารแอนโทไซยานิน ช่วยคุณแม่หลังคลอด ฟื้นฟูสุขภาพได้เร็วขึ้น โดยนำหัวปลีสอดมาพักไว้ 1-2 คืน ให้น้ำอย่างกล้วยแห้ง นำปลีกล้วยมาหั่น และนำไปผ่านกระบวนการสกัดด้วยน้ำ ทำให้เข้มข้น แล้วนำไปผ่านกระบวนการสกัดแห้งแล้วอัดเม็ด หัวปลีสอด 1 กิโลกรัม นำไปอัดเม็ดได้ 50-100 เม็ด แม่ให้นมบุตรบริโภคเพียงวันละ 1-2 เม็ด จะได้รับคุณค่าสารอาหารเท่ากับแกงหัวปลี 1 ถ้วย หัวปลีอัดเม็ดจะมีทั้งสูตรต้นตำรับ สูตรผสมขิง สูตรผสมกะเพรา และสูตรเสริมวิตามินซี

หัวปลีแห้ง ชาหัวปลี

เนื่องจากหัวปลีเป็นแหล่งของใยอาหาร Wickramarachchi และ Ranamukhaarachchi (2005) ทำการศึกษาหัวปลีแห้ง โดยนำมาหั่นขนาด 3 มิลลิเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0.2 นาน 30 นาที อบแห้ง 50°C 6 ชั่วโมง เก็บในถุงพอยล์ AL/HDPE (aluminum foil laminated with high density polyethylene) ได้มากกว่า 1 เดือน ซึ่งมีคุณภาพดีกว่า

ห้วปลีที่เก็บใน OPP/ CPP (oriented polypropylene laminated with cast polypropylene)

คุณชนิษฐา จันทรขจรชัย ผู้บริหารห้างหุ้นส่วนจำกัด กาญจนวารินทร์ ผลิตเครื่องตีห้วปลีสำเร็จใน 2 รูปแบบคือ ผงและชาห้วปลี 4 ผลิตภัณฑ์คือ ห้วปลีผง ห้วปลีผสมขิงผง ชาห้วปลี และชาห้วปลีผสมขิง ได้รับรางวัลผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเชิงนวัตกรรม ประจำปี พ.ศ. 2557 จากสถาบันคั้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในงานเกษตรแฟร์

ดวงพร และคณะ (2559) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องตีจากห้วปลี 3 ชนิด คือ 1) ชาขิงผสมห้วปลี 2) ชาขิงห้วปลี และ 3) เครื่องตีผสมห้วปลี และได้วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ชีวภาพ พบว่าชาขิงจากห้วปลี มีปริมาณสารฟีนอลิก และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เนื่องจากชาขิงจากห้วปลีใช้เฉพาะห้วปลี แต่เครื่องตีห้วปลีและชาขิงผสมห้วปลีมีส่วนผสมของสารอื่นอยู่ด้วย เครื่องตีทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงมากเมื่อเทียบกับชาเขียวและชาดำ และไม่มีคาเฟอีน สามารถบริโภคได้อย่าง

ต่อเนื่องและปลอดภัย ชาขิงห้วปลีพบสารฟีนอลิกกลุ่มคาเทชิน (catechin) ในปริมาณ สูงถึง 149.69 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ไอโซเคอควิทิน (isoquercetin) นอกจากนี้ยังพบกรดแกลลิก (gallic acid) ควอซิทิน (quercetin) รุทีน (rutin) และสารแทนนินด้วย

บทสรุป

ห้วปลีเป็นพืชสมุนไพร ที่มีสารอาหารและสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์หลายชนิด หาได้ง่าย ราคาไม่แพง มีตลอดปี จึงเป็นผักที่คุ้มค่ามาก ห้วปลีสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด และมีผลิตภัณฑ์แปรรูปในท้องตลาดมากมาย จึงสมควรบริโภคห้วปลี นอกจากดีต่อสุขภาพแล้ว ยังช่วยสนับสนุนเกษตรกรที่ปลูกกล้วย อย่างไรก็ตามห้วปลีมีหลายพันธุ์ เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่ กล้วยหักมุก เป็นต้น แต่มักใช้ประโยชน์เฉพาะห้วปลีจากพันธุ์กล้วยน้ำว้าเท่านั้น จึงควรวิจัยห้วปลีในสายพันธุ์อื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นทั้งด้านอาหารและไม่ใช่อาหาร เช่น กาบสีม่วงสามารถนำมาทำเป็นภาชนะใส่อาหารได้

คำสำคัญ : ห้วปลี สารอาหาร สารพฤกษเคมี ผลิตภัณฑ์อาหาร

Keywords : banana blossom, nutrients, phytochemicals, food products

บรรณานุกรม

- กินดี อยู่ดี กับหอมพรเทพ : ประโยชน์ของหัวปลี. ม.ป.ป. <https://www.youtube.com/watch?v=WR2beJOZx8Q> [26 ตุลาคม 2564].
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. ม.ป.ป. https://mobile.facebook.com/familydtp/photos/a.609939352520137/1027810417399693/?type=3&source=48&__tn__=EHH-R&_rdc=1&_rdr [26 ตุลาคม 2564].
- กล้วย สารานุกรมสมุนไพรไทย. ม.ป.ป. http://xn--o3cdbaevbumi7e7euch5p3gc.blogspot.com/2012/03/blog-post_7274.html [26 ตุลาคม 2564].
- กฤษฎา กาวิวงศ์ และเบญญาทิพย์ สมบัติมา. 2563. ผลของการใช้กรดซิตริกเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำมันหัวปลีพร้อมดื่ม. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2563. หน้า 1014-113.
- คนเยอรมันฮิต 'หัวปลีไทย' ขาดตลาด นิยมใช้แทนเนื้อสัตว์ กิโลละกว่า 1 พันบาท. 2561. https://www.khaosod.co.th/economics/news_1445352 [20 มกราคม 2563].
- จันทกานต์ นุชสุข. 2561. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากปลีกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า และกล้วยหอม. วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 10 (12) : 1-10.
- ชลธิชา ศรีอุบล. 2563. นศ. "มทร.ธัญบุรี" แนะนำสูตร 'ใส่หัวสมุนไพรหัวปลี' ทำง่าย เห็นกำไร. <https://siamrath.co.th/n/202797> [20 มกราคม 2563].
- ดวงพร อมรเลิศพิศาล รัตนาภรณ์ จันทร์ทิพย์ และอุเทน จำใจ. 2559. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากขาปลีกล้วย. The 3rd Conference on Research and Creative Innovations CRCI-2016 held at Rajamangala University of Technology Lanna, 15-16 September, Chaing Mai. P. 1360-1365.
- ทีมงานรักบ้านเกิดดอทคอม. "หัวปลี" กินแล้วดี กินง่าย ประโยชน์เยอะ. ม.ป.ป. <https://www.rakbankerd.com/agriculture/highlight-view.php?id=119&s=tblheight> [20 มกราคม 2563].
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนานพนธ์. ผู้เรียบเรียง ม.ป.ป. banana blossom / หัวปลี. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/6867/banana-blossom> [20 มกราคม 2563].
- เพ็ญพิชญา เตียว. 2561. ปลีกล้วย..อัดเม็ด เพื่อคุณแม่หลังคลอด. <https://www.thairath.co.th/news/local/1359137> [20 มกราคม 2563].
- มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด นวนาฏ จาตุรานนท์ ซ่อลัดดา เทียงพุก สิทธิพร สธนเสาวภาคย์ ชิตชม อีระงะ และ กาญจนา รัตน์ทวีสุข. 2538. กรรมวิธีการผลิตหัวปลีและใส่หยาบกล้วยบรรจุกระป๋อง. วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์. 29(1) : 55-63.
- ศูนย์วิจัยระยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร สถาบันอาหาร. 2561. อาหารเสริมร่งน้ำมันแม่จากสารสกัดปลีกล้วย. <http://fic.nfi.or.th/technologyand-innovation-detail.php?smid=1835> [23 พฤศจิกายน 2564].
- สุภกร บุญยีน. ม.ป.ป. สารต้านอนุมูลอิสระจากปลีกล้วยหอมทอง. <https://www.thailandtechshow.com/view techno.php?id=366> [20 มกราคม 2563].
- สิริดา ศรีธีรัฐ และ อีราพร อนันตะเศรษฐกุล. ม.ป.ป. การป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารโดยใช้สารสกัดจากหัวปลีในหนูวิสตาร์. <http://zoo.sci.ku.ac.th/Research/teraporn/teraporn3.pdf> [23 พฤศจิกายน 2564].
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2018. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/thai-food-composition-table/download?id=61523&mid=31993&mkey=m_document&lang=th&did=18032 [26 ตุลาคม 2564].
- อรุณ ลำสูงเนิน. 2563. หัวปลีมีประโยชน์ ได้โปรดอย่าทิ้งทิ้ง. <https://food.trueid.net/detail/VxBR3XbvXYvx> [23 พฤศจิกายน 2564].
- อานุภาพ เส็งสาย. 2552. วิธีวิเคราะห์แบบ Detergent. <http://km.dld.go.th/th/index.php/th/research-system/knowledge-office/82-present-general/114-detergent> [16 พฤศจิกายน 2564].
- Alarcon-Aguilar FJ, Roman-Ramos R, Perez-Gutierrez S, Aguilar-Contreras A, Contreras-Weber CC and Flores-Saenz JL. 1998. Study of the anti-hyperglycemic effect of plants used as antidiabetics. J Ethnopharmacol. 61(2) : 101-109.
- Anggraini T, Wilma S, Syukri D and Azima F. 2019. Total phenolic, anthocyanin, catechins, DPPH radical scavenging activity, and toxicity of *Lepisanthes alata* (Blume) Leenh. Int J Food Sci. 2019 : 1-7.
- Arya KS and Sinija VR. 2016. Proximate composition and antioxidant activity of banana blossom of two cultivars in India. Int J Agric Food Sci Technol. 7(1) : 13-22.
- Bagavan A, Rahuman AA, Kaushik NK and Sahal D. 2010. *In vitro* antimalarial activity of medicinal plant extracts against *Plasmodium falciparum*. Parasitology Research. 1-8.
- Bhaskar JJ, Chilkunda ND and Salimath PV. 2012. Banana (*Musa sp. var. elakki bale*) flower and pseudostem: dietary fiber and associated antioxidant capacity. J Agric Food Chem. 60(1) : 427-432.

- Dhanabal SP, Sureshkumar M, Ramanathan M and Suresh B. 2005. Hypoglycemic effect of ethanolic extract of *Musa sapientum* on alloxan-induced diabetes mellitus in rats and its relation with antioxidant potential. *J Herb Pharmacother.* 5(2) : 7-19.
- Halsam E and Lilley TH. 1988. Natural astringency in foodstuffs--a molecular interpretation. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 27(1) : 1-40.
- Jahan M, Mohiuddin W and Khatoon F. 2010. Concentration influence on antimicrobial activity of banana blossom extract-incorporated chitosan-polyethylene glycol (CS-PEG) blended film. *J chem pharm.* 2(5) : 373-378.
- Joseph J, Paul D, Kavitha MP, Dineshkumar B, Menon JS, Bhat AR and Krishnakumar K. 2014. Preliminary phytochemical screening and *in vitro* antioxidant activity of banana flower (*Musa paradisiaca* AAB Nendran variety). *J Pharm Res.* 8(2) : 144 -147.
- Katchwattana P. 2018. นักวิจัย ม.ธรรมศาสตร์เปิดตัว 2 นวัตกรรมโดนใจ คุณแม่่มือใหม่. <https://www.salika.co/2018/08/20/innovation-for-new-mom/> [23 พฤศจิกายน 2564].
- Kumar S and Pandey AK. 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids : an overview. *The scientific world journal article.* 1-16.
- Liu LC, Lin YH, Lin YC, Ho CT, Hung CM, Way TD and Bau DT. 2018. Banana flower extract suppresses benign prostatic hyperplasia by regulating the inflammatory response and inducing G1 cell-cycle arrest. *In Vivo.* 32(6) : 1373-1379.
- Mahmood A, Ngah N and Omar MN. 2011. Phytochemicals constituent and antioxidant activities in *Musa x Paradisiaca* flower. *Eur J Sci Res.* 2 : 311-318.
- Mahmood A, Omar MN and Ngah N. 2012. Galactagogue effects of *Musa x paradisiaca* flower extract on lactating rats. *Asian Pac J Trop Med.* (5) 11 : 882-886.
- Mikhail HG. 2010. Phytochemical screening, elemental analysis and acute toxicity of aqueous extract of *Allium sativum* L. bulbs in experimental rabbits. *J Med Plants Res.* 4 : 322-326.
- Milk Plus & More. ม.ป.ป. น้ำหัวปลีสกัดเข้มข้นสูตรดั้งเดิม ผสมอินทผลัม น้ำหัวปลีบำรุงครรภ์ เพิ่มน้ำนม บำรุงร่างกาย แคลเซียมสูง 250มลx3ขวด. <https://www.jd.co.th/product/4090463.html> [20 มกราคม 2563].
- Pari L and Uma Maheswari J. 1999. Hypoglycaemic effect of *Musa sapientum* L. in alloxan-induced diabetic rats. *J Ethnopharmacol.* 68(1-3) : 321-325.
- Pari L and Umamaheswari J. 2000. Antihyperglycaemic activity of *Musa sapientum* flowers : effect on lipid peroxidation in alloxan diabetic rats. *Phytother Res.* 14(2) : 136-138.
- Peteros NP and Uy MM. 2010. Antioxidant and cytotoxic activities and phytochemical screening of four philippine medicinal plants. *JMPR.* 5 : 407-414.
- Ramu R, Shirahatti PS, Anilakumar KR, Nayakavadi S, Zameer F, Dhananjaya BL and Nagendra Prasad MN. 2017. Assessment of nutritional quality and global antioxidant response of banana (*Musa* sp. c.v. Nanjangud Rasa Bale) pseudostem and flower. *Pharmacognosy Res Suppl* 1 : S74-S83.
- Sharrock S and Frison E. 1998. *Musa* production around the worlds-Trends, varieties and regional importance. In : NIBAP. 1999. Networking Banana and Plantain: INIBAP Annual Report 1998. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. p. 42-47.
- Sheng ZW, Ma WH, Gao JH, Bi Y, Zhang WM, Dou HT and Jin ZQ. 2011. Antioxidant properties of banana flower of two cultivars in China using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH,) reducing power, 2,2'-azinobis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate (ABTS) and inhibition of lipid peroxidation Assays. *African journal of biotechnology.* 10(21) : 4470-4477.
- Sheng ZW, Ma WH, Jin ZQ, Bi Y, Sun ZG, Dou HT, Gao JH, Li JY and Han LN. 2010. Investigation of dietary fiber, protein, vitamin E and other nutritional compounds of banana flower of two cultivars grown in China. *Afri J Biotechnol.* 9(25) : 3888-3895.
- Sumathy V, Lachumy S, Zakaria Z and Sasidharan S. 2011. *In vitro* bioactivity and phytochemical screening of *Musa acuminata* flower. *Pharmacologyonline.* 2 : 118-127.
- Singh YN. 1986. Traditional medicine in Fiji : some herbal folk cures used by Fiji Indians. *J Ethnopharmacol.* 15(1) : 57-88.
- Thai Dietetic Association. 2016. ผลไม้กับสุขภาพจากประโยชน์ของสารพฤกษเคมี. <https://www.thaidietetics.org/?p=4324> [16 พฤศจิกายน 2564].
- Wickramarachchi KS and Ranamukhaarachchi SL. 2005. Preservation of fiber-rich banana blossom as a dehydrated vegetable. *Sci Asia.* 31 : 265-271.

แนวทางการรับประทานอาหารคีโตจินิกเพื่อลดน้ำหนัก

Ketogenic diet guidelines for weight loss

วาสนา นาราศรี (Wassana Narasri)

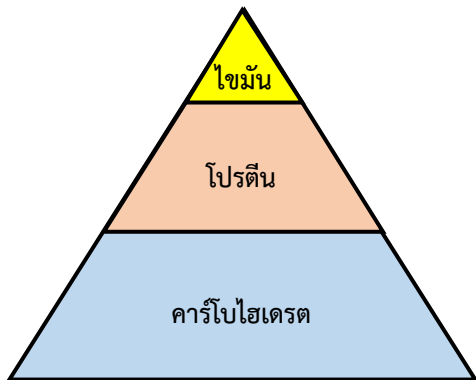
ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

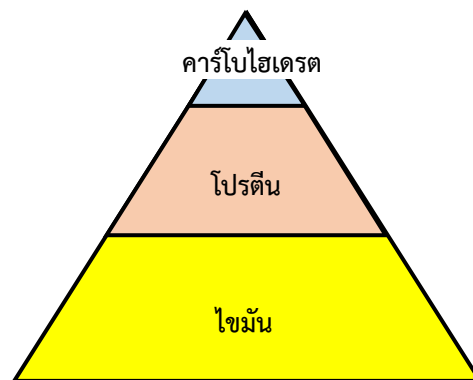
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

อาหารคีโตจินิก (ketogenic diet) หรืออาหารคีโต เป็นอาหารที่ถูกปรับสัดส่วนของสารอาหารหลัก ด้วยการจำกัดให้บริโภคคาร์โบไฮเดรตในปริมาณต่ำ และเน้นไขมันในปริมาณสูง อาหารคีโตโดยทั่วไปประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตรวมถึงน้ำตาล ประมาณร้อยละ 75, 20 และ 5 ของพลังงานทั้งหมด ตามลำดับ (Dowis and Banga, 2021) ซึ่งตรงกันข้ามกับอาหารเพื่อสุขภาพที่

แนะนำให้บริโภค โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง และไขมันต่ำ ดังแสดงเป็นพีระมิดในรูปที่ 1 แม้ว่าอาหารคีโตจะมีไขมันสูง แต่ในปัจจุบันเป็นที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และมีผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปสูตรคีโตวางจำหน่ายในเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีผลการศึกษาวิจัยจำนวนมากเกี่ยวกับประโยชน์ที่เป็นไปได้ของอาหารคีโตต่อสุขภาพ



พีระมิดของอาหารเพื่อสุขภาพที่แนะนำให้บริโภค



พีระมิดของอาหารคีโต

รูปที่ 1 การเปรียบเทียบพีระมิดของอาหารเพื่อสุขภาพที่แนะนำให้บริโภคและอาหารคีโตที่มีสัดส่วนของสารอาหารหลักแตกต่างกัน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Dowis and Banga (2021)

หลักการสำคัญของอาหารคีโต

การบริโภคอาหารแบบจำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตให้มีปริมาณต่ำ ประมาณ 20-50 กรัมต่อวัน ซึ่งปริมาณที่ต่ำจะต้องไม่เกิน 20 กรัมต่อวัน มีผล

ทำให้ร่างกายได้รับปริมาณกลูโคสซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายจะถูกนำออกมาใช้ด้วยการสลายกรดไขมันเป็น แอซิติลโคเอ (acetyl CoA) กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อ

ต่าง ๆ โดยผ่านทางกระแสเลือด เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่ร่างกายแทนกลูโคส สิ่งที่สำคัญในการสลายกรดไขมันนี้ทำให้เกิดสารคีโตนในกระแสเลือด และหากมีมากเกินไปก็จะเข้าสู่ภาวะคีโตซิส (ketosis) ที่เหมือนกับการอดอาหาร

ประเภทของอาหารคีโต

อาหารคีโตมีหลายประเภท มีหลักสำคัญประกอบด้วย การบริโภคอาหารที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ แต่มีปริมาณไขมันสูงและต้องเกิดภาวะคีโตซิส ซึ่งไม่ใช่อาหารทุกชนิดที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำจะจัดว่าเป็นอาหารคีโต สำหรับการบริโภคอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ แต่มีโปรตีนสูงจะไม่ทำให้เกิดภาวะคีโตซิส เพราะกรดอะมิโน ประมาณร้อยละ 58 เป็นกลูโคจีนิก (glucogenic) ที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นกลูโคส จึงป้องกันการเกิดภาวะคีโตซิสได้ (VanItallie and Nufert, 2003) อาหารคีโตในแต่ละประเภทมีรายละเอียด ดังนี้

1. อาหารคีโตแบบดั้งเดิม (Classical Ketogenic Diet : CKD) เป็นอาหารคีโตประเภทที่เข้มงวดที่สุด โดยมีอัตราส่วนของปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตรวมกัน เท่ากับ 4:1 ดังนั้นพลังงานประมาณร้อยละ 80-90 จะได้รับจากไขมัน และพลังงานส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 ได้รับจากโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ที่สำคัญจำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพื่อที่จะให้เกิดการเกิดสภาวะคีโตซิสอยู่ในช่วงระยะเวลาสั้น โดยอาหารคีโตที่เข้มงวดมาก ๆ จะใช้สำหรับการรักษาโรคลมชักเท่านั้น การกินอาหารคีโตแบบ CKD ในระยะต่อมาจะต้องลดปริมาณโปรตีน เพื่อหลีกเลี่ยงการสังเคราะห์กลูโคสจากการสลายตัวของกรดอะมิโนที่ใช้กระบวนการกลูโคนีโอเจนิซิส (gluconeogenesis) ในส่วนของการบำบัดโรคสำหรับเด็กที่กำลังเจริญเติบโตบางครั้งอัตราส่วนของ

ปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตจะถูกปรับลดลง เท่ากับ 3:1 เพื่อให้ได้รับโปรตีนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ทั้งนี้การจำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นสิ่งที่ยากมากที่จะทำได้ และผู้บริโภคนจำนวนมากไม่พึงพอใจด้านความอร่อยของอาหาร ดังนั้นอาหารคีโตแบบ CKD อาจจะต้องปรับปรุงหลายอย่างเพื่อให้เหมาะสม

2. อาหารคีโตแบบ Atkins phase 1 (Atkins Diet : AD) จะจำกัดการบริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างเข้มงวด แต่สามารถบริโภคโปรตีนได้ในปริมาณปานกลาง โดยมีลักษณะเฉพาะของการบริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรต ดังนี้

phase 1 จำกัดการบริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรต น้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน อย่างเข้มงวด

phase 2 บริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น เป็น 25-50 กรัมต่อวัน

phase 3 บริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้ 80 กรัมต่อวัน และต่อเนื่องจนกระทั่งน้ำหนักลดลงตามที่ต้องการ

phase 4 บริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้ไม่เกิน 100 กรัมต่อวัน

อาหารคีโตแบบ AD มีความยืดหยุ่น สามารถบริโภคคาร์โบไฮเดรตได้ในปริมาณมาก และทำให้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลายมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามภาวะคีโตซิสจะเกิดขึ้น phase 1 เท่านั้น การบริโภคอาหารคีโตแบบ AD เป็นระยะเวลานาน จะมีผลเสียต่อสุขภาพ อีกทั้งนักโภชนาการหลายคนไม่แนะนำให้บริโภค (Gudzune *et al.*, 2015; Drabinska *et al.*, 2021)

3. อาหารคีโตแบบปรับจาก AD (Modified Adkins Diet : MAD) มีข้อจำกัดน้อย และใช้ในการบำบัดเพื่อรักษาโรคเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารคีโตแบบดั้งเดิม โดยนำแบบ AD phase 1 มาใช้ด้วยการ

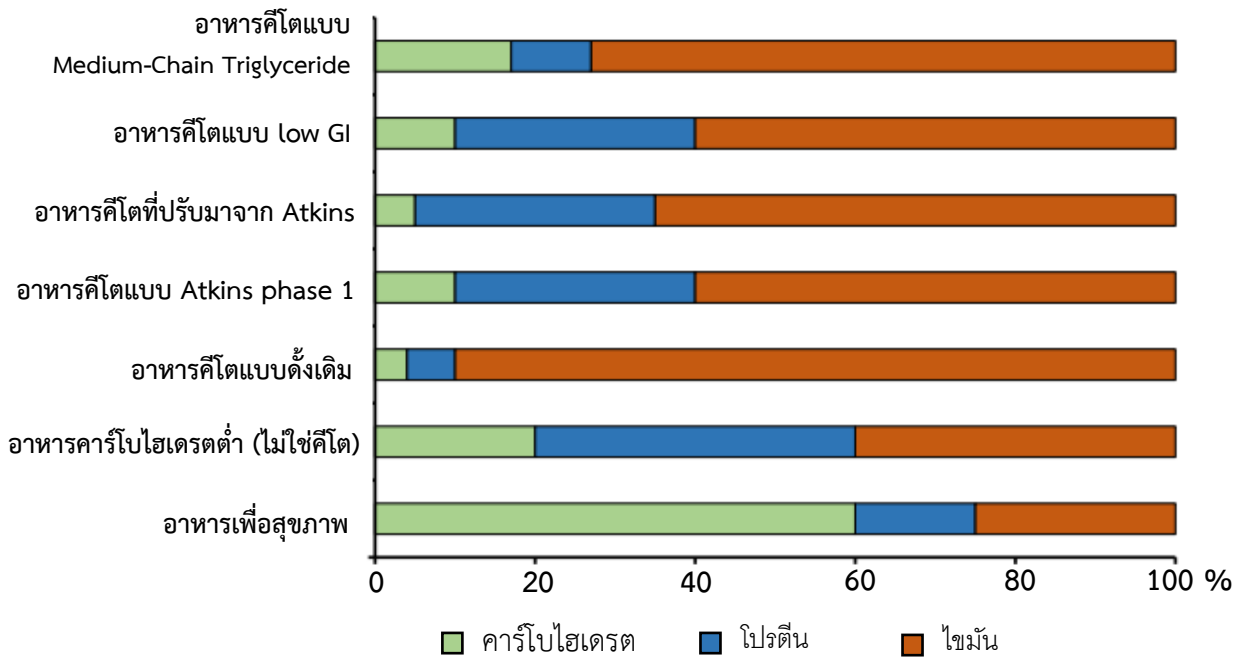
บริโภคคาร์โบไฮเดรต น้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน อย่างไม่มีกำหนดและไม่ปรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเกิดภาวะคีโตซิสยังคงอยู่ สำหรับสิ่งที่ตรงกันข้ามกับแบบ AD คือ ไม่ได้ออกแบบสำหรับใช้ในการควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นจึงจำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียวและการคำนวณพลังงาน แต่ไม่จำกัดปริมาณไขมันและโปรตีน อัตราส่วนของปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตรวมกันโดยประมาณเท่ากับ 1:1 ซึ่งการจำกัดการบริโภคคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า 20 กรัม/วัน และไม่จำกัดการบริโภคโปรตีน ทำให้อาหารน่ารับประทานขึ้น (Miranda *et al.*, 2012) ที่สำคัญโยอาหารไม่เน้นรวมอยู่ในคาร์โบไฮเดรต แต่น้ำตาลแอลกอฮอล์รวมอยู่ด้วย (Kossoff and Dorward, 2008) อาหารคีโตแบบ MAD สามารถนำไปใช้ด้วยตัวเองได้ง่าย และในช่วงแรกไม่จำเป็นต้องอยู่ในโรงพยาบาล

4. อาหารคีโตแบบกรดไขมันอิ่มตัวสายยาวปานกลาง (Medium-Chain Triglyceride Ketogenic Diet : MCTKD) มีหลักการสำคัญที่ขึ้นอยู่กับการผลิตคีโตนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายนำไขมันออกมาเผาผลาญเป็นพลังงาน เนื่องจากร่างกายได้รับคาร์โบไฮเดรตในปริมาณน้อยมาก โดยพลังงานที่ได้ของอาหารคีโตแบบ MCTKD มาจากไตรกลีเซอไรด์สายยาวปานกลาง (C6-C12) เช่น กรดเดคะโนอิก (decanoic) และกรดออกตะโนอิก (octanoic) จะถูกดูดซึมจากลำไส้ผ่านกระแสเลือดโดยไม่ต้องใช้น้ำย่อยน้ำดี แล้วเปลี่ยนเป็นคีโตนที่ตับโดยตรง ดังนั้นกรดไขมันสายยาวปานกลางจะผ่านเข้าไปในเซลล์และเผาผลาญเป็นพลังงานง่ายกว่ากรดไขมันสายยาวและสามารถผลิตคีโตนได้มากกว่าด้วยอาหารคีโตแบบ MCTKD ถูกปรับปรุงขึ้นโดยต้องการบริโภคไขมันน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารคีโตแบบดั้งเดิม เพื่อให้เกิดภาวะคีโตซิสเหมือนกัน และ

อัตราส่วนของปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตลดลง โดยพลังงานประมาณ ร้อยละ 65 ได้รับจากไตรกลีเซอไรด์สายยาวปานกลาง และปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น จึงทำให้อาหารอร่อยขึ้น ในปัจจุบันพบว่า อาหารคีโตประเภทนี้มีประโยชน์ช่วยให้ผู้ป่วยโรคตบสนองต่อเคมีบำบัดในการรักษาโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Furukawa *et al.*, 2018)

5. อาหารคีโตแบบมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low Glycemic Index Treatment : LGIT) เป็นอาหารคีโตที่มีข้อจำกัดน้อยที่สุด โดยมีการคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 2002 และนำมาใช้ในปี ค.ศ. 2005 (Pfeifer and Thiele, 2005) สามารถบริโภคปริมาณคาร์โบไฮเดรตได้ 40-60 กรัมต่อวัน แต่อย่างไรก็ตามจะถูกจำกัดคาร์โบไฮเดรตด้วยค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (GI<50) ซึ่งค่าดัชนีน้ำตาลเป็นการแบ่งประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตเป็นกลูโคส (Linkner and Humphreys, 2018) โดยกำหนดค่าเป็นระดับ 0-100 เมื่อ 100 คือ กลูโคส ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลสูง เช่น ข้าว เปียร์ ขนมปังขาว และผลิตภัณฑ์จากแป้ง ซึ่งไม่ควรบริโภค แต่แนะนำให้บริโภคอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เช่น ผัก ถั่ว เมล็ดพืช นม และเนื้อสัตว์ สำหรับระดับของภาวะคีโตซิสในการบริโภคอาหารคีโตแบบ LGIT จะเกิดขึ้นน้อยกว่าที่พบในอาหารคีโตแบบดั้งเดิม แต่มีประโยชน์ต่อระบบประสาท โดยพบว่า สามารถป้องกันการตายของเซลล์ประสาทเพิ่มขึ้น โดยมีความสัมพันธ์กับความคงที่ของระดับกลูโคสในเลือดมากกว่าภาวะคีโตซิส (Rezaei *et al.*, 2018)

อาหารคีโตในแต่ละประเภท เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ และอาหารเพื่อสุขภาพ จะให้พลังงานตามสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันอย่างแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบสัดส่วนของพลังงานที่ได้รับจากคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในอาหารคีโตชนิดต่าง ๆ อาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำ และอาหารเพื่อสุขภาพ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Drabinska et al. (2021)

แนวทางในการรับประทานอาหารคีโต

อาหารคีโตเหมาะสำหรับคนที่ไม่มีโรคประจำตัว และคนที่ต้องการลดน้ำหนัก รวมถึงคนที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 2 แต่ทั้งนี้ก็ควรปรึกษาแพทย์ ส่วนคนที่ไม่ควรรับประทานอาหารคีโต ได้แก่ คนที่เป็นโรคตับ มีภาวะไตเสื่อม คนที่ป่วยเป็นเบาหวานชนิดที่ 1 และคนที่ต้องกินยาลดระดับน้ำตาล เพราะจะทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำยิ่งขึ้น ทั้งนี้การจำกัดการบริโภคอาหารที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำ โดยหลัก ๆ ของอาหารที่ห้ามรับประทาน และอาหารที่สามารถรับประทานได้ มีดังนี้

อาหารที่ห้ามรับประทาน ได้แก่

- ธัญพืช : ข้าวโพด ข้าว พืชตระกูลถั่ว ถั่วเมล็ดแห้ง แป้งสาลี (ผลิตภัณฑ์ขนมอบ พาสต้า)
- น้ำตาล : น้ำผึ้ง เมเปิ้ลไซรัป
- ผลไม้ : แอปเปิล กล้วย ส้ม
- พืชหัว : มันฝรั่ง มันเทศ

อาหารที่สามารถรับประทานได้ ได้แก่

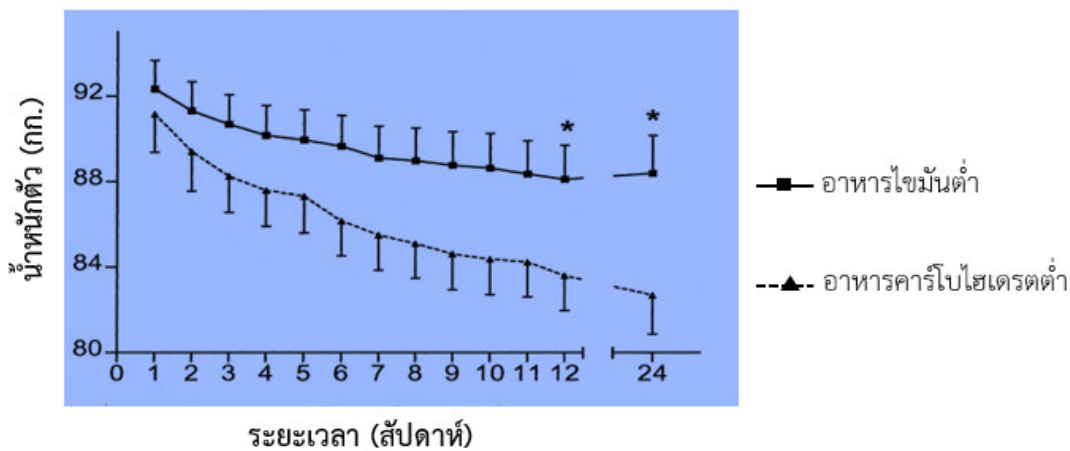
- เนื้อสัตว์ : ปลา เนื้อวัว เนื้อแกะ สัตว์ปีก ไข่
- ผักใบเขียว : ผักโขม ผักเคล กวางตุ้ง คะน้า
- ผักตระกูลกะหล่ำ : บรอกโคลี ดอกกะหล่ำ กะหล่ำปลี
- ผลิตภัณฑ์นมที่มีไขมันสูง : เนยแข็ง ครีมชีส เนย
- ถั่วและเมล็ด : อัลมอนด์ แมคคาเดเมีย วอลนัท เมล็ดดอกทานตะวัน
- อะโวคาโด มะเฟือง และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ (ราสป์เบอร์รี่และแบล็กเบอร์รี่)
- สารให้ความหวาน : หญ้าหวาน น้ำตาลอิริทริทอล ผลล่อฮังก้วย และสารให้ความหวานที่คาร์โบไฮเดรตต่ำอื่น ๆ
- ไขมัน : น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก ไขมันอิ่มตัว

อาหารคีโตกับประโยชน์ที่เป็นไปได้สำหรับการลดน้ำหนัก

การบริโภคอาหารคีโตแบบระยะยาว มีการศึกษาในผู้ป่วยโรคอ้วนลงพุง ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 30 จำนวน 66 คน ให้บริโภคอาหารคีโตเป็นระยะเวลา 56 สัปดาห์ โดยในช่วง 12 สัปดาห์แรกให้จำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน จึงบริโภคผักใบเขียวและสลัด จากนั้นเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็น 40 กรัมต่อสัปดาห์ จนกระทั่งครบระยะเวลา พบว่า น้ำหนักและค่าดัชนีมวลกายของผู้ป่วยทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Dashti *et al.*, 2007) ยังมีการศึกษาวิจัยโดยให้ผู้ป่วยบริโภคอาหารคีโตแบบจำกัดคาร์โบไฮเดรต 30 กรัมต่อวัน เป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่า ผู้ป่วยมีน้ำหนักลดลงมากกว่าการบริโภคอาหารไขมันต่ำ

เท่ากับ 2.2 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 3 (Samaha *et al.*, 2003 และ Bansal *et al.*, 2017)

การบริโภคอาหารคีโตแบบระยะสั้น จากการศึกษาในผู้ป่วยโรคอ้วนลงพุง จำนวน 20 คน เป็นผู้หญิง โดยให้บริโภคอาหารปกติ 4 สัปดาห์ จากนั้นให้บริโภคอาหารคีโต 4 สัปดาห์ ซึ่งได้รับพลังงานเท่ากับกับอาหารปกติ แต่การลดปริมาณคาร์โบไฮเดรต ด้วยการให้ได้รับพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า ร้อยละ 10 พบว่า น้ำหนัก ค่าดัชนีมวลกาย รอบเอว รอบสะโพก มวลไขมันทั้งหมด และระดับของเลปติน (leptin) ลดลงอย่างรวดเร็ว (Kong *et al.*, 2020) ซึ่งเลปตินเป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการควบคุมความหิว คนที่เป็นโรคอ้วนจะมีค่าเลปตินสูง เพราะสูญเสียความสามารถในการจัดการพลังงานที่ได้รับ



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบน้ำหนักที่ลดลงจากการบริโภคอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำมาก ๆ กับอาหารไขมันต่ำ
ที่มา : ดัดแปลงจาก Goldberg *et al.* (2020)

ข้อเสียของการกินอาหารคีโต

1. การกินอาหารคีโตแบบระยะสั้น อาจทำให้เกิดภาวะ Keto flu โดยจะมีอาการปวดศีรษะ สมออง ล้า รู้สึกบ่นป่วนในท้อง ส่วนการกินอาหารคีโตแบบระยะยาว อาจทำให้ขาดสารอาหารบางชนิด มีไขมันพอกตับ (hepatic stenosis) เป็นนิ่วในไต (kidney stones) และเกิดโรคกระดูกพรุนได้

2. ระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่ายอาจผิดปกติ เนื่องจากลดการกินอาหารบางอย่างที่โดยเฉพาะ คาร์โบไฮเดรตและใยอาหาร

3. การกินอาหารคีโต อาจทำให้เลือดกลายเป็นกรด และเสียสมดุลของอินซูลิน ซึ่งเป็นอันตรายสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

บทสรุป

การที่จะมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ควรรับประทานอาหารตามหลักโภชนาการให้ครบทั้ง 5 หมู่ โดยแต่ละหมู่ให้มีความหลากหลายและควบคุมน้ำหนักตัวให้อยู่ในเกณฑ์ ที่สำคัญควรรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารหลัก และรับประทานอาหารที่มีไขมันเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าอาหารคีโตจะเป็นอาหารที่มีไขมันในปริมาณสูง และคาร์โบไฮเดรตปริมาณต่ำ การรับประทานอาหารคีโตอย่างเหมาะสมจะเป็นประโยชน์ที่ดีต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเพื่อการลดน้ำหนัก ซึ่งควรปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์และนักโภชนาการ เพื่อจะได้ไม่เกิดผลเสียต่อสุขภาพ สำหรับคอลัมน์นี้ขอแนะนำเมนูอาหารคีโตที่คนทั่วไปก็สามารถรับประทานได้และทำง่าย คือ หมูมะนาวกับคะน้ากรอบ และซูชิข้าวดอกกะหล่ำหน้าแซลมอนย่าง

หมูมะนาวกับคะน้ากรอบ



ส่วนผสม (สำหรับ 2 เสิร์ฟ)

หมูสะโพก สไลซ์	300	กรัม
คะน้า	90	กรัม (7-8 ต้น)
พริกขี้หนูสวน	30	กรัม (15-20 เม็ด)
กระเทียม	25	กรัม (4-5 กลีบ)
น้ำมะนาว	50	กรัม (5 ช้อนโต๊ะ)
น้ำปลา	35	กรัม (3 ช้อนโต๊ะ)

วิธีทำ

1. นำหมูไปลวกในน้ำเดือดให้สุก แล้วจัดใส่จาน พักไว้
2. ปอกเปลือกก้านคะน้า ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นพอดีคำแล้วแช่เย็น
3. เตรียมน้ำยำ โดยโขลกพริกขี้หนูสวนและกระเทียมให้ละเอียด ปั่นรสด้วยน้ำมะนาว และน้ำปลา คนให้เข้ากัน
4. นำคะน้าที่เตรียมไว้มาจัดเรียงบนจานที่มีหมูลวกสุก จากนั้นราดด้วยน้ำยำให้ทั่ว ตกแต่งด้วยมะนาวหั่นแว่น หรือกระเทียมซอยบาง พร้อมเสิร์ฟ

คุณค่าทางโภชนาการ ต่อเสิร์ฟ (260 กรัม)

พลังงาน	285	กิโลแคลอรี
โปรตีน	32.3	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	2.4	กรัม
ไขมัน	16.1	กรัม
โซเดียม	740	มิลลิกรัม

ซูชิข้าวดอกกะหล่ำหน้าแซลมอนย่าง

ส่วนผสม (สำหรับ 2 เสิร์ฟ)

ดอกกะหล่ำ	250	กรัม
ครีมชีส	50	กรัม (4 ช้อนโต๊ะ)
น้ำส้มสายชูหมัก	15	กรัม (1 ½ ช้อนโต๊ะ)
ซีอิ๊วญี่ปุ่น	12	กรัม (1 ช้อนโต๊ะ)
ปลาแซลมอนสด	100	กรัม
เนยสด	5	กรัม (1 ช้อนชา)
สาหร่ายสำหรับห่อข้าวซูชิ	2.8	กรัม (1 แผ่น)

วิธีทำ

1. เตรียมข้าวดอกกะหล่ำ โดยล้างดอกกะหล่ำให้สะอาด ลวกในน้ำเดือดให้สุก พักให้สะเด็ดน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ
2. ใส่ครีมชีสลงไป คลุกเค้าให้เข้ากัน ปั่นรสด้วยน้ำส้มสายชูหมักและซีอิ๊วญี่ปุ่น คนให้เข้ากัน พักไว้

3. นำปลาแซลมอนคลุกกับเนยให้ทั่ว ย่างให้สุก แล้วหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ
4. นำข้าวดอกกะหล่ำที่เตรียมไว้มาปั้นเป็นก้อนทรงรีขนาดพอดี แล้วห่อด้านข้างด้วยสาหร่าย



คุณค่าทางโภชนาการ ต่อเสิร์ฟ (215 กรัม)

พลังงาน	217	กิโลแคลอรี
โปรตีน	15.8	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.7	กรัม
ไขมัน	14.1	กรัม
โซเดียม	553	มิลลิกรัม

คำสำคัญ : อาหารคีโตเจนิค อาหารคีโต ลดน้ำหนัก

Keywords : ketogenic diet, keto diet, weight loss

เอกสารอ้างอิง

- Bansal A, Rashid C, Xin F, Li C, Polyak E, Duemler A and Simmons RA. 2017. Sex- and Dose-Specific Effects of Maternal Bisphenol A Exposure on Pancreatic Islets of First-and Second-Generation Adult Mice Offspring. *Environmental Health Perspectives*. 125.
- Dashti HM, Mathew TC, Khadada M, Al-Mousawi M, Talib H, Asfar SK, Behbahani AI and Al-Zaid NS. 2007. Beneficial effects of ketogenic diet in obese diabetic subjects. *Mol Cell Biochem*. 302 : 249-256.
- Dowis K and Banga S. 2021. The potential health benefits of the ketogenic diet : a narrative review. *Nutrients*. 13(1654).
- Drabinska N, Wiczowski W and Piskula MK. 2021. Recent advance in the application of a ketogenic diet for obesity management. *Trends in food science and technology*. 110 : 28-38.
- Furukawa K, Shigematus K, Iwase Y, Mikami W, Hoshi H and Nishiyama T. 2018. Clinical effects of one year of chemotherapy with a modified medium-chain triglyceride ketogenic diet on the recurrence of stage IV colon cancer. *J Clin Oncology*. 36(15).
- Goldberg EL, Shchukina I, Asher JL, Sidorov S, Artyomov MN and Dixit VD. 2020. Ketogenesis Activates Metabolically Protective $\gamma\delta$ T Cells in Visceral Adipose Tissue. *Nature Metabolism*. 2 : 50-61.
- Gudzune KA, Doshi RS, Mehta AK, Chaudhry ZW, Jacobs DK and Vakil RM. 2015. Efficacy of commercial weight-loss programs : An updated systematic review. *Annals of Internal Medicine*. 162(7) : 501-512.
- Kong Z, Sun S, Shi Q, Zhang H, Tong TK and Nie J. 2020. Short-Term Ketogenic Diet Improves Abdominal Obesity in Overweight/Obese Chinese Young Females. *Front. Physiol*. 11(856).
- Kossoff EH and Dorward JL. 2008. The modified Atkins diet. *Epilepsia*. 49(8) : 37-41.
- Linkner E and Humphreys C. 2018. Insulin resistance and the metabolic syndrome. 320-333.e5. *In* David R (Ed.), *Integrative medicine* (4th ed).
- Miranda MJ, Turner Z and Magrath G. 2012. Alternative diets to the classical ketogenic diet-Can we be more liberal *Epilepsy Research*. 100 : 278-285.
- Pfeifer HH and Thiele EA. 2005. Low-glycemic-index treatment: A liberalized ketogenic diet for treatment of intractable epilepsy. *Neurology*. 65 : 1810-1812.
- Rezaei S, Harsini S, Kavooosi M, Badv RS and Mahmoudi M. 2018. Efficacy of low glycemic index treatment in epileptic patients : A systematic review. *Acta Neurologica Belgica*. 118(3) : 339-349.
- Samaha FF, Iqbal N, Seshadri P, Chicano KL, Daily DA, McGrory J, Williams T, Williams M, Gracely EJ and Stern LA. 2003. Low-Carbohydrate as Compared with a Low-Fat Diet in Severe Obesity. *N Engl J Med*. 348 : 2074-2081.
- VanItallie TB and Nufert TH. 2003. Ketones: Metabolism's ugly duckling. *Nutrition Reviews*. 61(10) : 327-341.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

อาหาร เป็นวารสารของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดออกทุก 3 เดือน วัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่วิทยาการและเสนอข่าวสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ ส่งเสริมการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น และเป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมอาหารระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภคและหน่วยงานของรัฐ วารสารนี้เผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์

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 รวมถึงการวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูล และนำเสนออภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

2. บทความ (Article)

- 2.1 บทความวิชาการ เป็นบทความทางวิชาการที่รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็น และประสบการณ์ของผู้เขียน
- 2.2 บทความอื่น ๆ เช่น บทความวิเคราะห์ บทความเชิงวิชาการ บทความเชิงสารคดี (Feature) บทความ ความเรียง เป็นต้น

การเตรียมต้นฉบับบทความวิจัยเพื่อลงพิมพ์ในวารสารอาหาร

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 อารวมการตรวจเอกสาร (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

ปารีฉัตร (2555) Fischer (2017)

..... (ปารีฉัตร, 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

ปารีฉัตร และคณะ (2555) Fischer และคณะ (2017)

..... (ปารีฉัตร 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

ข้อฟ้า (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. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือ แต่มิได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย
9. เอกสารอ้างอิง (Reference) เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถสืบค้นเอกสารที่มาได้ โดยให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม
10. บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิล์ม 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 ปฏิกริยาการเกิดสารไนโตรซามีน และระบุ ที่มา : ของตารางและรูป เนื้อหาในตารางและรูปสามารถใช้ภาษาอังกฤษได้ ในกรณีที่บทความเป็นภาษาอังกฤษ คำบรรยายเหนือตารางให้ใช้คำว่า Table เช่น Table 1 Effect of ... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า Figure เช่น Figure 1 Effect of ... และระบุ Source :

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้นอกวงเล็บ และระบุปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บ ตรงที่มาใต้ตารางและรูปภาพดังนี้

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 และ คำว่า 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 อ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศทางปัญญา ให้ระบุชื่อผู้จัดสิทธิบัตร และปีที่จัดสิทธิบัตรดังนี้

พัชรี (2556)

Fraser (2017)

..... (พัชรี, 2556)

..... (Fraser, 2017)

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

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

8.1 เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในตัวบทความ ซึ่งจะช่วยให้ผู้อ่านสามารถไปค้นหามาได้

8.2 บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านควรอ่านเพิ่มเติม

9. บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิล์ม 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 เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบภูมิหลัง หรือเข้าใจบทความได้ละเอียดขึ้น

ก. การเรียงลำดับเอกสาร ไม่ต้องมีเลขกำกับ ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่ง หรือผู้รายงานตามตัวอักษร เริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

ข. การเขียนชื่อผู้เขียน เอกสารภาษาไทยให้ใช้ชื่อเต็ม โดยใช้ชื่อนำหน้า ตามด้วยชื่อสกุล ถ้าเป็นเอกสารภาษาต่างประเทศ ให้เขียนชื่อสกุลขึ้นก่อน ตามด้วยชื่ออื่น ๆ โดยชื่อสกุลให้เขียนเต็ม ส่วนชื่อต้นและชื่อกลางให้เขียนเป็นชื่อย่อใช้อักษรตัวแรกและไม่ต้องใส่จุดที่อักษรย่อ 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 จันทลักษณ์ และ อนันต์ชัย เชื้ออนธรรม. 2535. สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพมหานคร. หน้า 30-35.

ภาษาอังกฤษ:

Talek L and Graham HD. 1983. Leaf protein concentrates. The AVI Publishing 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 ศรีสุทธิพิทักษ์. 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 Richhoff 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 พิทยานุกุล. 2543. วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. <http://www.lib.buu.ac.th> [16 กันยายน 2558].

ผลิตภัณฑ์ได้วงแขนอันตราย. 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 จดหมายอิเล็กทรอนิกส์: 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 ทรนชนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารอาหาร เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิม โดยเฉพาะ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย
2. กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์แก้ไขเรื่องที่จะลงพิมพ์ทุกเรื่องในกรณีที่จำเป็น ต้นฉบับที่แก้ไขแล้วจะแจ้งไปยังผู้เขียนเพื่อความเห็นชอบอีกครั้ง
3. แจ้งเบอร์โทรศัพท์ หรือ e-mail เพื่อติดต่อ เมื่อบทความได้เข้าสู่กระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารอาหาร
4. หากมีการละเมิดสิทธิ์ใด ๆ โดยคณะผู้เขียน คณะผู้เขียนจะเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว





goo.gl/b6dGWD