



ปีที่ 52 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2565

Vol. 52 No. 1 January - March 2022

# Food Journal

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ISSN 0125-1147

## วิชาการ

- ❖ การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์  
ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร
- ❖ โซเดียม การรับรสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียม  
ในผลิตภัณฑ์อาหาร
- ❖ การใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลือง
- ❖ การแพะแมลงกินได้

## ปกินกะ

- ❖ หัวปลี...คุ้มค่าเกินราคา

## เมนูคุ้สุขภาพ

- ❖ แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจนิกเพื่อลดน้ำหนัก



goo.gl/b6dGWD

[www.ifrpd.ku.ac.th](http://www.ifrpd.ku.ac.th)

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อเผยแพร่วิทยาการและเสนอข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีทางอาหาร วิชาการหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ
2. ส่งเสริมการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น
3. เป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภคและหน่วยงานของรัฐ

### Objectives

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

### สำนักงาน

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตู้ป.น. 1043 ปทฟ.เกษตรศาสตร์  
เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10903 โทร. 02 942 8629 ต่อ 1303  
โทรสาร. 02 561 1970

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

### ที่ปรึกษา

ดร.พิศมัย ศรีชาเยช  
อภิญญา จุฑากุร  
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย

### Consultant

Dr. Phisamai Srichayet  
Apinya Chudhangkura  
Janpen Saengprakai

### Editor

Wanida Tewaruth Chitisankul

### Assistant-editor

Dr. Orawan La-onkham

### Editorial-board

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

### Manager

Montatip Thammanitichok Rattanaporn Petchin

### บรรณาธิการ

วนิดา เท华รุษฐ์ ชิลิสรวงศ์กุล  
รองบรรณาธิการ

ดร.อรวราณ ละอองคำ

### กองบรรณาธิการ

ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม	ดร.วนิดา ปานอุทัย
ดร.สมิตรา บุญบำรุง	ดร.อร์ที สวัสติชัยกุล
ดร.ศันสนี ฉุดมระติ	ช่อลัดดา เที่ยงพุก
ดร.นิพัฒน์ ลิ่มสงวน	กนกวรรณ ยอดอินทร์
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ	วาสนา นาราครี

### กองจัดการ

มนฑาทิพย์ ธรรมนิติโชค รัตนพร พิชรัตน์ทรัพย์

## บรรณาธิการ... บอกเล่า

สวัสดีค่ะ ในวารสารอาหารปีที่ 52 ฉบับที่ 1 ของปี พ.ศ. 2565 ท่านจะได้อ่านบทความวิชาการที่มีเนื้อหาหลากหลายที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง และแหล่งโปรตีนใหม่อย่างแมลงด้วย ซึ่งในฉบับนี้จะประกอบไปด้วยบทความวิชาการจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ “การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์สำหรับร่างกายมนุษย์ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร” “โซเดียม การรับรสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร” “การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง” และ “การแพ้แมลงกินได้” ในฉบับนี้ยังมีบทความปกิณกะ เรื่อง “หัวปลี...คุ้มค่าเกินราคา” สำหรับผู้ประกอบการและผู้บริโภคที่สนใจการบริโภคอาหารสุขภาพจากวัตถุดิบภายในประเทศไทย มีราคาน้ำหนัก แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสำหรับเมนูคู่สุขภาพ เราขอนำเสนอเรื่อง “แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจ็นิกเพื่อลดน้ำหนัก” ค่ะ

ทางทีมงานโครงสร้างความอนุเคราะห์ให้ท่านผู้อ่านตอบแบบสอบถามผ่าน QR code ท่านสามารถแสดงความคิดเห็นต่อวารสารอาหารในด้านต่าง ๆ เพิ่มเติม รายละเอียดทีมงานได้ที่อีเมล fic.ifrpdp@gmail.com เรายินดีรับคำแนะนำจากท่านตลอดเวลาจะนะ จะเพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานค่ะ และขอขอบคุณล่วงหน้ามา ณ ที่นี่



แบบสอบถาม

ข้อมูล ทราบนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารอาหาร เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ  
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย





# FOOD JOURNAL

ปีที่ 52 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2565

Vol. 52 No. 1 January - March 2022

## CONTENTS

### วิชาการ

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

### บกิณกะ

- 48 หัวปลี...คุ้มค่าเกินราคา  
Banana blossom... worth more than the price  
โดย ช่อลัดดา เที่ยงพุก (Chowladda Teangpook)

### เมนูคู่สุขภาพ

- 58 แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจ็นิกเพื่อลดน้ำหนัก  
Ketogenic diet guidelines for weight loss  
โดย 瓦สนา นาราครี (Wassana Narasri)
- 65 คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

# การปรับสมดุลไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ในร่างกายมนุษย์ ด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร

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

ดร.จุฑามาศ กลินโซดา (Dr. Jutamat Klinsoda)

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ (Department of Applied Microbiology)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

## จุดเด่น

- ❖ เครื่องเทศและสมุนไพรมีคุณสมบัติเขิงหน้าที่ต่อร่างกายมนุษย์
- ❖ 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 จัดว่าเป็นแหล่งของสารประกอบไฟโตเคมีคอล (phytochemicals) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นอาหารแก่จุลินทรีย์ในร่างกาย ตัวอย่างเครื่องเทศและสมุนไพรที่มีงานวิจัยยืนยันการใช้ประโยชน์และได้รับความนิยมไปทั่วโลก จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ ขมิ้นชัน (turmeric) ยี่หร่า (cumin) เปปเปอร์มิ้น (peppermint) จิง (ginger) ดอกอิขิเนเชีย (echinacea) อบเชย (cinnamon) พริก (chili) พาร์สเลีย (parsley) ออริกาโน (oregano) และกระวน (cardamom) โดยสารประกอบไฟโตเคมีคอลในเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ลำไส้ ทำให้เสริมสร้างหน้าที่การป้องกันของลำไส้ (intestinal barrier function) และการตอบสนองระบบภูมิคุ้มกัน (immune response) ดังนั้นการรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรที่เป็นแหล่งของเส้นใยและไฟโตเคมีคอล (phytochemicals) ในปริมาณที่เหมาะสม จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนสมดุลของไมโครไบโอมจุลินทรีย์ ลำไส้ได้ เพื่อให้มีการเติบโตของแบคทีเรียโปรดีไซโรติกกัม Lactobacillus หรือ *Bifidobacterium* อีกทั้งการมี

อัตราส่วนของจุลินทรีย์ในไฟลัม Firmicutes และ Bacteroidetes ที่สมดุล จะช่วยให้มนุษย์มีสุขภาพดีและลดโอกาสการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วนและโรคลำไส้อักเสบเรื้อรัง เป็นต้น

**คำสำคัญ :** เครื่องเทศ สมุนไพร ไมโครไบโอเจ็มจุลินทรีย์ลำไส้

**Keywords :** spices, herbs, gut microbiome

## เครื่องเทศและสมุนไพรและคุณสมบัติเชิงหน้าที่ (spices and herbs, and its functionality)

เครื่องเทศและสมุนไพร เป็นส่วนผสมของอาหารและยาที่ผลิตได้จากส่วนประกอบของพืช เช่น ราก ลำต้น ใน ผล เป็นต้น ซึ่งแต่ละส่วนของพืชจะมีคุณสมบัติและให้ประโยชน์แตกต่างกัน โดยเครื่องเทศและสมุนไพรจัดว่าเป็นแหล่งสำคัญของสารประกอบไฟโตเคมีคอล (phytochemicals) ซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนและการกระจายตัวที่เฉพาะ จึงมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่หลากหลายต่อจุลินทรีย์ เช่น การยับยั้งแบคทีเรีย ไวรัส รา และปรสิต ดังนั้นไฟโตเคมีคอลจึงนิยมใช้ในการรักษาทางการแพทย์ในหลายประเทศ มีการขยายการใช้ประโยชน์ในหลายวิธีการรวมถึงผลิตภัณฑ์ของมนุษย์และสัตว์ ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงผลิตต่อไป และมีผลข้างเคียงที่น้อยกว่าเมื่อใช้อย่างเหมาะสม (Martínez and Más, 2020) ปัจจุบันมีงานวิจัยยืนยันคุณประโยชน์ของเครื่องเทศและสมุนไพร เช่น การยับยั้งกระบวนการอักเสบ การต้านระบบภูมิคุ้มกัน การป้องกันไข้หวัด การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสก่อโรค เป็นต้น ในทางการค้าเครื่องเทศและสมุนไพรจึงขายในหลากหลายรูปแบบ ทั้งเป็นวัตถุดิบ ยา สารสกัด และอาหารเสริม โดยกลุ่มของเครื่องเทศและสมุนไพรที่ได้รับความนิยมไปทั่วโลก มีจำนวน 10 ชนิด คือ ขมิ้นชัน (turmeric) ยี่หร่า (cumin) เปเปเปอร์มิ้น (peppermint) ขิง (ginger) ดอกอิชิเนเซีย (echinacea) อบเชย (cinnamon) พริก (chili) พาร์สเลีย (parsley) ออริกาโน (oregano) และกระวน (cardamom) (Lindsay, 2021) (ตารางที่ 1)

ซึ่งมีรายงานวิจัยยืนยันคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์ การรักษาโรค และมีผลต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ ดังนี้

**ขมิ้นชัน (turmeric)** มีสารสำคัญชื่อ curcumin มีสรรพคุณทางยา ซึ่งมีฤทธิ์ลดการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการแข็งตัวของเลือดป้องกันการเกิดลิ่มเลือดอุดตัน รักษาอาการเกี่ยวกับทางเดินอาหารและโรคกระเพาะ และโรคติดเชื้อไวรัสหรือแบคทีเรีย ขมิ้นชันมักใช้เป็นเครื่องเทศในอาหาร เช่น แกงกระหรี่หรือใช้ผสมเพื่อเป็นสีในอาหาร เช่น มัสดาร์ด ชีสเนย เป็นต้น นอกจากนี้มีงานวิจัยพบว่า ขมิ้นชันสามารถฆ่าเชื้อไวรัส หรือแบคทีเรียนหลอดทดลองได้ รวมทั้งยับยั้งการแบ่งเซลล์ของเชื้อไวรัสโคโรนา-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2; SARS-CoV-2) ที่ก่อโรคโควิด 19 ในหลอดทดลอง (Lindsay, 2021) ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าสนใจ แต่ยังต้องการงานวิจัยศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

**ยี่หร่า (cumin)** มีสารสำคัญชื่อ cumin aldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก ในน้ำมันหอมระ夷มีสารต้านอนุมูลอิสระ การทดลองในหลอดทดลองพบว่า สารสกัดจากยี่หร่ามีฤทธิ์ในการเพิ่มการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยย่อยอาหาร ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553) มีรายงานวิจัยพบว่า สารสกัดมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อ *Helicobacter pylori* ในหลอดทดลอง ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่พบในกระเพาะ

อาหารและทำให้เกิดอาการท้องอืดและแพลงในกระเพาะ ยิ่หร่าจึงเป็นสมุนไพรที่มีการนำมาใช้ในตำรับยาแผนโบราณของไทยหลายตำรับ รวมทั้งเป็นวัตถุดีบเครื่องเทศปรุงอาหาร

**เปเปเปอร์มิน (peppermint)** มีสารสำคัญเป็นกลุ่มน้ำมันหอมระ夷ซึ่งมีเมนโอล (menthol) และ เมนโธน (menthone) มีสรรพคุณในการช่วยข้อโรค และเชื้อไวรัส มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็ง จากการทดสอบฤทธิ์ของสารสกัดเปเปเปอร์มิน ซึ่งออกฤทธิ์ที่ระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ เป็นหลัก จึงช่วยบรรเทาอาการไอ ติดเชื้อในลำคอและต้านสารก่อภูมิแพ้บางชนิด นอกจากนี้เปเปเปอร์มิน อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ หลายชนิด เช่น เปต้าแครโตรีน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี ราตุแคลเซียม ราตุฟอสฟอรัส ราตุเหล็ก เป็นต้น จึงนิยมใช้เป็นยาชงจากใบนำมาดีมเพื่อช่วยย่อยอาหาร และใช้ประกอบอาหาร (Medthai, 2017a)

**ขิง (ginger)** มีสารสำคัญชื่อ gingerol ซึ่งมีฤทธิ์ลดการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระ ส่วนที่นำมาใช้คือ ราก ช่วยรักษาอาการคลื่นไส้อาเจียน โรคกระเพาะ และลำไส้แปรปรวน นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่า ขิงสามารถต้านมะเร็ง เนื่องจากมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง จึงช่วยลดอัตราการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็ง หยุดการทำงานของโปรตีนหรือกระบวนการส่งสัญญาณที่ทำให้เกิดมะเร็ง (Lindsay, 2021) ขิงยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินซี เปต้าแครโตรีน ราตุเหล็ก ราตุแคลเซียม และราตุฟอสฟอรัส ทั้งยังมีโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยจำนวนมากอีกด้วย (Medthai, 2017b) จึงมีประโยชน์มาก

ต่อร่างกายและนิยมใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารและเครื่องดื่มทั่วโลก

**ดอกอชิเนเชีย (echinacea)** มีสารสำคัญชื่อ cichoric acid ดอกอชิเนเชียเป็นดอกไม้สมุนไพรที่มีสรรพคุณกระตุนระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและป้องกันไข้หวัด จึงนิยมใช้ในการป้องกันและรักษาอาการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย โรคหูชั้นกลางอักเสบ และโรคปอดอักเสบ หรือปอดบวม (Lindsay, 2021) นอกจากนี้ดอกอชิเนเชียมีฤทธิ์ต่อสู้กับการติดเชื้อไวรัสได้ดีจึงนิยมรับประทานในรูปแบบอาหารเสริมเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แข็งแรง

**อบเชย (cinnamon)** มีสารสำคัญชื่อ tannins มีสรรพคุณต้านการติดเชื้อ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านการอักเสบ ต้านมะเร็ง และลดระดับน้ำตาลในเลือด รักษาโรคเบาหวาน และกระตุนให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น (Lindsay, 2021) น้ำมันในอบเชยช่วยกระตุนความอยากอาหาร เปลือกอบเชยนิยมนำมาใช้เป็นเครื่องเทศ และยาสมุนไพรช่วยลดการบีบตัวของลำไส้ช่วยป้องกันท้องเสีย

**พริก (chili)** มีสารสำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ capsaicin และ oleoresin โดยเฉพาะสาร capsaicin มีสรรพคุณต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ช่วยฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร และช่วยเสริมสร้างคอลลาเจนในร่างกาย พริกอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 6 วิตามินซี ราตุแมกนีเซียม ราตุโพแทสเซียม ราตุเหล็ก และใบอาหาร เป็นต้น (Medthai, 2017c) สาร capsaicin นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้ในการประกอบอาหาร ปรุงแต่งอาหาร เพราะพริกช่วย

กระตุ้นให้อยากอาหารมากขึ้น มีงานวิจัยยืนยันว่าการรับประทานพริกสมำเสมอจะลดโอกาสการเกิดโรคหัวใจได้ถึงร้อยละ 26 และการตายจากโรคมะเร็งได้ถึงร้อยละ 23 (Lindsay, 2021)

**พาร์สลีย์ (parsley)** มีสารสำคัญชื่อ apigenin หรือ apiole และ β-carotene มีสรรคุณต้านอนุมูลอิสระ ต้านมะเร็งเต้านม มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดความดันโลหิต ต้านเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ยีสต์ ช่วยกระตุนการทำงานของไต เพิ่มการดูดซึมธาตุเหล็ก และป้องกันการเกิดโรคโลหิตจาง พาร์สลีย์เป็นผักที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ สูงมาก ได้แก่ β-carotene วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินซี และวิตามินอี ซึ่งสูงมากกว่าผักหล่ายชนิดและยังมีธาตุเหล็กและโปรตีนสูงอีกด้วย ใบพาร์สลีย์มีกลิ่นหอมฉุนนิยมน้ำมำใช้ประดับตกแต่งในจานอาหารให้ดูน่ารับประทาน หรือนำมาสับเพื่อแต่งอาหารในข้าวสุดท้ายของการปรุง นำมาผสานแต่งกลิ่นและรสในน้ำสลัดและซอส ใช้ผสมในเครื่องหมักเนื้อเป็นที่นิยมในอาหารยุโรป (Medthai, 2017d)

**ออริกาโน (oregano)** มีสารสำคัญชื่อ carvacrol เป็นสารหลักในน้ำมันออริกาโน มีสรรคุณช่วยกำจัดไขมันในเลือด ควบคุมสมดุลน้ำตาลในเลือด มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และรักษาโรคมะเร็ง (Lindsay, 2021) สาร carvacrol ทำหน้าที่ช่วยกำจัดแบคทีเรียชนิดก่อโรค เชื้อรา ยีสต์ และเชื้อprotozoaตามธรรมชาติ รวมไปถึงยังสามารถกำจัดพยาธิในทางเดินอาหารได้ด้วย มีประโยชน์ต่อสุขภาพของลำไส้ ซึ่งส่วนใหญ่อาการของลำไส้ ได้แก่ ท้องเสียปวดท้อง และท้องอืด มักอาจเกิดจากปรสิตในลำไส้ นอกจากนี้ยังมีรายงานด้านการนำน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมาใช้สำหรับต้านเชื้อไวรัส (Lindsay, 2021)

ส่วนในการปรุงอาหาร ออริกาโนสามารถทนได้ทั้งแบบสดและแบบแห้ง ซึ่งนิยมใช้แบบแห้งมากกว่าในสด

**กระวน (cardamom)** มีสารสำคัญคือ กลุ่มของน้ำมันหอมระเหย เช่น camphor, pinene, limonene, myrcene, phenolic acids และ sterols มีสรรคุณยับยั้งการอักเสบ ต้านจุลินทรีย์ บำรุงเลือด และแก้อาการเกร็งของลำไส้ มีฤทธิ์การยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร (คณะเภสัชศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553) กระวนนิยมใช้ในการประกอบอาหาร เป็นเครื่องเทศในน้ำพริกแกงเผ็ด แกงมัสมั่น แกงกะหรี่ ใช้แต่งกลิ่นและสีของอาหาร หล่ายชนิด ช่วยให้เจริญอาหารและมีฤทธิ์เป็นยาшибาย นอกจากนี้มีงานวิจัยในหนูทดลองพบว่า กระวนจะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลี-เซอไรด์ในหนูที่เป็นโรคอ้วน (Lindsay, 2021)

จะเห็นได้ว่าเครื่องเทศและสมุนไพรเหล่านี้ มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ค่อนข้างหลากหลายตามสารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของพืช การรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรโดยใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหารทำให้อาหารที่เราบริโภคมีประโยชน์ต่อร่างกายสามารถเป็นยาในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค โดยขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์และกระบวนการเมแทabolism ของร่างกายมนุษย์ (human metabolism) และจุลินทรีย์ในร่างกาย (bacterial metabolism) (Gritz and Bhandari, 2015)

ตารางที่ 1 สารสำคัญและสรรพคุณของเครื่องเทศและสมุนไพรในอาหาร

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

ออริกาโน (oregano)	carvacrol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• กำจัดไขมันในเลือด</li> <li>• ควบคุมสมดุลน้ำตาลในเลือด</li> <li>• มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง</li> <li>• กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน</li> <li>• รักษาโรคมะเร็ง</li> </ul>
กระวาน (cardamom)	น้ำมันหอมระ夷	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ยับยั้งการอักเสบ</li> <li>• ต้านจุลินทรีย์</li> <li>• บำรุงเลือด</li> <li>• การยับยั้งการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร</li> </ul>

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) ในปริมาณสูง รวมทั้งกลุ่มของสารประกอบไฟโตเคมีคอล และสารเมแทabolites ไอล์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) (Zheng et al., 2020) จากกระบวนการสังเคราะห์สารประกอบไฟโตเคมีคอลในเครื่องเทศและสมุนไพร แบ่งออกเป็น 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

สารประกอบไฟโตเคมีคอลและสารเมแทabolites ไอล์ทุติยภูมิเหล่านี้ที่พบในสมุนไพรและเครื่องเทศ มีงานวิจัยยืนยันว่า สารประกอบในเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดมีผลต่อ กิจกรรมของจุลินทรีย์ลำไส้ เช่น เพิ่มความสามารถในการยึดเกาะเซลล์เยื่อหุ้มผนังลำไส้ (intestinal membrane) ยับยั้งการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ ก่อโรคเข้าสู่ร่างกาย (bacterial translocation) และเสริมสร้างหน้าที่ป้องกันของลำไส้ (intestinal barrier function) (Lin and Zhang, 2017) จากการวิจัยพบว่า การใช้ยาที่เป็นสารสังเคราะห์บางครั้งก่อให้เกิดอันตรายมากกว่าอันตรายของโรคที่ต้องการรักษา บางครั้งทำให้เกิดความเป็นพิษ (toxic effect) และการกลایพันธุ์ (mutagenic effects) นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า เครื่องเทศและสมุนไพรมีผลต่อเมแทabolites ของจุลินทรีย์ลำไส้ (gut microbiota) ในมนุษย์ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในไฟลัม

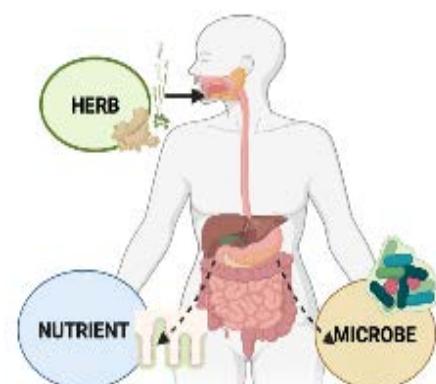
*Actinobacteria, Bacteroides, Firmicutes* และ *Proteobacteria* โดยมีการค้นพบเส้นทางการเปลี่ยนแปลงสาร (pathway) 2 ทฤษฎี ดังนี้

ทฤษฎีที่ 1 การย่อย (digestion) กล่าวคือ จุลินทรีย์ในลำไส้ (gut microbiota) ย่อยสมุนไพรในรูปโมเลกุลขนาดเล็กที่ดูดซึมง่าย เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้ว ส่งผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกาย (รูปที่ 1A) สามารถอธิบายได้ดังนี้ เครื่องเทศและสมุนไพร ส่วนใหญ่เมื่อเข้าสู่ร่างกายทางปากและเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารจะมีปฏิสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ในลำไส้ เพราะมีสารไฟโตเคมีcolon เป็นสารอาหารที่ให้ประโยชน์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งเคมีและกายภาพ จากเนoenzyme ในระบบย่อยอาหาร ดังนั้นสารอาหารจากเครื่องเทศและสมุนไพรจึงเป็นอาหารของทั้งมนุษย์ และจุลินทรีย์ โดยสารประกอบพวงคาร์บอไฮเดรต โมเลกุลสายสั้นส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมในลำไส้ส่วนต้น ช่วง duodenum และ jejunum ซึ่งทำให้ร่างกายของมนุษย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Zheng et al., 2020)

ทฤษฎีที่ 2 การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ (gut microbiota change) กล่าวคือ เมื่อรับประทานสมุนไพรเข้าไปแล้วส่งผลต่อจุลินทรีย์ในลำไส้ (gut microbiota) และสารประกอบที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (secretion) หรือสารเมแทabolites (metabolites) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของร่างกาย (physiological changes) (รูปที่ 1B) สามารถอธิบายได้ดังนี้ โครงสร้างของสารประกอบพวงคาร์บอไฮเดรต โมเลกุลสายยาว หรือ โครงสร้างแบบซับซ้อน (complex carbohydrate) ที่พบได้ในธรรมชาติในโครงสร้างพืชหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลแอลกอฮอล์ โอลิโกฟรอกโตส โอลิโกแซคคาไรด์ และโอลิโภนูลิน เป็นต้น จะถูกย่อยเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้เล็ก ส่วนปลาย ตั้งแต่ส่วน ileum จนเข้าสู่กระบวนการ

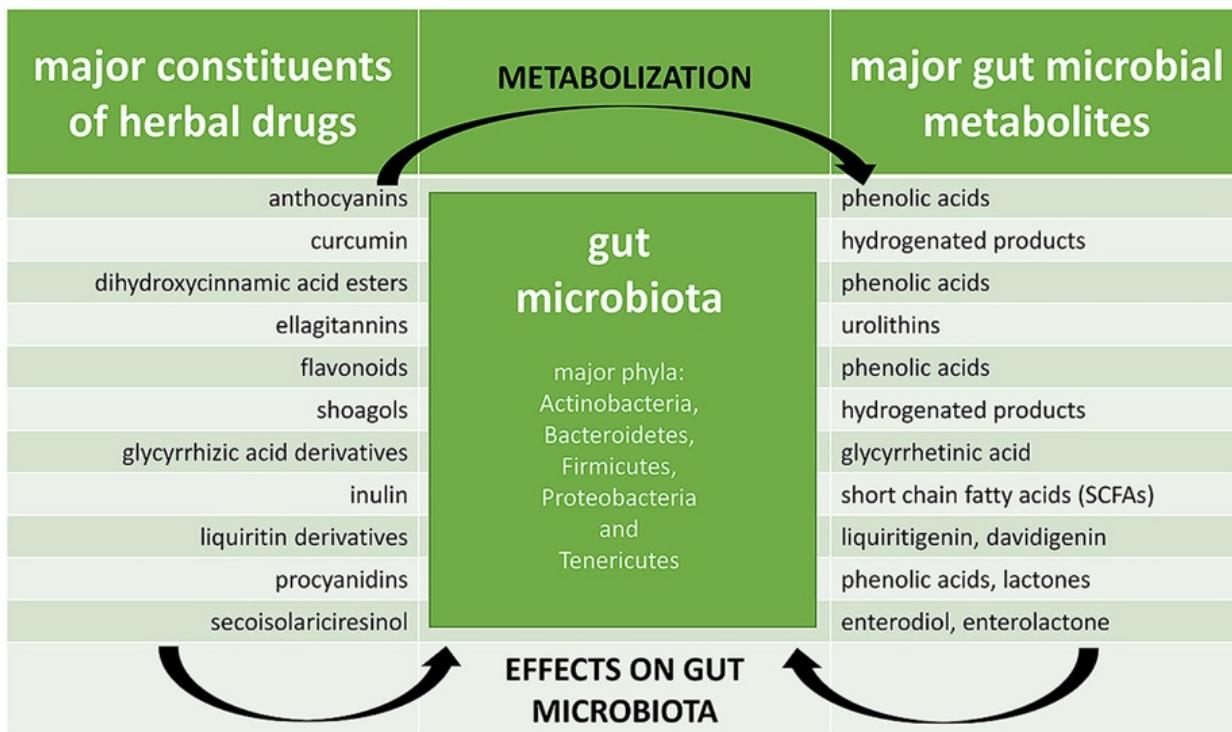
หมักในลำไส้ใหญ่แล้วเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงเป็นเหตุผลว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากลำไส้เล็ก (ประมาณ  $10^3$ - $10^7$  cells/g) มีปริมาณน้อยกว่าในขณะที่จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น (ประมาณ  $10^{12}$  cells/g) (Zheng et al., 2020)

จากการค้นพบดังกล่าว มีงานวิจัยมากมายพยายามศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในลำไส้ เพื่อทดสอบคุณสมบัติของเครื่องเทศและสมุนไพร หลายชนิด เพื่อนำการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างสารประกอบในเครื่องเทศ และสมุนไพรที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้ ในพาร์สลีมีสาร anthocyanins หรือ flavonoid จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็น phenolic acid ซึ่งมีขนาดเล็กลง ในขมิ้นชันมีสาร 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 และการพัฒนารักษาระบบทางเดินอาหาร (An et al., 2019)



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

B

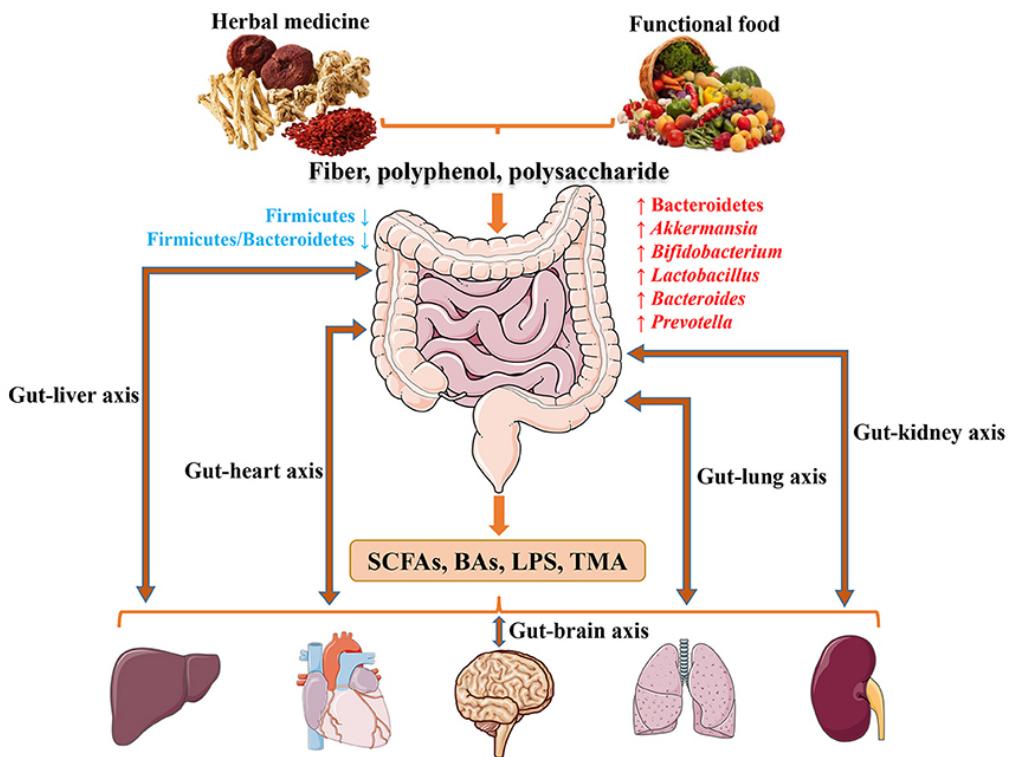


รูปที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสารประกอบจากยาสมุนไพรและผลต่อจุลินทรีย์ลำไส้ : A-ทฤษฎีการย่อย B-ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ในลำไส้ (ต่อ)  
ที่มา : Thumann *et al.* (2019)

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

ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์เป็นสิ่งที่ซับซ้อน ปฏิสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ลำไส้กับร่างกายมนุษย์ (interplay between gut microbiota and host) มักเกิดขึ้นเมื่อจุลินทรีย์ (microbes) สัมผัสกับผนังกั้นเยื่อเมือกของกระเพาะ (mucosal barriers) และเกิดกระบวนการส่งสัญญาณในร่างกายและการป้องกันสิ่งแผลกปลอมจากทางเดินอาหารไม่ให้เข้าสู่อวัยวะหรือระบบหมุนเวียนในร่างกาย (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) และสารเมแทบอลอไลต์ (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) เมื่อกีดภาวะเสียสมดุลจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ จะส่งผลทั้งเรื่องการดูดซึมสารอาหารและการหมักอาหาร (nutrient absorption and food fermentation) การควบคุมระบบภูมิคุ้มกันร่างกาย (modulation of the immune system) และกระบวนการป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรค (physiological mechanisms against pathogens) (Conlon and Bird, 2015) ดังนั้นการรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถปรับเปลี่ยนสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ได้ โดยแนวทางดังต่อไปนี้

### 1. การส่งเสริมการเติบโตของแบคทีเรียโพติกกลุ่มแลคโตแบซิลัส (*Lactobacillus*)

เครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดที่มีโครงสร้างcarbohydrateไปไขเดรตเชิงซ้อน (complex carbohydrate)

จะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ในลำไส้ส่วนปลายเครื่องเทศและสมุนไพรที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโพติกในระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะกลุ่มแลคโตแบซิลัส จัดว่ามีคุณสมบัติเป็นพิเศษไปอโติก มีงานวิจัยพบว่าปริมาณโพลีแซกคาไรด์มีฤทธิ์ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียโพติกในลำไส้ พบการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียโพติกในลำไส้สร้าง bacteriocin มากับยั่งแบคทีเรียแกรมบวกที่ก่อโรคบางชนิด หรือแข่งขันการยึดเกาะผนังลำไส้กับแบคทีเรียแกรมลบทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงลดโอกาสการเกิดโรค อีกทั้งการเพิ่มการยึดเกาะของแบคทีเรียโพติกที่ผนังลำไส้ 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*

เครื่องเทศและสมุนไพรที่มีเส้นใยและมีคุณสมบัติพิเศษอย่างเช่นสามารถปรับเปลี่ยนสัดส่วนจำนวนประชากรกลุ่ม *Firmicutes* และ *Bacteroidetes* ได้ จากรายงานวิจัยพบว่า *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

การรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรซึ่งเป็นแหล่งของสารประกอบไฟโตเคมีคอลเลอตานีเป็นสารธรรมชาติ มีความปลอดภัยมากกว่าสารออกฤทธิ์ที่คิดค้นและนำมาผลิตเป็นยาและอาหารเสริมหรือวัตถุดิบประกอบอาหาร จะเห็นว่าเครื่องเทศและสมุนไพรมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ต่อร่างกายมนุษย์ ช่วยในการรักษาโรคได้ อีกทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ของเครื่องเทศและสมุนไพรกับจุลินทรีย์ลำไส้มีผลต่อการเจริญเติบโตและสมดุลของไมโครไบโอมจุลินทรีย์ในลำไส้ซึ่งส่งผลต่อการมีสุขภาพดี การตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกัน และการป้องกันการติดเชื้อ ดังนั้นการรับประทานเครื่องเทศและสมุนไพรในปริมาณที่เหมาะสมจึงสามารถปรับเปลี่ยนไมโครไบโอมจุลินทรีย์ลำไส้ให้สมดุลได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาในเชิงลึกยังเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยต้องเริ่มจากการศึกษาผ่านโมเดลจำลองของระบบทางเดินอาหาร การศึกษาในสัตว์ทดลอง และการศึกษาในมนุษย์ ตามลำดับ เพื่อผลการทดลองที่มีความแม่นยำ และผลิตภัณฑ์เครื่องเทศและสมุนไพรควรผ่านการทดสอบต่อไมโครไบโอมก่อนนำมาต่อยอดจำหน่ายในเชิงการค้า

#### เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการสุขภาพอนามัยและเอนไซม์ 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. สาระแทน ส共和国และประโยชน์ของสาระแทน 41 ข้อ. <https://medthai.com/สาระแทน/> [16 กันยายน 2564].
- Medthai. 2017b. จิง สารพคุณและประโยชน์ของจิง 65 ข้อ. <https://medthai.com/จิง/> [16 กันยายน 2564].
- Medthai. 2017c. พริก สารพคุณและประโยชน์ของพริก 36 ข้อ. <https://medthai.com/พริก/> [16 กันยายน 2564].
- Medthai. 2017d. 16 สารพคุณและประโยชน์ของพาร์สเลี่ย (Parsley). <https://medthai.com/พาร์สเลี่ย/> [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 การรับรสเค็มและการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร

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) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้ผู้บริโภค มีแนวโน้มในการรับประทานอาหารโซเดียมสูงเพิ่มขึ้น การบริโภคโซเดียมในปริมาณมากเกินความต้องการของร่างกายนำไปสู่การเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง ต่าง ๆ ได้แก่ โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคไต และอัมพฤกษ์อัมพาต เป็นต้น โดยปกติร่างกายคนเราต้องการโซเดียมเฉลี่ยวันละไม่เกิน 2,000 มิลลิกรัม หรือเทียบเท่ากับเกลือประมาณ 1 ช้อนชา แต่จากผลการสำรวจที่ผ่านมาในประเทศไทย ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย พบว่าประชากรส่วนใหญ่บริโภคโซเดียมมากเกินกว่าความต้องการของร่างกาย 2-3 เท่า และถ้าไม่ได้รับการควบคุมอาจทำให้อัตราการเจ็บป่วยจากโรคเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคโซเดียมเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ปัจจุบันจึงได้มีการศึกษาแนวทางการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อลดผลกระทบต่อร่างกาย คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ และการยอมรับของผู้บริโภค เพื่อหวังผลให้ประชาชนบริโภคโซเดียมให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและนำไปสู่การลดลงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคโซเดียม

**คำสำคัญ** : การรับประทาน เศรษฐี ลดโซเดียม ผลิตภัณฑ์อาหาร

**Keywords :** salt taste perception, sodium reduction, food products

## เกลือ โซเดียม และการรับประคิม

เกลือ เป็นสารให้รสเค็มใช้ปูรุงแต่งรสชาติอาหาร และใช้ในการแปรรูปอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เกลือมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride) ประกอบด้วยแร่ธาตุสองชนิด คือโซเดียมไฮโอน ( $\text{Na}^+$ ) ร้อยละ 40 และคลอไรด์ไฮโอน ( $\text{Cl}^-$ ) ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก หมายความว่า ในเกลือ 1 กรัม จะมีโซเดียมเป็นองค์ประกอบ 0.4 กรัม หรือ 400 มิลลิกรัม และคลอไรด์ 0.6 กรัม หรือ 600

มิลลิกรัม เกลือที่นิยมใช้ในการปรงอาหารแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือเกลือบริโภคเสริมไฮโอดีน (table salt) และเกลือทะเล (sea salt) ซึ่งจะมีปริมาณโซเดียมแตกต่างกันเล็กน้อยขึ้นกับการเจือปนของแร่ธาตุอื่น ๆ และกรรมวิธีการผลิต จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณโซเดียมในเกลือแต่ละประเภทมีค่าระหว่าง 324-374 มิลลิกรัม/กรัม สำหรับแร่ธาตุอื่น ได้แก่ โพแทสเซียม และแมgnีเซียม พบร้าในเกลือทะเลและดอกเกลือมีแร่ธาตุดังกล่าวสูงกว่าเกลือบริโภค ดังตารางที่ 1

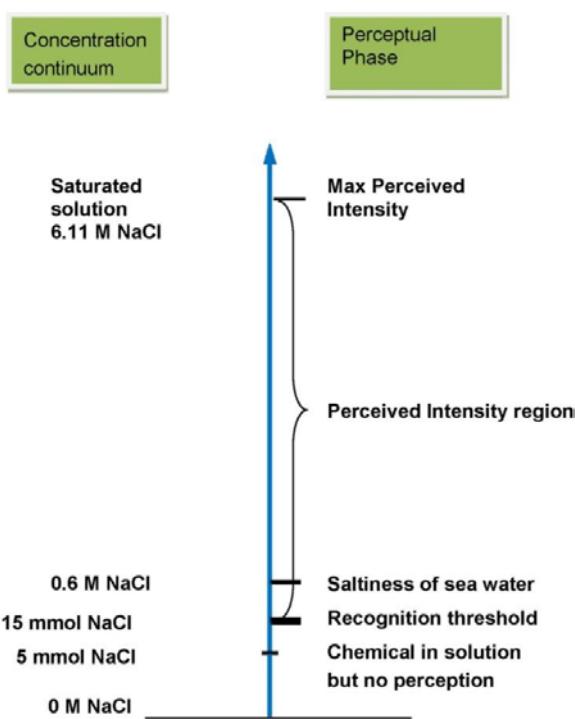
ตารางที่ 1 ค่าความชื้นและปริมาณแร่ธาตุในเกลือ 3 ชนิดที่นิยมใช้ในการปรุงอาหาร

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

โซเดียม ( $\text{Na}^+$ ) เป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกาย ใช้ในการรักษาสมดุลของแร่ดังนี้ของเหลวควบคุมความเป็นกรดและด่าง ควบคุมการทำงานของหัวใจ และช่วยในกระบวนการส่งสัญญาณประสาทเพื่อควบคุมการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Patel, 2009) ร่างกายของคนเราจะไม่สามารถผลิตโซเดียมได้เอง ต้องได้รับโซเดียมจากการบริโภคอาหารเป็นหลัก แหล่งสำคัญของโซเดียมคือเกลือ และเครื่องปรุงที่มีเกลือเป็นส่วนประกอบ เช่นน้ำปลา ซอสถั่วเหลือง น้ำมันหอย กะปิ ปลาร้า ปลาเค็ม เป็นต้น รวมถึงพbmมากในอาหารแปรรูปและอาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น ปลาเค็ม ไข่เค็ม ผักและผลไม้ดอง เนื้อสัตว์แปรรูป บหหมีกึ่งสำเร็จรูป และขนมขบเคี้ยว เป็นต้น อาหารกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีรสชาติเค็มสัมพันธ์ กับปริมาณเกลือที่เป็นส่วนประกอบ นอกจานนี้แร่ธาตุ

การรับสเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมบริโภค การรับสเริ่มขึ้นเมื่ออาหารเข้าสู่ช่องปากไปกระทบให้ปุ่มรับสที่ผิวลิน (papilla) ซึ่งประกอบด้วยตุ่มรับส (taste bud) เล็ก ๆ อยู่ภายในซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวรับรสชาติ เมื่อมีอาหารหรือสารเคมีมากระตุ้นตุ่มรับสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ของเซลล์รับส (taste cell) และเกิดกระแสไฟฟ้าส่งไปตามเส้นประสาทสมองคู่ที่ 7 ซึ่งรับสจากบริเวณปลายลิ้นและด้านข้างของลิ้น (2/3 ส่วนของลิ้นด้านหน้า) และประสาทสมองคู่ที่ 9 รับสจากบริเวณโคนลิ้น (1/3 ส่วนด้านโคนลิ้น) เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าส่งไปยังบริเวณสมองส่วนกลาง ซึ่งเป็นบริเวณศูนย์รับสเพื่อแปลผลว่าเป็นรสชาติอะไร โดยมนุษย์สามารถแยกการรู้รสชาติต่าง ๆ ได้กว้าง ๆ เป็น 4 รสชาติ คือ รสหวาน รสเค็ม รสขม และรสเปรี้ยว โดยตุ่มรับสของทั้ง 4 รสชาติ จะกระจายอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ ของลิ้น ได้แก่ รสหวานบริเวณปลายลิ้น รสเปรี้ยวจากด้านข้างของลิ้น รสขมที่โคนลิ้น และรสเค็มตามแนวขอบลิ้น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เซลล์รับสแต่ละเซลล์สามารถตอบสนองได้ทั้ง 4 รสชาติ แต่อาจมีระดับการตอบสนองไม่เท่ากันเนื่องจากเซลล์รับสแต่ละเซลล์อาจมี protein receptor ต่อรสชาติหลายชนิด (Keast and Breslin, 2003) เมื่อรับประทานอาหารที่มีเกลือเป็นส่วนประกอบจะเกิดจากการแตกตัวของโซเดียมคลอไรด์ในช่องปากเป็นโซเดียมไอออน ( $\text{Na}^+$ ) ผ่านเข้ามาในเซลล์รับสทางช่องโซเดียมอิสระ (voltage-independent  $\text{Na}^+$  channel) ซึ่งจะกระตุ้นให้เกิดศักย์ไฟฟ้า และส่งสัญญาณประสาทไปยังสมองเพื่อแปลผลรสชาติที่เกิดขึ้น โดยความเข้มข้นของสารละลายเกลือที่คนทั่วไปรับรู้ได้ว่าคือ 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 จะส่งผลให้เกิดความเครียดซึ่งต่อสุขภาพไม่ดี ดังนั้นการบริโภคอาหารที่มีรสชาติเค็ม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้ผู้บริโภค มีแนวโน้มในการรับประทานอาหารโซเดียมสูงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ป่วยโรคเรื้อรังต่าง ๆ โดยเฉพาะกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับการรับประทานอาหารโซเดียมสูง เช่น โรคความดันโลหิตสูงและโรคไตเรื้อรัง มีความเครียดซึ่งต่อสุขภาพไม่ดี ดังนั้นการลดการบริโภคโซเดียมสูงจะช่วยให้ต่อมรับรสค่อย ๆ ปรับสภาพ ไวต่อการรับรสเค็มมากขึ้น และจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือรูปแบบการบริโภคอาหารในระยะยาวต่อไป



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

การบริโภคโซเดียมสูงส่งผลกระทบเชิงลบต่อสุขภาพ นำไปสู่การเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง องค์กรอนามัยโลกกำหนดแผนการดำเนินงานเพื่อลดการบริโภคโซเดียมในประชากร โดยตั้งเป้าหมายให้มีการ “ลดการบริโภคโซเดียมในประชากรลงร้อยละ 30 ภายในปี ค.ศ. 2023 และรณรงค์ให้ประชากรบริโภคโซเดียมน้อยกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อวัน หรือเกลือน้อยกว่า 5 กรัมต่อวัน” โดยมีการกำหนดแนวทางการดำเนินงานให้ประเทศต่าง ๆ นำไปปรับใช้เพื่อลดการบริโภคโซเดียมในประชากร ดังนี้

1. การปรับเปลี่ยน/ พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีปริมาณเกลือ / โซเดียมลดลง (product reformulation) : เป็นมาตรการที่อาศัยความร่วมมือจากภาคอุตสาหกรรมอาหารในการปรับเปลี่ยนสูตรให้มีปริมาณโซเดียมลดลง

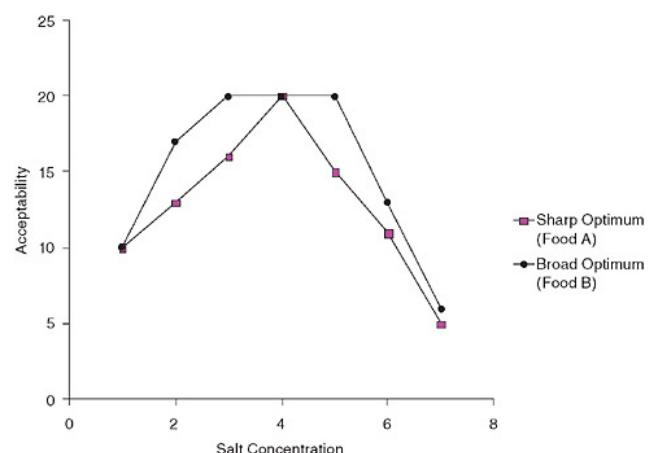
2. การให้ความรู้และสร้างความตระหนักรู้ในกลุ่มผู้บริโภค (consumer awareness and education campaigns) : เป็นการสื่อสารข้อมูลในการบริโภคโซเดียมที่ถูกต้องให้กับผู้บริโภค โดยการใช้ข้อมูลที่เข้าใจง่าย ถูกต้องและชัดเจน อาจจะอยู่ในรูปแบบสื่อรณรงค์ต่าง ๆ การจัดอบรม การจัดทำฉลากโภชนาการ หรือฉลากผลิตภัณฑ์ (front of pack labelling)

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

### แนวทางการลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร

การปรับลดปริมาณโซเดียมในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหาร จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงปริมาณ

โซเดียมที่เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อความชอบและการยอมรับผู้บริโภค จากรูปที่ 2 จะเห็นว่า ความชอบและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์อาหาร A เป็นไปในลักษณะ sharp optimum คือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือเพียงเล็กน้อยจะส่งผลต่อความชอบและการยอมรับผู้บริโภคทันที ในขณะที่ผลิตภัณฑ์อาหาร B เป็นไปในลักษณะ broad optimum คือมีช่วงความเค็มที่ผู้บริโภคชอบและยอมรับกว้างกว่า ทำการปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ B ทำได้ยากกว่าผลิตภัณฑ์ 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)

การปรับลดโซเดียมในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการศึกษาวิจัยรวมได้ดังนี้ (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) :**สารทดแทนเกลือที่ได้รับอนุญาตจากการอาหารและยาเพื่อปรับลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เนื่องจากมีคุณสมบัติคล้ายกับเกลือ และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคอย่างไร้กังวลการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในปริมาณมากกว่าร้อยละ 30 จะทำให้เกิดรสชาติเผื่อนหรือขมในผลิตภัณฑ์อาหารทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Grummer *et al.*, 2013) นอกจากโพแทสเซียมคลอไรด์ยังมีแรธาตุอิกเหลยชนิดที่มีการศึกษาวิจัยในเส้นทางทดแทนเกลือเพื่อช่วยปรับลดโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหาร 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 รสเบรี้ยว หรือความกลมกล่อม (umami) ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิสัมพันธ์ของรสชาติ (taste interaction) ขึ้น (Keast and Breslin, 2003) สารเสริมรสชาติที่นิยมใช้ในอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติเค็ม ได้แก่ กรดอะมิโนบางชนิด เช่น กรดกลูตามิค กรดแอลฟามิโน ผงชูรสสารสกัดจากเยื่อสต์ (yeast extract) disodium 5-ribonucleotides, hydrolyzed vegetable protein และ hydrolyzed meat protein เป็นต้น โดยสารกลุ่มนี้สามารถช่วยลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์อาหารได้ประมาณร้อยละ 40

**3. การแต่งกลิ่น (odor) :**กลิ่นที่แสดงออกถึงรสชาติเค็ม สามารถเพิ่มการรับรสเค็มได้และช่วยปรับลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ได้ ตัวอย่างเช่น กลิ่นของซอสต์ว์เหลือง ปลาช่อน ปลาแอนโซวี เบคอน และถั่วลิส汀 เป็นต้น

**4. การใช้เครื่องเทศและสมุนไพร :**มีการศึกษาพบว่าเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดช่วยเพิ่มกลิ่นรสและรสเค็มให้อาหารได้ เช่น กระเทียมและหอยหัวใหญ่จากรายงานการวิจัยของเครือข่ายลดบริโภคเค็มพบว่าการเพิ่มสัดส่วนสมุนไพรจากสูตรมาตรฐานร้อยละ 25-50 ในอาหารที่ลดการใช้เครื่องปรงโซเดียมสูงลงร้อยละ 25 ช่วยทำให้รสชาติอาหารใกล้เคียงสูตรมาตรฐาน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับการลดการใช้เครื่องปรงเพียงอย่างเดียว (ชูณาน และคณะ, 2557) สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาในต่างประเทศที่พบว่าการปรับใช้เครื่องเทศและสมุนไพร ได้แก่ ออริกาโน เบญจลีฟ เชเลอวี และพริกไทยดำ ในผลิตภัณฑ์ซุปมะเขือเทศ ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เกลือลงได้ โดยสูตรที่เพิ่มสมุนไพร ช่วยเสริมรสเค็มและกลิ่นรสของซุปได้ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรลดโซเดียมที่ไม่ได้ใส่สมุนไพร (Ghawi *et al.*, 2014) อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรเพื่อปรับลดปริมาณโซเดียมอาจจะต้องพิจารณาถึงการยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากเครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดส่งผลกระทบต่อกลิ่นรสของอาหาร

**5. การดัดแปลงโครงสร้างและส่วนประกอบอาหาร (food matrix modifications) :**เนื้อสัมผัส ขนาดรูปทรง และส่วนประกอบ ที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์อาหารมีผลต่อการรับรสชาติเค็มที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนเนื้อสัมผัสนิ่มนวลให้มีโครงอากาศขนาดใหญ่จะช่วยเพิ่มการรับรสเค็มได้ เมื่อเทียบกับนมปั่นที่มีโครงอากาศขนาดเล็ก ซึ่งเป็นผลมาจากการที่โซเดียมถูกปล่อยออกมากจากนมปั่นได้ไวขึ้น (Pflaum *et al.*, 2013) หรือการใช้เกลือที่มีลักษณะหยาบ (coarse-gained salt) และการใช้สารละลายเกลือพ่นลงในแป้งพি�ซชา ช่วยเพิ่มการรับรสเค็ม และทำให้ลดปริมาณโซเดียมในผลิตภัณฑ์ได้

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

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

### การแสดงฉลากและการกล่าวอ้างข้อความบนฉลากผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโซเดียม

ฉลากโภชนาการ เนื่องด้วยโซเดียมเป็นสารอาหารที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เป็นปัญหาสุขภาพสำคัญของคนไทย ในขณะนี้คณะกรรมการนโยบายการลดเกลือและโซเดียม เพื่อลดโรคไม่ติดต่อระดับชาติ ได้มีการดำเนินการปรับลดปริมาณโซเดียมต่อวันในประชากรให้เป็นไปตามเกณฑ์อ้างอิงขององค์กรอนามัยโลก คือ 2,000 มิลลิกรัมต่อ

วัน โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองควบคุมอาหารได้ออกประกาศปรับลดปริมาณโซเดียมที่แสดงในฉลากโภชนาการบนผลิตภัณฑ์อาหารตามเกณฑ์บัญชีสารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 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 ผลิตภัณฑ์นมอบ อาหารกึ่งสำเร็จรูป อาหารแช่เย็นแช่แข็งประเภทจานเดียว เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุปิดสนิท ชาปรุงสำเร็จ กาแฟปรุงสำเร็จ นมปรุงแต่ง นมเปรี้ยว ผลิตภัณฑ์จากนม นมถั่วเหลือง ไอศกรีม ซึ่งฉลากจะแสดงปริมาณพลังงานไขมัน น้ำตาล และโซเดียมต่อ 1 ส่วนที่สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น ถุง ของกล่องที่หน้าบรรจุภัณฑ์ พร้อมกับค่าร้อยละของปริมาณที่ควรบริโภคต่อวัน โดยค่าโซเดียมที่แสดงบนฉลากจะคิดจากปริมาณสูงสุดที่ควรได้รับต่อวัน คือ 2,000 มิลลิกรัม

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

ความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารให้มีไขมันน้ำตาลและโซเดียมลดลงโดยคณะกรรมการได้กำหนดเกณฑ์กลุ่มผลิตภัณฑ์จำนวน 13 กลุ่ม สำหรับให้ภาคอุตสาหกรรมเป็นเกณฑ์ในการปรับสูตรและขอรับตราสัญลักษณ์ฉลากโภชนาการทางเลือก ดังนี้ กลุ่มอาหารมื้อหลัก กลุ่มเครื่องดื่ม กลุ่มเครื่องปรุงรส กลุ่มผลิตภัณฑ์นม กลุ่มอาหารกึ่งสำเร็จรูป กลุ่มขนมขบเคี้ยว กลุ่มไอศครีม กลุ่มไขมันและน้ำมัน กลุ่มขนมปัง กลุ่มอาหารเข้าและข้าวพิช กลุ่มผลิตภัณฑ์นมอบกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารว่าง และกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาและอาหารทะเล จากข้อมูลเว็บไซต์ <http://healthierlogo.com> เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2564 พบว่ามีจำนวนผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มที่ได้รับฉลากโภชนาการ healthier logo ทั้งหมด 2,382 ผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจำนวน 1,656 ผลิตภัณฑ์ รองลงมาเป็น

#### ตารางที่ 2 เกณฑ์การกล่าวอ้างข้อความบนฉลากผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับโซเดียมบนฉลากผลิตภัณฑ์

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

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

#### บทสรุป

การดำเนินมาตรการลดโซเดียมถือเป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดอัตราการเกิดโรคเรื้อรังในประชากร และลดค่าใช้จ่ายในด้านสาธารณสุข โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศไทยได้มีการดำเนินงานเพื่อลดการบริโภคโซเดียมในประชากรมาอย่างต่อเนื่อง เช่น การสื่อสารและการรณรงค์การลดโซเดียม การกำหนดกฎหมายการแสดงปริมาณโซเดียมบนฉลากผลิตภัณฑ์ การสร้างแรงจูงใจให้กับภาคอุตสาหกรรมในการปรับสูตรผลิตภัณฑ์อาหารให้มี

กลุ่มผลิตภัณฑ์นม 206 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มอาหารกึ่งสำเร็จรูป 173 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มไอศครีม 131 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มขนมขบเคี้ยว 89 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มเครื่องปรุงรส 57 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มอาหารมื้อหลัก 39 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มอาหารเข้าวัสดุพิช 12 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มขนมปัง 7 ผลิตภัณฑ์ กลุ่มไขมันและน้ำมัน 7 ผลิตภัณฑ์ และกลุ่มนมอบ 5 ผลิตภัณฑ์ แสดงให้เห็นว่าผู้ประกอบการด้านอาหารเริ่มให้ความสำคัญกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคของประชาชน

#### เกณฑ์อ้างอิงในการกล่าวอ้างข้อความที่เกี่ยวข้องกับโซเดียมบนฉลากผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่มีการปรับลดโซเดียมสามารถแสดงข้อความกล่าวอ้างบนฉลากผลิตภัณฑ์ได้ตามเกณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 2

โซเดียมลดลง อย่างไรก็ตามการบรรลุเป้าหมายในการลดการบริโภคโซเดียมยังคงต้องการองค์ความรู้และงานวิจัยใหม่ ๆ ที่สอดคล้องกับบริบทและวัฒนธรรมการบริโภคโซเดียมของประชากรไทยในปัจจุบัน มุ่งเน้นให้ประชากรตระหนักรู้และเข้าใจถึงความสำคัญของการลดโซเดียม สามารถเลือกรับประทานอาหารที่มีปริมาณโซเดียมในเกณฑ์ที่เหมาะสมได้ เพื่อนำไปสู่การลดลงของโรคไม่ติดต่อเรื้อรังที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคโซเดียมสูงในประเทศไทย

## เอกสารอ้างอิง

- ชุษณา เมฆโทรา, เนตรนภัส วัฒนสุชาติ, วิชชา ตระสุวรรณ และ ญาธิปวีร์ ปักแก้ว. 2560. รายงานโครงการ “ต้นแบบผลิตภัณฑ์เกลือดโซเดียม : การใช้ประโยชน์และการถ่ายทอดเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์” เครื่องข่ายลดบริโภคเค็ม ปี 2560.
- ชุษนา เมฆโทรา, เย็นใจ รุ่งสูน, สมจิต อ่อนหมม, ศิริพร ตันจ,o, วานา นาราครี, สมฉญา ตาทองศรี และ ญาธิปวีร์ ปักแก้ว. 2557. โครงการ ต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงสมุนไพรสำหรับการเตรียมอาหารลดโซเดียมโดยใช้เทคนิคด้านกลิ่นรสจากสมุนไพรไทย. เครื่องข่ายลด บริโภคเค็ม.
- 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].

# การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง

## Utilization of okara meal from soymilk production

ดร.อุณุชลี อุษณาสุวรรณกุล (Dr. Aunchalee Aussanasuwannakul)

กัญญา ทองกระจ่าง (Kanwara Tongkrajang)

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร (Department of Food Chemistry and Physics)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

### จุดเด่น

- ❖ องค์ประกอบของถั่วเหลือง : สารอาหารและสารเชิงสุขภาพ
- ❖ ข้อจำกัดของการนำถั่วเหลืองไปใช้ประโยชน์
- ❖ กระบวนการแปรรูปถั่วเหลือง

### Highlights

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

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความตระหนักรถึงการดูแลสุขภาพ และการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารจากถั่วเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารสู่ความยั่งยืนผลักดันให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลักเพิ่มมากขึ้นในสหรัฐอเมริกา อเมริกาใต้ และจีน ซึ่งเป็นแหล่งการผลิตที่ขนาดใหญ่ที่สุด และการผลิตที่มากขึ้นย่อมก่อให้เกิดปริมาณผลผลิตได้จากการผลิตที่เรียกว่า ถั่วเหลือง (okara) หากถั่วเหลืองมากขึ้น ถั่วเหลืองจะเป็นผลผลิตได้ที่อุดมไปด้วยเส้นใย (ร้อยละ 50) โปรตีน (ร้อยละ 25) ไขมัน (ร้อยละ 10) วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ และมีประโยชน์ทางสุขภาพช่วยลดการเกิดโรคเบาหวาน โรคอ้วน และไขมันในเลือดสูงได้ ถั่วเหลืองมีศักยภาพในการนำมาเป็นวัตถุดิบอาหารเพื่อให้เกิดประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม กระบวนการบำบัดโดยการใช้ออนไซด์ การหมัก การทำแห้ง การกำจัดไขมัน ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติ และคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง จำกัดคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่น ความชื้น และสารต้านโภชนาการ นอกจากนี้การหมักสามารถทำให้ปริมาณเส้นใยที่ละลายได้เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : ถั่วเหลือง คุณค่าทางโภชนาการ การแปรรูป การนำไปใช้ประโยชน์

Keywords : okara, nutritional value, processing, utilization

## บทนำ

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

ความตระหนักที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการบริโภคอาหารจากถั่วเหลืองเพื่อสุขภาพ ความรู้เกี่ยวกับการแพพลิตภัณฑ์น้ำ และการก้าวไปสู่การผลิตอาหารที่ยั่งยืนมากขึ้นส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งนมถั่วเหลืองเป็นอีกหนึ่งในผลิตภัณฑ์ซึ่งมีการผลิต และการบริโภคเพิ่มขึ้นในหลายประเทศ และตามมาด้วยการสะสมของผลผลิตได้อย่างมากถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติเกี่ยวกับการผลิตนมถั่วเหลืองในปี ค.ศ. 1983 พบร่วมกับการผลิตนมถั่วเหลืองประมาณ 1 ล้านตัน แต่พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในทศวรรษที่ผ่านมา และในปี ค.ศ. 2006 การผลิตเครื่องดื่มจากถั่วเหลืองได้มีการเพิ่มขึ้นมากกว่า 1 ล้านตัน ในยุโรปตะวันตก อเมริกาเหนือ และญี่ปุ่น

ถั่วเหลือง เป็นหนึ่งในวัตถุดิบอาหารที่สำคัญในปัจจุบัน แม้ว่าอาหารจากถั่วเหลืองจะมีมาแต่โบราณ แต่ในช่วง 15 ปี ที่ผ่านมาพบว่ามีประโยชน์ในการป้องกัน และรักษาโรคเรื้อรังต่าง ๆ เป็นที่ทราบกันดีว่า ถั่วเหลืองนั้นเป็นแหล่งโปรตีนที่อุดมสมบูรณ์เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ดีมาก นอกจากนี้ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองยังอุดมไปด้วยองค์ประกอบและสารอาหารซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเป็นแหล่งของ isoflavones, phytosterols, phytic acid และ saponins ที่สามารถออกฤทธิ์เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ลดปริมาณคอเลสเตอรอลไปจนถึงฤทธิ์ต้านมะเร็ง ฤทธิ์ในการควบคุมโรคเบาหวาน และการลดโรคกระดูกพรุนในวัยหมดประจำเดือน อาหารที่ใช้ถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบหลักโดยทั่วไปแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ อาหารที่ไม่ผ่านการหมักและอาหารหมัก อาหารจากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก ได้แก่ ถั่วเหลืองสด ถั่วเหลืองแห้ง ตันอ่อนถั่วเหลือง นมถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากนมถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ กาภถั่วเหลือง และฟองเต้าหู้ ผลิตภัณฑ์หมัก ได้แก่ เทเมเป มิโซะ ซอสถั่วเหลือง นัตโตะ เต้าหู้ยี่ และผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองหมัก

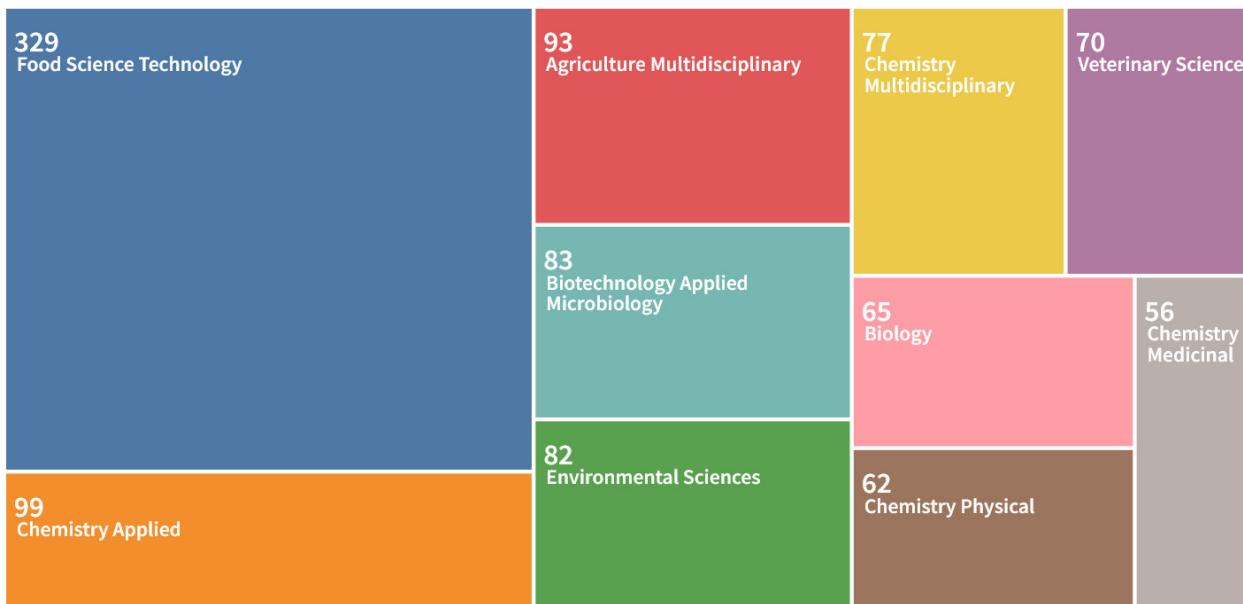
นมถั่วเหลืองแบบดั้งเดิมผลิตขึ้นโดยใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:5 แม้ว่าเครื่องดื่มจากถั่วเหลืองที่ปูรงแต่รสหวานจะทำในอัตราส่วนระหว่างถั่วเหลืองต่อน้ำที่ 1:20 อย่างไรก็ตามสามารถประมาณการได้ว่าในการผลิตนมถั่วเหลือง 1 ล้านตัน จะผลิตกาภถั่วเหลืองประมาณ 170,000 ตัน และเมื่อรวมกับกาภถั่วเหลืองจากการผลิตเต้าหู้ และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองชนิดอื่น ๆ สรุปได้ว่าในแต่ละปีมีการผลิตกาภถั่วเหลืองจากการผลิตปีละหลายล้านตัน

ในส่วนของการกระบวนการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง ถั่วเหลืองจะถูกคัดแยก ทำความสะอาด ตากให้แห้งที่ความชื้นประมาณร้อยละ 10 และแยกเอาเปลือกออกเปลือกถั่วเหลืองจะนำไปเป็นสารเพิ่มเสนัยสำหรับขนมปัง ซีเรียล ขนมขบเคี้ยว และอาหารสัตว์ หลังจากการแยกเปลือก ถั่วเหลืองจะถูกรีดเป็นเกล็ดที่มีไขมันสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในอาหารสัตว์หรือบรรจุเป็นแป้งไฮมีลเพื่อใช้เป็นอาหารได้

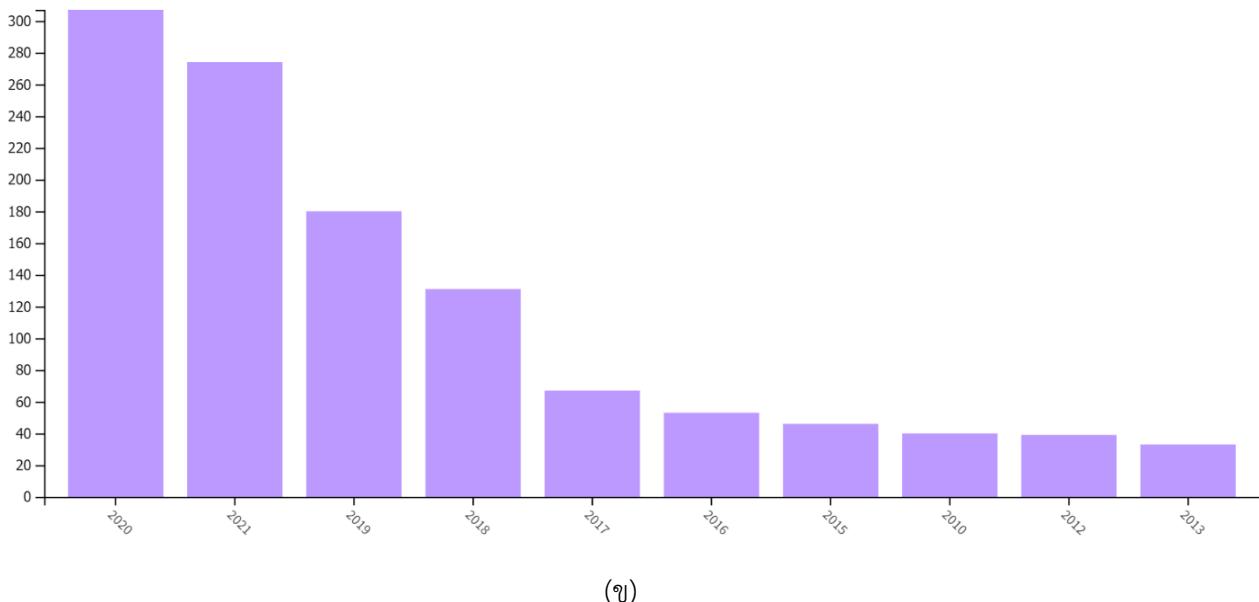
หากถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันแล้วจะถูกใช้เป็นอาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์สำหรับมนุษย์ที่ใช้เพื่อช่วยรักษาความชื้น และยืดอายุการเก็บรักษา ตลอดจนทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสารทดแทนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นแหล่งโปรตีน ในขณะเดียวกันก็ปรับปรุงสี และอายุการเก็บรักษาของขนมอบ ปั่งถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นโดยการบดกาแฟถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันแล้ว ผลิตภัณฑ์อีกรูปแบบคือ สารสกัดโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งผ่านกระบวนการทางเคมีที่สกัดโปรตีนจากกาแฟถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันออกแล้ว ได้ผลผลิตเป็นโปรตีนปริมาณร้อยละ 90 ที่ปราศจากเส้นใย และคาร์บอไฮเดรต ใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทนม รวมถึงชีส ของหวานแซ่บซี๊ดที่ไม่ใช่นม สารพอกสีกาแฟ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ยังมีโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น ซึ่งผ่านกระบวนการกำจัดน้ำตาลออกจากกาแฟถั่วเหลืองที่ผ่านการกำจัดน้ำมันแล้ว มีโปรตีนปริมาณสูง โดยยังคงเส้นใยไว้ มากใช้ใน

เครื่องดื่มโปรตีน ชูปหรือซอส และใช้ในผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์เป็นหลัก เนื่องจากมีปริมาณไขมันและคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ

การค้นคว้าและวิจัยในปัจจุบัน ได้ให้ความสนใจกับกาแฟถั่วเหลืองมากขึ้น เมื่ออ้างอิงจากข้อมูลสถิติที่ได้จากการฐานข้อมูล web of science จากการค้นหา “okara” สำหรับการค้นหาบทความ ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2564 พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ okara หรือกาแฟถั่วเหลืองจำนวนรวม 1,343 ฉบับ โดยเป็นงานวิจัยด้าน food science technology มากที่สุดถึง 315 ฉบับ รองมาด้วยงานวิจัยด้าน chemistry applied, agriculture multidisciplinary และ biotechnology applied microbiology ตามลำดับ และนอกจานี้เมื่อค้นหาแนวโน้มการให้ความสนใจในการถั่วเหลืองยังพบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกาแฟถั่วเหลืองได้เพิ่มมากขึ้นอย่างมากในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017 ดังรูปที่ 1 (ก) และ (ข)



(ก)



รูปที่ 1 (ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาคถั่วเหลือง และสาขาวิชาaganวิจัย

(ข) графฟ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภาคถั่วเหลืองในปี ค.ศ. 2017-2021

ที่มา : web of science (2021)

### องค์ประกอบของภาคถั่วเหลือง

ภาคถั่วเหลือง หรือที่เรียกว่า โอลカラ (okara) เป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำนมถั่วเหลืองหรือเต้าหู้ ในแต่ละกิโลกรัมของถั่วเหลืองที่ใช้ในการผลิต จะเกิด ภาคถั่วเหลือง 1.1-1.2 กิโลกรัม ปัจจุบันภาคถั่วเหลือง ได้รับการจัดการเหมือนกับของเสีย และใช้เป็นอาหาร สัตว์ ปุ๋ย หรือผึ้งกลบ โดยเฉพาะในประเทศไทยปุ่น ส่วน ใหญ่จะถูกเผาทำลาย ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 1 ภาคถั่วเหลือง ประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 80 โปรตีนร้อยละ 3.5 ถึง 4.0 และส่วนประกอบที่ไม่ปลายน้ำจำนวนมาก ปริมาณความชื้นที่สูงของภาคถั่วเหลือง แสดงให้เห็นว่าภาคถั่วเหลืองยังมีส่วนประกอบที่ปลายน้ำได้ องค์ประกอบที่แน่นอนขึ้นอยู่กับความหลากหลายของ ภาคถั่วเหลืองที่ใช้ ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม ตลอดจน สภาพการแปรรูปที่ใช้ในระหว่างการผลิตนม ถั่วเหลือง ดังนั้นคุณสมบัติของการละลายในน้ำจึงแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ เมื่อปราศจาก

ความชื้นภาคถั่วเหลืองจะมีไขมันเกือบร้อยละ 10 เส้น ไขยาบร้อยละ 55 และโปรตีนร้อยละ 30

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของภาคถั่วเหลือง 100 g

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

ที่มา : ดัดแปลงจาก Colletti et al. (2020)

### เส้นใยอาหาร

แม้ว่าภาคถั่วเหลืองจะมีความชื้นสูง (เกือบร้อยละ 70-80) แต่น้ำส่วนใหญ่ทำพันธะกับเส้นใยอาหาร ส่งผลให้เนื้อสัมผัสดล้ายกับอาหารเหลว เส้นใยอาหาร

หรือไฟเบอร์ส่วนใหญ่เป็นไฟเบอร์ที่ไม่ละลายน้ำ (ในรูปของเซลลูโลสและไฮมิเซลลูโลส) คิดเป็นร้อยละ 40-60 ซึ่งสามารถมักกย่อยได้ด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ แม้ว่าจะไม่สามารถย่อยในลำไส้เล็กได้ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตอิสระ (เช่น อะราบิโนส กลูโคส กาแลคโตส ฟรอกโตส ซูโครส รัฟฟิโนส และสตาคิโ.os) พบว่ามีปริมาณต่ำ (ร้อยละ 4-5) และการขาดคาร์โบไฮเดรตที่เป็นปัจจัยหลักที่จำกัดการเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสตาคิโ.os และรัฟฟิโนสร้อยละ 1.4 ซึ่งอาจทำให้ห้องอีดและบวมในบางคน

อิทธิพลของโมโนเมอร์ในผนังเซลล์ส่งผลต่อการกัดเก็บน้ำและความสามารถในการอุ้มน้ำ บวมน้ำของากถัวเหลือง ทำให้ากถัวเหลืองมีความสามารถในการเป็นสารเติมแต่งเนื้อสัมผัส (texturizing additives) งานวิจัยของ Mateos-Aparicio และคณะ (2010) ได้นำากถัวเหลืองไปผ่านกระบวนการ high hydrostatic pressure (HHP) เพื่อทำให้ปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 8 เท่า ซึ่งมีประโยชน์ในการรับรองว่าากถัวเหลืองมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และต้านสารก่อมะเร็งในทางเดินอาหาร

การทดสอบของการถัวเหลืองและแป้งสาลีชนิดนี้ทำให้มีโปรตีน ไขอาหาร และไอโซฟลาโวนเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้แป้งสาลีชนิดอ่อนเพียงอย่างเดียว และความสำคัญของไขอาหารคือ มีส่วนเชื่อมโยงกับการควบคุมการทำงานของลำไส้ การมีเส้นใยอาหารในากถัวเหลืองส่งผลต่อการลดลงของไขมันในกระแสเลือด (hypolipidemic) และการลดลงของคอเลสเตอรอล (hypcholesterolemic) ที่อาจเกิดขึ้นดังนั้นเส้นใยในากถัวเหลืองจึงมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงของภาวะเมตา-บอลิกซ์

## โปรตีน

หากถัวเหลืองแห้งประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 15.2 ถึง 33.4 โปรตีนหลักคือ โกลบูลิน 7S และโกลบูลิน 11S โปรตีนจากากถัวเหลืองมีกรดอะมิโนที่จำเป็นทั้งหมด และประสิทธิภาพโปรตีนที่สูงกว่ามีถัวเหลืองและเต้าหู้ แต่มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่าเศษโปรตีนของากถัวเหลืองสามารถทนต่อการย่อยอาหารโดยเย็นไขมีในทางเดินอาหารได้อย่างสมบูรณ์

การเปลี่ยนสภาพทางชีวภาพของโปรตีนหากถัวเหลืองที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงเป็นโปรตีนที่มีขนาดเล็กลงอาจเพิ่มความสามารถในการละลายของโปรตีน และสร้างเปปไทด์หรือกรดอะมิโนที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ Chan และ Ma (1999) ได้ศึกษาและแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการละลายของโปรตีนเพิ่มขึ้นจากการย่อยลดขนาดด้วยกรด (ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้ร้อยละ 53 ที่ pH 9 อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 30 นาที) และทำให้คุณสมบัติการทำงานอื่น ๆ ดีขึ้น เช่น การทำอิมลชันและคุณสมบัติการเกิดฟอง นอกจากนี้ยังพบว่าการนำโปรตีนกลับมาสูงสุด (ร้อยละ 93.4) ทำได้โดยการทำให้ากถัวเหลืองมีความสามารถละเอียดของผงที่น้อยกว่า 75 μm

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

ชีวภาพของการถั่วเหลืองหมัก อย่างไรก็ตามสารยับยั้งทริปซินสามารถอยู่ในช่วงตั้งแต่ร้อยละ 5.2 ถึง 14.4 ของปริมาณโปรตีน แม้ว่าจะยับยั้งการทำงานได้ด้วยการอบด้วยความร้อนที่เหมาะสม

## ไขมัน

การถั่วเหลืองมีไขมันร้อยละ 8.3 ถึง 10.9 (น้ำหนักแห้ง) กรดไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวหรือไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน และประกอบด้วยกรดໄลโโนเลอิก (ร้อยละ 54.1 ของกรดไขมันทั้งหมด) กรดโอลิโนเลอิก (ร้อยละ 20.4) กรดปาลմิติก (ร้อยละ 12.3) กรดลิโนเลนิก (ร้อยละ 8.8) และกรดสเตียริก (ร้อยละ 4.7)

การหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถเพาพลาญกรดไขมัน และอนุพันธ์ของกรดไขมันเพื่อผลิตสารประกอบอะโรมาติกที่เป็นที่ต้องการมากขึ้น Quittain และคณะ (2006) ได้ศึกษาการนำส่วนประกอบน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤติยิ่งวด (supercritical carbon dioxide) และปรับปรุงคุณภาพด้วยเอทานอล ผลการวิจัยระบุว่า ได้กุศิน ส่วนประกอบน้ำมันร้อยละ 63.5 ที่อุณหภูมิ 40 °C และความดัน 20 MPa เมื่อมีสารละลายเอทานอลร้อยละ 10 มอล ส่วนประกอบน้ำมันนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารไฟโตสเตอรอล (phytosterols) และจากการทดลองพบว่า เอทานอลมีประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตและปริมาณของสารประกอบฟีโนลิก และไอโซฟลาโนนจากถั่วเหลืองสองชนิด ได้แก่ เจนิสตีน (genistein) และเดดไซน์ (daidzein) ในสารสกัด ซึ่งสารประกอบเหล่านี้เป็นที่รู้จักของสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถเพิ่มทั้งความเสถียรและมูลค่าของน้ำมัน ทำให้กระบวนการนี้น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ยา และอาหาร

## ไอโซฟลาโนน (Isoflavones)

Wang และ Murphy (1996) ได้ศึกษาและแสดงให้เห็นว่า มีสารไอโซฟลาโนนในรูปอะเกลโคน (aglycons) ในถั่วเหลืองมากกว่าในนมถั่วเหลืองโดยทั่วไปปริมาณไอโซฟลาโนนอะเกลโคนในถั่วเหลืองจะแตกต่างกันไประหว่างร้อยละ 12 ถึง 40 ของปริมาณไอโซฟลาโนนในเมล็ดถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองประกอบด้วยไอโซฟลาโนนที่แตกต่างกันมากถึง 12 ชนิด แบ่งออกเป็นสามกลุ่มหลัก (daidzein, genistein และ glycinein) ซึ่งทั้งหมดสามารถมี 4 รูปแบบที่แตกต่างกัน : aglycones (ร้อยละ 15.4)  $\beta$ -glucosides, malonyl-glucosides (ร้อยละ 28.9) และ acetyl-glucosides ในขณะที่ถั่วเหลืองอาจมีไอโซฟลาโนนเหมือนกัน 12 ชนิด แม้ว่าสภาวะการแปรรูประหว่างการผลิตนมถั่วเหลือง และสารตกค้างอาจเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารไอโซฟลาโนน ความเข้มข้นรวมของไอโซฟลาโนน และไอโซฟลาโนนรูปแบบต่าง ๆ ในถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับความหลากหลายของสายพันธุ์ถั่วเหลือง การเพาะปลูก สภาวะการแปรรูป และการเก็บรักษา นอกจากนี้การหมักด้วยจุลินทรีย์ยังสามารถสร้าง  $\beta$ -glucosidase ได้ด้วย ดังนั้นการเปลี่ยน isoflavonic glucosides ให้เป็น aglycones จึงเป็นโอกาสในการเพิ่มมูลค่า

ผู้ผลิตนมถั่วเหลืองต่างมีวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งขนาดการผลิตเล็กและขนาดใหญ่ ทำให้ส่งผลถึงปริมาณสารไอโซฟลาโนนในผลิตภัณฑ์ ความแตกต่างที่สำคัญที่สุดคือ อุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างการแข็งถั่วเหลือง การบดถั่วเหลือง อุณหภูมิในการปรุงอาหาร และการฆ่าเชื้อก่อนหรือหลังการแยกนมถั่วเหลืองออก ปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ส่งผลต่อการ

ทำงานของไอโซฟลาโวน คือปฏิกิริยาของไอโซฟลาโวนกับส่วนประกอบเมทริกซ์อื่น ๆ เช่น อันตรกิริยาแบบไม่ใช้โคว่าเลนต์ระหว่างพอลิฟีโนล (polyphenol) และธาตุอาหารหลัก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโปรตีน

จากการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของพอลิฟีโนลทำให้ทราบว่า พอลิฟีโนลมีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงของโรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคมะเร็ง (Del Rio *et al.*, 2013) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีคุณสมบัติต้านการอักเสบ (Deng *et al.*, 2017) และส่งผลที่เป็นประโยชน์ต่อโรคเบาหวานประเภท 1 และ 2 จากประโยชน์ของพอลิฟีโนล ทำให้มีการศึกษาหารือวิธีการนำพอลิฟีโนลจากถั่วเหลืองมาใช้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งการสกัดด้วยของเหลว และการสกัดอื่น ๆ ซึ่งน้ำเป็นสารละลายที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดในการทดลองสกัด isoflavones จากถั่วเหลืองและการถั่วเหลือง (Privatti and Rodrigues, 2021)

**สารต้านออกซิเดชันและการต้านทานทางออกซิเดชัน**  
สารต้านออกซิเดชันที่พบในถั่วเหลือง เช่น ไฟเตต (phytates) ชาโภนิน (saponins) และสารยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitors) ซึ่งการหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถทำลายสารเหล่านี้ได้ หรือใช้ออนไชม์ glycine หรือ  $\beta$ -conglycinine ในขั้นตอนการหมักเพื่อเพิ่มสารอาหารและการย่อยได้ของสารอาหาร

ชาโภนินจากถั่วเหลืองเป็นกลุ่มของโมเลกุลที่ไม่มีข้าว (amphiphilic) ที่ไม่ระเหยง่าย (non-volatile amphiphilic) ซึ่งมีอยู่ในเมล็ดพืชตระกูลถั่วหลากหลายชนิด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเหลืองทิล และถั่วปิน ซึ่งถั่วเหลืองเป็นแหล่งของสารชาโภนิน ส่วนใหญ่มีอยู่ในใบเลี้ยงและการถั่วเหลือง ซึ่งชาโภนินได้รับการรายงานว่ามีคุณสมบัติในการกรตะนวนภูมิคุ้มกัน ต้านไวรัส ปกป้องตับ และมีคุณสมบัติทางด้านเคมีบำบัด (Gurfinkel and Rao, 2003) นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ

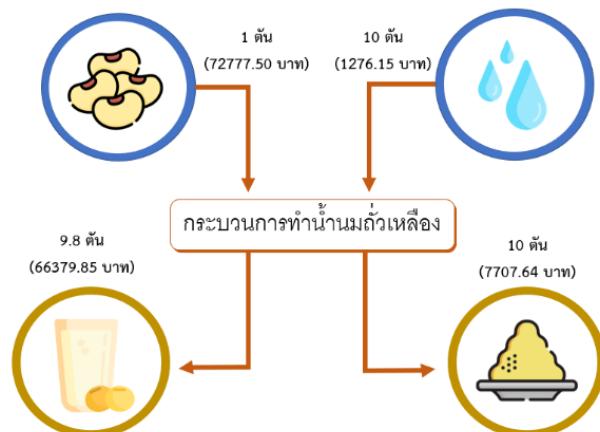
ได้แก่ แร่ธาตุ ลิกแนน คูเมแทโนล ไฟโตสเตอรอล และไฟเตต

นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังมีแร่ธาตุหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และธาตุเหล็ก ซึ่งโพแทสเซียมช่วยลดความดันโลหิตที่สูงผิดปกติ ทองแดงส่งเสริมการป้องกันสารต้านอนุมูลอิสระ และการทำงานของภูมิคุ้มกัน และแมกนีเซียมช่วยลดปัญหาความดันโลหิตสูง และช่วยป้องกันภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน

### กระบวนการผลิตนมถั่วเหลืองและการถั่วเหลือง

นมถั่วเหลืองสามารถผลิตจากถั่วเหลืองทั้งเมล็ดหรือจากแบ่งถั่วเหลืองก็ได้ โดยกระบวนการหลักในการผลิตมี 5 ขั้นตอน

- 1) ล้างถั่วเหลืองเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน และกระเทาะเมล็ดออก
- 2) แช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นแยกน้ำออกจากถั่วเหลือง และสะเด็ดน้ำ
- 3) บดด้วยเครื่องปั่นหรือเครื่องโมดั่วยอัตราส่วนถั่วเหลืองต่อน้ำ 1:10
- 4) แยกกาภถั่วเหลืองจากนมถั่วเหลืองด้วยเครื่องแยกกาภ
- 5) ให้ความร้อนเพื่อฆ่าเชื้อ



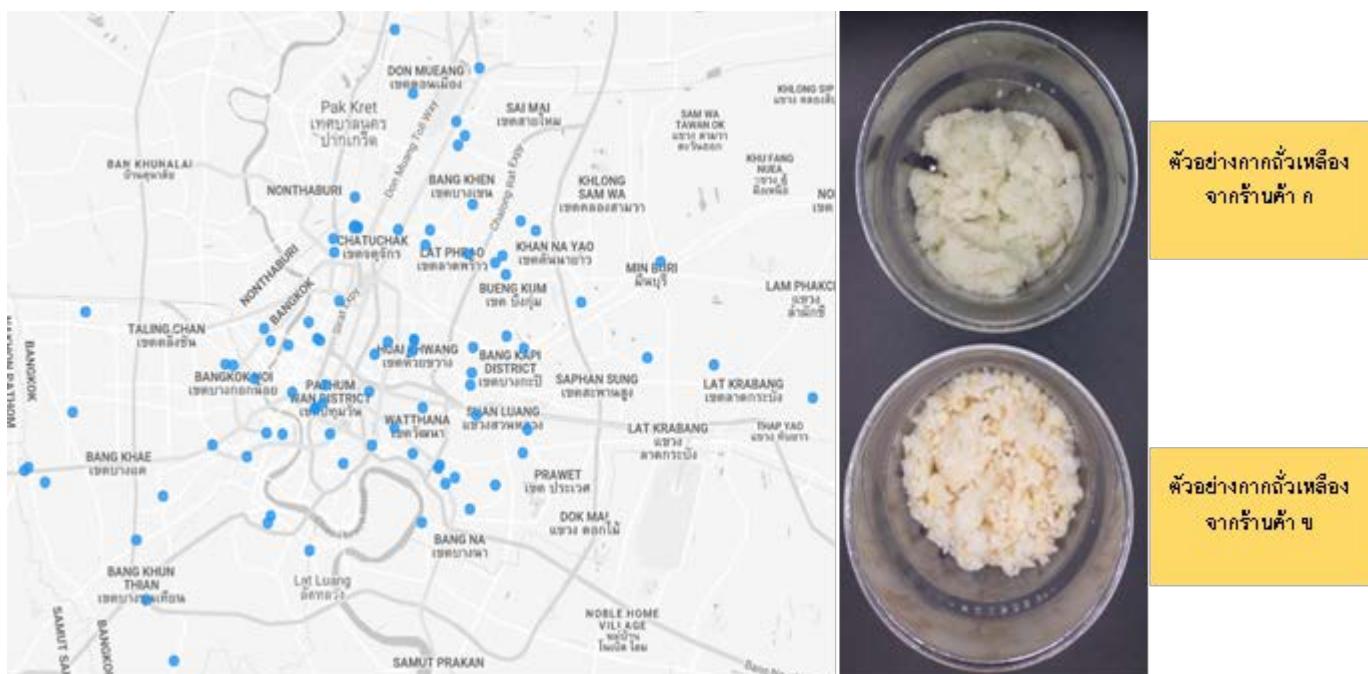
รูปที่ 2 กระบวนการผลิตนมถั่วเหลือง และการถั่วเหลือง  
ที่มา : ดัดแปลงจาก Colletti *et al.* (2020)

หากถ้าเหลือที่มีความชื้นสูงจะเสื่อมสภาพเร็ว และนำมาใช้งานได้ยากจึงจำเป็นต้องมีการทำแห้งหากถ้าเหลือ การทำแห้งนอกจากจะช่วยเรื่องอายุการเก็บรักษาแล้วยังเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำ และน้ำมัน เพิ่มคุณค่าอาหาร คงสภาพเส้นใยและโปรตีนในอาหาร ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่มีการเพิ่มหากถ้าเหลือ ได้แก่ ขนมขบเคี้ยวจากถ้าเหลือ (Katayama and Wilson, 2008) ขนมปังชีส (Aplevic and Demiate, 2007) และขนมปังฝรั่งเศส ในส่วนของหากถ้าเหลือที่ไม่ผ่านการทำแห้งมีการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์น้อย เนื่องจากมีสารต้านโภชนาการอยู่

#### ปริมาณหากถ้าเหลือจากการผลิตนมถ้าเหลือ

การสำรวจปริมาณของหากถ้าเหลือจากการผลิตนมถ้าเหลือของบริเวณชุมชนเขตใกล้เคียง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน 9 เขตพื้นที่ ได้แก่ จตุจักร หลักสี่ บางเขน ลาดพร้าว สายไหม คลองสามวา คันนายาว บึงกุ่ม ดอนเมือง และบางซื่อ จากฐานข้อมูล Google map พบร่วมมือร้านค้ากับหากถ้าเหลือ

หรือน้ำเต้าหู้จำนวน 68 ร้าน ที่มีการผลิตนมถ้าเหลือ เอง ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลร้านค้าเป็นจำนวน 23 ร้าน โดยคละกำลังการผลิต สามารถคำนวณปริมาณของหากถ้าเหลือที่เกิดขึ้นได้ประมาณ 22,953.6 กิโลกรัม ต่อเดือน หรือประมาณ 275 ตันต่อปี จากปริมาณทั้งหมดของขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2561 ที่มีขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 27.93 ล้านตัน โดยเป็นขยะมูลฝอยจากกรุงเทพมหานครมากกว่า 1 หมื่นตันต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) ซึ่งของการกักถ้าเหลือ เหล่านี้ไม่ได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร มีเพียงการนำไปเป็นอาหารสัตว์ หรือกำจัดทิ้งเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหากถ้าเหลือ จากร้านค้ารอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จำนวน 2 ร้านที่มีกำลังการผลิตแตกต่างกัน พบร่วมตัวอย่างหากถ้าเหลือของทั้งสองร้านค้ามีความแตกต่างดังรูปที่ 3 ที่แสดงให้เห็นว่าหากถ้าเหลือของร้านค้า ก จะมีสีเขียวอ่อน และมีความละเอียดมากกว่า มีเศษใบเตยปน ในขณะที่หากถ้าเหลือของร้านค้า ข จะมีสีเหลืองอ่อน และมีลักษณะหยาบกว่าร้านค้า กมาก



รูปที่ 3 การสุ่มตัวอย่างหากถ้าเหลือจากร้านค้ารายย่อย และตัวอย่างหากถ้าเหลือของร้านค้า ก และ ข

ที่มา : โครงการผลิตขยะหากถ้าเหลือจากชุมชนและอุตสาหกรรมโดยนำไปแปรรูปเป็นโภชนาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารมูลค่าสูง สนับสนุนโดย

สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2564

## ข้อจำกัดสำหรับการนำ kak ก้าวเหลือมาใช้งาน

### ความชื้น

หากถั่วเหลืองมีความชื้นสูงระหว่างร้อยละ 70 ถึง 80 และโปรตีนร้อยละ 25 (น้ำหนักแห้ง) จะเป็นอุปสรรคในการเก็บรักษา ส่งผลให้ kak ก้าวเหลือย่อยสลาย และเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว หากถั่วเหลืองจึงควรถูกทำให้แห้งโดยเร็วที่สุด ภายใต้สภาวะการทำให้แห้งที่เหมาะสม เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย การขนส่งและเก็บรักษา การทำแห้งโดยธรรมชาติไม่เหมาะสมสำหรับการทำแห้ง kak ก้าวเหลือง เนื่องจากใช้เวลานาน และมีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้อย่างสภาพอากาศ อาจทำให้ kak ก้าวเหลืองเน่าเสียได้ การยึดอายุการเก็บรักษาของ kak ก้าวเหลืองส่วนใหญ่แล้วจะทำโดยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freezing) ที่อุณหภูมิ  $0^{\circ}\text{C}$  ถึง  $-18^{\circ}\text{C}$  หรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ การทำแห้งแบบอบลมร้อน และแข็งแบบสูญญากาศ นอกจากนี้การทำแห้งแบบน้ำ ความร้อนทางอ้อมภายใต้การวนก็เป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการทำให้ kak ก้าวเหลืองแห้ง

เทคนิคการทำแห้งเป็นปัจจัยที่ส่งผลอย่างมากต่อรสสัมผัส และคุณสมบัติของ kak ก้าวเหลืองในเรื่องของความสามารถในการกักเก็บน้ำ (water-retention capacity) ความสามารถในการบวมน้ำ (swelling capacity) และความสามารถในการจับกับน้ำมัน กากถั่วเหลืองที่ทำแห้งแบบแข็งเยือกแข็ง ได้รับการพิสูจน์ว่า เป็นเทคนิคที่ดีที่สุด ตามมาด้วยการทำแห้งแบบสูญญากาศ และการทำแห้งด้วยลมร้อน แต่เมื่อพิจารณาด้วยความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange capacity) การทำแห้งแบบอบลมร้อนจะดีที่สุด รองลงมาคือการทำแห้งแบบสูญญากาศ และการทำแห้งแบบแข็งเยือกแข็ง อย่างไรก็ตามวิธีการทำแห้งทั้งหมดเป็นวิธีการที่ส่งผลอย่างมากต่อรสชาติ สี และกลิ่นของ kak ก้าวเหลือง

### สารต้านโภชนาการ

หากถั่วเหลืองสดมีปริมาณสารต้านโภชนาการที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง trypsin inhibitors ที่เป็นอุปสรรคต่อการย่อยอาหาร การศึกษาของ Hinks และ Hupka (1995) รายงานว่าการใช้ kak ก้าวเหลืองสดเป็นอาหารโดยตรงมีผลต่อการเจริญเติบโต พฤติกรรม และกิจกรรมทางสรีรวิทยาของโค

วิธีการยับยั้งการทำงานของ trypsin inhibitors ได้แก่ กระบวนการทางกายภาพ เช่น การย่อยสลายทางชีวภาพ และการหมัก ตลอดจนวิธีการที่ซับซ้อนซึ่งใช้ประโยชน์จากการประกอบธรรมชาติ

### กระบวนการแปรรูป kak ก้าวเหลือง

#### 1. การหมักด้วยจุลินทรีย์

การถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบที่อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และสารอาหารอื่น ๆ แต่ก็มีข้อจำกัดเรื่องความชื้น และสารต้านโภชนาการ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ จึงจำเป็นต้องผ่านกระบวนการเพื่อปรับสภาพให้ kak ก้าวเหลืองอยู่ในรูปที่พร้อมใช้งาน และมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น การหมักด้วยจุลินทรีย์สามารถช่วยลดปริมาณเส้นใยดิบ และเพิ่มปริมาณเส้นใยที่สามารถละลายน้ำได้ โปรตีน และกรดอะมิโน รวมถึงสารไอโซฟลาโวนได้ และสามารถทำให้ phytic ที่เกิดจากการสะสมของฟอฟอรัสจากพืชที่มนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ย่อยสลายได้ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางสารอาหาร และคุณสมบัติของ kak ก้าวเหลือง

##### 1.1 การหมักด้วยรา

หากถั่วเหลืองมีความเหมาะสมสำหรับการนำมากด้วยเชื้อรา เนื่องจาก kak ก้าวเหลืองมีพื้นผิวที่มีทำให้เชื้อราสามารถโടေ และยึดเกาะได้เส้นใยของเชื้อราสามารถนำมากัดเนื่องจาก cellulolytic, endoglucanase, esoglucanase และ  $\beta$ -glucosidase ได้

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

ในการศึกษาของ Japakaset และคณะ (2009) ได้ทำการศึกษาการหมักกากถั่วเหลืองด้วย *Monascus purpureus* IFRPD 4046 ซึ่งผลิต monacolin K สารลดไขมันในเลือดที่ได้รับการรับรองจากยูโรป ผลผลิตของ monacolin K อยู่ที่ 192 mg/kg ของภาคถั่วเหลือง ซึ่งน้อยกว่าการหมักโดยใช้ข้าวเป็นปริมาณ 2.5 เท่า ดังนั้นอาจจำเป็นต้องเสริมคาร์บอไฮเดรตเพื่อปรับปรุงกำลังการผลิต monacolin K จากภาคถั่วเหลือง ใน การศึกษาของ Li และคณะ (2013) Shi และคณะ (2014) และ Zhu และคณะ (2015) เชื้อรากะถูกเลี้ยงบนภาคถั่วเหลือง จนนั่นนำมาสกัดพอลีแซ็คคาไรด์ ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับสารสกัดภาคถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมัก พบว่าสารสกัดจากภาคถั่วเหลืองที่ผ่านการหมักมีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเพิ่มความสามารถในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน ซึ่งให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของเชื้อรากอาจย่อประสานเส้นใยของภาคถั่วเหลือง เพื่อผลิตโอลิโกแซ็คคาไรด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และในขณะเดียวกันก็ย่อยโปรตีนเป็นเปปไทด์ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดด้วยเทคนิค ultrasonic-assisted ได้ผลได้มากกว่าการสกัดด้วยน้ำร้อน (Li et al., 2016)

## 1.2 การหมักด้วยแบคทีเรีย

การศึกษาส่วนใหญ่ของการหมักภาคถั่วเหลืองด้วยแบคทีเรียเพื่อผลิตสารประกอบทางชีวภาพ มักใช้ *Bacillus* sp. เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้มีความสามารถในการผลิต proteases แบบภายนอกเซลล์ (extracellular) และเป็นเชื้อที่พบบ่อยในผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง จากการศึกษาของ Oh และคณะ (2007) พบว่าการหมักภาคถั่วเหลืองด้วย *Bacillus subtilis* เพิ่มฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และ protease ที่เชื่อผลิตมีความสามารถในการย่อยพันธะของโปรตีน

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

## 1.3 การหมักด้วยยีสต์

ยีสต์มีกิจกรรมทางชีวภาพที่หลายหลัก ทำให้เป็นตัวเลือกที่ดีในการนำมาใช้เปลี่ยนรูปแบบของภาคถั่วเหลือง การศึกษาการหมักภาคถั่วเหลืองด้วยยีสต์มักได้รับความสนใจที่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ที่ต้องการให้มีสารอาหารและกลิ่นที่ดีขึ้น Rashad และคณะ (2011) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตอาหารจากภาคถั่วเหลืองที่หมักด้วยยีสต์ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยใช้ยีสต์หลายสายพันธุ์ *Candida albicans*, *Candida guilliermondii*, *Kluyveromyces marxianus* NRRL Y-7571 และ NRRL Y-8281, *Pichia pinus* และ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่าการหมักทำให้ปริมาณของโปรตีนและเกล้าเพิ่มมากขึ้น และลด

ปริมาณของเส้นใย คาร์บอไนเตอร์ และไขมันดิบ นอกจากนี้ยังพบว่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระมีการเพิ่มขึ้น 1.5-2 เท่า และอัลเดียร์ที่อ่อนตัวและไม่อ่อนตัว ถูกเปลี่ยนเป็นเมทิลคีโตน และ/หรืออะเซเทอร์ ทำให้กลินของากถ้วาเหลืองที่ไม่เพียงประสิทธิภาพลดลงอย่างมาก

## 2. การทำแห้ง

ปริมาณความชื้นในากถ้วาเหลืองเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย ทำให้การทำแห้งเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างมากที่จำเป็นต้องทำเพื่อให้ากถ้วาเหลืองมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น และง่ายต่อการนำไปใช้งาน

เทคนิคการทำแห้งากถ้วาเหลืองได้รับการศึกษาอย่างแพร่หลาย งานศึกษาของ Cui และ Luo (1997) ใช้ flash dryer กับเครื่องบดในการทำแห้งากถ้วาเหลืองซึ่งได้ผลลัพธ์ดี แต่ Taruna และ Jindal (2002) ได้ศึกษาการใช้ continuous fluidised bed ในการทำแห้งากถ้วาเหลือง แม้ว่าเทคนิคการทำให้แห้งนี้จะให้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้ ทั้งในเรื่องของจนศาสตร์ในการทำให้แห้ง และการใช้พลังงาน แต่พบว่าอัตราการทำแห้งลดลงเนื่องจากการรวมตัวกันของอนุภาค จากการศึกษาโดย Wachiraphansakul และคณะ (2005) หากถ้วาเหลืองที่ถูกทำให้แห้งใน fluidised bed มีคุณสมบัติที่ยอมรับได้ในเรื่องของสี ปริมาณโปรตีน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการทำแห้งด้วยการใช้ลมก็คือสามารถทำแห้งได้ในปริมาณน้อย นอกจากนี้การเติมชิลิกาเจลซึ่งใช้เป็นอนุภาคดูดซับน้ำพบร่วมกับการทำกระบวนการทำให้แห้งง่ายขึ้น ทั้งในเรื่องของจนศาสตร์ในการทำให้แห้ง และคุณภาพของากถ้วาเหลือง และการบำบัดหากถ้วาเหลืองก่อนกระบวนการด้วยสนามไฟฟ้าแรงสูงสามารถปรับปรุงความเร็วการอบแห้งได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการทำให้แห้งในเตาเผา โดยลดเวลาในการทำแห้งลงร้อยละ 15-40 (Cui and Luo, 1997)

นอกจากนี้การทำแห้งแบบสูญญากาศด้วยไมโครเวฟเป็นตัวเลือกที่มีศักยภาพ และมีประสิทธิภาพเทียบเท่าการทำแห้งแบบแข็งเยือกแข็งได้เนื่องจากการทำให้แห้งเร็ว วิธีการทำแห้งแบบนี้มีเวลาในการทำให้แห้งที่ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยลมร้อน และการทำให้แห้งแบบเยือกแข็งร้อยละ 90 ในขณะที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งจะใกล้เคียงกับที่ได้จากการทำแห้งแบบแข็งเยือกแข็ง (Li et al., 2006)

Guimaraes และคณะ (2020) ได้ศึกษาการทำแห้งากถ้วาเหลืองด้วยวิธีที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของแป้งที่ได้ พบว่าการทำแห้งแบบอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ให้กากถ้วาเหลืองที่มีคุณภาพดีกว่าหั้งสี กลิ่น ปริมาณเส้นใย และสารไอโซฟลาโนนอะกอลโคน เมื่อเทียบกับการทำแห้งแบบ microwave และการทำแห้งแบบแข็งเยือกแข็ง

## 3. การกำจัดไขมัน

หากถ้วาเหลืองแม้จะผ่านการทำแห้งแล้ว แต่ก็ยังคงมีไขมันสูง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อในการเก็บรักษา เนื่องจากไขมันในถ้วาเหลือง เป็นสาเหตุของกลิ่นหืน หรือกลิ่นไม่เพียงประสิทธิ์ และไม่เป็นที่ยอมรับ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการทำจัดไขมันก่อนนำไปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยใช้ตัวทำละลาย ethyl ether หรือ hexane 硕ดน้ำมันออกจากากถ้วาเหลือง โดยอาจทำการ硕ดซ้ำได้มากกว่าหนึ่งครั้ง (Mateos-Aparicio et al., 2010, Yoshida and Prudencio, 2020)

## บทสรุป

หากถ้วาเหลืองเป็นผลผลิตได้จากการผลิตนมถ้วาเหลืองที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็นสารปรุงแต่งเนื้อสัมผัส มีปริมาณโปรตีน และเส้นใยสูง แต่หากถ้วาเหลืองมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน และมีสารต้านออกไซด์ จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการในการปรับสภาพหากถ้วาเหลืองให้เหมาะสม และปรับปรุงคุณภาพของากถ้วาเหลืองให้มากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2560. รายงานสถานการณ์ของมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย 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 Agroecol. 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, Wongkhalaung 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  $\gamma$ -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, Katoh 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 ang 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 พฤษภาคม 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 fermentedated by *Grifola frondosa*. *Int J Biol.* 7 : 82.

# การแพ้แมลงกินได้

## Edible insects allergy

ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนาศิริธรรม (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 ปัจจุบันมีการบริโภคเพร่หลายมากขึ้น แมลงส่วนใหญ่ที่นำมาบริโภค ได้แก่ แมลงกิ่น (จิ้นนุน) แมลงกุดจี แมลงดานา ตัวอ่อนผึ้ง มดแดง ตัวอ่อนของต่อ จิงโกรัง จิงหรีด ตึกแต่น แมลงกระazon แมลงเหneedle แมลงตับเต่า แมลงมัน แมลงเม่า แมลงค่อมทอง หนอนเยื่อไฝ หนอนและตักแต่ไข่ม รูปแบบการนำมาบริโภค มีทั้งบริโภคทั้งตัวและแปรรูปเป็นส่วนผสมในอาหาร มีรายงานการแพ้จากการบริโภคแมลงกินได้ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้ส่วนใหญ่ ได้แก่ โทรโพเมโนไซน (tropomyosin) และอาร์-จิโนไคเนส (arginine kinase) ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญในสตอร์น้ำมีเบล็อก เนื่องจากจิงหรีดเป็นแมลงที่มีแนวโน้มการบริโภคสูงขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ บทความนี้ได้รายงานการวิจัยเกี่ยวกับสารก่อภูมิแพ้ในจิงหรีดเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยในอนาคต

**คำสำคัญ :** แมลงกินได้ อาการแพ้ สารก่อภูมิแพ้จากแมลงกินได้

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

## บทนำ

สภาวะการณ์ของโลกปัจจุบันที่ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และจากปัญหาสภาพอากาศแปรปรวนจากภาวะเรือนกระจกทำให้มีปัญหาการผลิตอาหารไม่เพียงพอ กับความต้องการบริโภค FAO คาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ. 2050 ประชากรโลกจะเพิ่มมากขึ้นถึง 9,000 ล้านคน ซึ่งอาจเกิดปัญหาการขาดแคลนทั้งอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ จึงต้องแสวงหาแหล่งอาหารโปรตีนทดแทนเพื่อรับสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำรองสำหรับประชากรของโลกที่เพิ่มขึ้นได้ โดยเฉพาะโปรตีนที่มีคุณภาพเนื่องจากแหล่งโปรตีนส่วนใหญ่นั้นมักจะเป็นปศุสัตว์หรือมาจากการเพาะปลูกที่ใช้เวลาและพื้นที่จำนวนมาก นอก จากนี้ แหล่งโปรตีนจากสัตว์ก็ยังมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนอ้วร์โมน ยาปฏิชีวนะ และยาฆ่าแมลง โปรตีนที่ผลิตจากแมลง มีคุณค่าทางสารอาหารสูง สะอาด ปราศจากสารเคมี ใช้ทรัพยากรธรรมชาติน้อยมาก ทำให้ปริมาณของเสียต่ำ และคุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อเทียบกับกระบวนการผลิตโปรตีนจากแหล่งอื่นประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศไทยที่มีวัฒนธรรมการบริโภคแมลง และภาครัฐมีการส่งเสริมให้เลี้ยงแมลงเป็นสัตว์เศรษฐกิจมากกว่า 20 ปีแล้ว ปัจจุบันคนไทยนิยมบริโภคแมลงทอด และในอนาคตมีแนวโน้มจะมีผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแมลงเพื่อการบริโภคมากขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ แมลงเป็นแหล่งของโปรตีนและสารอาหารสำคัญอีกหลายชนิด อย่างไรก็ตามแมลงที่นำมาบริโภคอาจปนเปื้อนสารอันตราย เช่น สารกำจัดศัตรูพืช สารก่อภูมิแพ้ และเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้นในการบริโภคแมลง ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย สำหรับผู้ที่มีประวัติการ

แพ้อาหารทะเล หรือการได้รับหรือสัมผัสสารก่อภูมิแพ้ ฯ อาจมีอาการแพ้ได้ ซึ่งมีรายงานการแพ้จากการบริโภคแมลงกินได้พบทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

## การบริโภคแมลงกินได้

ประเทศไทยนิยมบริโภคแมลง ได้แก่ เม็กซิโก บราซิล กานา ไทย จีน เนเธอร์แลนด์ และ สหรัฐอเมริกา ในประเทศไทยมีบางพื้นที่ในภาคเหนือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ที่มีการบริโภคแมลงมานานแล้ว ปัจจุบันเริ่มมีการบริโภคแมลงแพร่หลายมากขึ้น รายงานแมลงกินได้ในประเทศไทย พบประมาณ 154 ชนิด ซึ่งมีจำนวนมากกว่าที่นำมาบริโภคจริง ๆ แมลงที่คนไทยส่วนใหญ่รู้จักและนำมารับประทาน ได้แก่ แมลงกินนุน (dung beetle) แมลงกุดจี แมลงданา ตัวอ่อนผึ้ง แมดแดง ตัวอ่อนของต่อ จิงโกรัง จิ้งหรีด (cricket) ตึกแตน (grasshopper) แมลงกระชอน แมลงเหี้ยง แมลงตับเต่า (ด้วงดึง) แมลงมัน แมลงเม่า แมลงคื่อมทอง หนอนเยือกไฝ (bamboo caterpillar) หนอนนก (tenebrio molitor) และดักแด้ไหม (silkworm pupa) วิธีนำมารับประโภคคือ การหยอด ปีง ย่าง คั่ว หมก อ้อม แกง ยำ และตำน้ำพริก (หศนីយ และឃុបា ម.ប.ប.) ยังมีผลิตภัณฑ์อาหารเกี่ยวกับแมลงอีกหลายรูปแบบ เช่น ซอสมะลง แย้มมะลง แมลงผง ลูกอมแมลง แป้งทำขนม คุกเก็้มแมลง แมลงย่างร่มควัน չอกโกแลตแมลง พาสต้าแมลง เครื่องดื่ม ผงแป้งจิ้งหรีดสำหรับเป็นส่วนผสมอาหาร โดยแมลงที่ได้รับความนิยมมากที่สุดได้แก่ จิงหรีด ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์อาหารจากแมลงแสดงดังรูปที่ 1



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

แมลงเป็นแหล่งอาหารที่อุดมด้วยโปรตีน เมื่อเทียบคุณค่าทางอาหารกับเนื้อสัตว์บางชนิด พบร่วมแมลงมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 9.6-21.0 ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีนจากเนื้อไก่ วัว และหมู อยู่ที่ร้อยละ 20.8, 20.0 และ 14.1 ตามลำดับ นอกจากโปรตีนแล้วแมลงยังมีไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุอีกหลายชนิด ดังแสดง

ในตารางที่ 2 ถือได้ว่าแมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง อย่างไรก็ต้องการบริโภคแมลงต้องคำนึงถึงความปลอดภัย อาจมีสารพิษจากแมลงถ้าไม่ทำให้สุก หรือสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือยาฆ่าแมลงป่นเปื้อน หรือเกิดการแพ้ในคนที่เป็นโรคภูมิแพ้ หรือคนที่ประวัติการแพ้อาหารจากการบริโภคเนื้อสัตว์ประเภท กุ้ง หอย ปู เป็นต้น

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของแมลงต่อน้ำหนักสด 100 กรัม

ชื่อแมลง	ความชื้น (กรัม)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	สารประกอบจำพวก แป้งและน้ำตาล (กรัม)	กากระดูก (กรัม)	เก้า (กรัม)	พลังงาน (กิโลแคลอรี)
แมลงกระชอน	71.2	15.4	6.3	1.7	2.7	2.7	125.1
แมลงกินนุน	74.1	13.4	1.4	2.9	5.0	3.2	77.8
แมลงกุดจี้	68.4	17.2	4.3	0.2	7.0	2.9	108.3
จิโป้ม	73.3	12.8	5.7	2.6	3.1	2.5	112.9
จิงหรีด	71.4	12.9	5.5	5.1	3.0	2.1	121.5
แมลงданา	63.2	19.8	8.3	2.1	5.0	1.6	162.3
ดักเต้่ใหม	80.6	9.6	5.6	2.3	1.0	0.9	98.0
ตักแตนเล็ก	61.1	20.6	6.1	3.9	4.0	4.3	152.9
ตักแตนใหญ่	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
ตัวเปี๊ง	66.1	12.7	12.5	4.9	2.8	1.0	182.9
ไข่เมดแดง	81.9	7.0	3.2	6.5	0.8	0.6	82.8

ที่มา : กัณฑ์วรร (2542)

ตารางที่ 2 ปริมาณแร่ธาตุและวิตามินในแมลงกินได้ต่อหนึ่งหนักแมลงสด 100 กรัม

ชื่อแมลง	แร่ธาตุ					วิตามิน		
	แคลเซียม (มก.)	ฟอสฟอรัส (มก.)	เหล็ก (มก.)	โซเดียม (มก.)	โพแทสเซียม (มก.)	บี 1 (มก.)	บี 2 (มก.)	ไนอาซีน (มก.)
แมลงกระชอน	75.7	254.1	41.7	97.0	267.8	0.20	1.89	4.81
แมลงกินนูน	22.6	207.0	6.0	464.8	462.7	0.29	1.19	3.99
แมลงกุดจี้	30.9	157.9	7.7	292.6	287.6	0.19	1.09	3.44
จิ่วเป่เม	88.2	163.4	14.4	56.5	276.6	0.26	1.78	2.31
จังหวีด	75.8	185.3	9.5	86.7	305.5	0.36	1.91	3.10
แมลง丹ana	43.5	225.5	13.6	83.5	191.7	0.09	1.50	3.90
ดักแด๊ใหม	41.7	155.4	1.8	13.6	138.7	0.12	1.05	0.86
ตื๊กแต่นเล็ก	35.2	238.4	5.0	266.8	237.4	0.23	1.86	4.64
ตื๊กแตนใหญ่	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
ตัวเปีง	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 มีทั้งที่มีอาการแพ้เล็กน้อยจนถึงมีอาการแพ้แบบรุนแรงหรืออนาคตพยาธิแพล็กซิส (anaphylaxis) ซึ่ง เป็นอาการแพ้แบบฉับพลันที่เกิดขึ้นมากกว่า 1 ระบบ ของร่างกายในเวลาเดียวกันหรือไม่เลี้ยงกันและมีอาการรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ โดยมากมักเกิดภายใน 5-30 นาทีหลังจากได้รับสารก่อภูมิแพ้ หรือไม่เกิน 2 ชั่วโมง หลังได้รับสารก่อภูมิแพ้ ระบบของร่างกายที่แสดงอาการแพ้หลัก ๆ มี 4 ระบบ คือ

- ระบบผิวน้ำและเยื่อบุ เช่น อาการคัน ตัวแดง ผื่นลมพิษ ปากบวม หน้าบวม
- ระบบทางเดินหายใจ เช่น อาการหอบเหนื่อย หายใจมีเสียงวีด หลอดลมตีบ คัดจมูก
- ระบบหัวใจและหลอดเลือด เช่น อาการวีียนศีรษะ วูบ หมดสติ ความดันต่ำ
- ระบบทางเดินอาหาร เช่น อาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ถ่ายเหลว

การเกิดอนาฟายแพล็กซิสอาจเป็นที่ 2 ระบบใด ๆ ที่ได้ หรือเป็นทุกรอบ (โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์, 2561) รายงานวิจัยพบหญิงชาวอินเดีย อายุ 29 ปี มีอาการเป็นลมพิษ เจ็บแปลบ และหายใจไม่ออกร หลังจากการบริโภคจังหวีด (Pier and Lomas, 2017) ส่วนแมลงที่บริโภคมากที่สุดในประเทศไทยคือ ดักแด๊ใหม บริโภคโดยการหยอด ต้ม หรือเป็นผง ในแต่ละปีมีรายงานผู้ป่วยมากกว่า 1,000 ราย มีอาการอนาคตพยาธิแพล็กซิส หลังจากบริโภคดักแด๊ใหม และ 50 คน มีอาการแพ้ที่รุนแรงต้องเข้ารับการรักษาในห้องฉุกเฉิน ผู้ป่วย 14 คน มีและรู้สึกคันที่ปากและหน้า โดยเป็นผู้ป่วยชาวจีน 13 ราย และ 1 ราย เป็นชายชาวฝรั่งเศสที่มาเที่ยวประเทศไทยซึ่งรับประทานดักแด๊ใหมหยอดน้ำมันเป็นครั้งแรก (Ji et al., 2008) Pener (2014) รายงานอาการแพ้อ่อนตัว รุนแรงจากบริโภคตื๊กแตนหยอดและจังหวีดในประเทศไทยและจีน ในปี พ.ศ. 2563 Chomchai และคณะ (2020) จากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

ประเมินความชุกและความสัมพันธ์ระหว่างโรคภูมิแพ้ กับอาการแพ้หลังจากการบริโภคแมลง จากการสอบถามผู้บริโภคแมลง 140 คน พบร่วม 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 (%))
ผู้เข้าร่วมที่มีอาการแพ้อาการ	18 (12.9)
ผื่นผิวหนังและอาการคัน	14 (10.0)
หายใจลำบากหรือหายใจลำบาก	6 (4.3)
เยื่อบุตาอักเสบ	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 ใหม่ ตักแต่น จิ้งหรีด และหนอนไม้ไผ่ ซึ่งพบว่าอาการแพ้หลังบริโภคแมลงมีความสัมพันธ์กับผู้ที่มีประวัติการแพ้เกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้ผิวหนัง และแพ้อาหารทะเล คนส่วนใหญ่ที่กินแมลงกินได้อาจมีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการแพ้ต่อถึงไม่มีเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่มีประวัติการแพ้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความไวสามารถเกิดขึ้นได้จากการสัมผัสกับสารก่อภูมิแพ้ช้ำ ๆ จึงควรรับประทานแมลงด้วยความระมัดระวังเมื่อนำมาประกอบอาหาร

### สารที่ทำให้เกิดการแพ้

สารก่อภูมิแพ้ในอาหาร ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนที่ห้งจากพืชหรือสัตว์ที่ละลายน้ำได้ น้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 3-160 kDa ส่วนมากมีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง

20-70 kDa (Picareillo *et al.*, 2011) โปรตีนเหล่านี้เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ เช่น อาร์จิโนเคนส์ (arginine kinase, AK) หรือ โปรตีนโครงสร้าง เช่น โทรโพไมโอดีน (tropomyosin, TM) Jenkins และคณะ (2007) รายงานว่า สารก่อภูมิแพ้ในอาหารที่มาจากการสัตว์สามารถจำแนกได้เป็นโปรตีนหลัก 3 กลุ่ม (family) และโปรตีนรอง 14 กลุ่ม โปรตีนหลักสำคัญ ได้แก่ โทรโพไมโอดีนโปรตีน EF-hand และเคเชิน (casein) โปรตีนรอง ได้แก่ เค-เคเชิน ( $\kappa$ -casein) ลิปोแคลลิน (lipocalin) ซีรัมอัลบูมิน (serum albumin) ซีไฟฟ์ไลโซไซม์ (c-type lysozyme) ทรานส์เฟอร์ริน (transferrin) อิมมูโน-กลوبูลิน (immunoglobulin) อาร์จิโนเคนส์ เชอพิน (serpin) โวโอมูซิน (ovomucin) วิตอเจลลิน-เอ็น (vitogellin N) สารบับบี้งเคซออล (Kazal

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

TM เป็นโปรตีนที่พบมากในอาณาจักรสัตว์ (animal kingdom) พบได้ในเซลล์รูคาริโอดเกือบทั้งหมดเป็นโปรตีนกล้ามเนื้อและไมใช่กล้ามเนื้ออよ่างไรก็ดีมีเพียง TM จากสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เท่านั้นที่เป็นสารก่อภูมิแพ้ ลำดับของกรดอะมิโนของ TM จากสัตว์ขาปล้อง (Arthropods) มีรายงานในฐานข้อมูล (data base) แล้วได้แก่ สัตว์น้ำมีเปลือก (shellfish) แมลงบางชนิด (ไรฝุ่น แมลงสาบเยอร์มัน อเมริกา) (Shafique *et al.*, 2012) TM เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญในกุ้งและหอยแครง โปรตีนนี้มีหลายไอโซฟอร์ม พบรูปในเนื้อยื่นและกล้ามเนื้อ โดยจำแนกด้วยจากสัตว์จำพวกครัสเตเชียน (crustacean) หรือสัตว์น้ำมีเปลือกหอยชนิด เช่น กุ้ง ก้าม กุ้ง และปู ตลอดจนกลุ่มของหอย และปลาหมึก ลักษณะโครงสร้างของ TM โดยเฉพาะในกุ้งมีการศึกษาอย่างละเอียด ส่วนสัตว์กลุ่มหอย (mollusk) และแมลงมีการศึกษายังไม่มาก (Pedrosa *et al.*, 2014) โครงสร้าง TM แตกต่างกันในสัตว์แต่ละสปีชีส์แต่มีความคล้ายคลึงกันในสัตว์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Lopata *et al.*, 2010) TM จัดเป็นสารก่อภูมิแพ้หลักในสัตว์น้ำมีเปลือก สารก่อภูมิแพ้อื่นที่พบได้แก่ AK ไมโอซินไลท์เชน (myosin light chain) และชาโครพลาสมิกแคลเซียมไบน์ดิ้งโปรตีน (sarcoplasmic calcium binding protein) ตัวอย่างสารก่อภูมิแพ้จากสัตว์น้ำมีเปลือก และหอยที่ได้ขึ้นทะเบียนกับ IUIS (International Union of Immunological Societies) แสดงดังตารางที่ 4

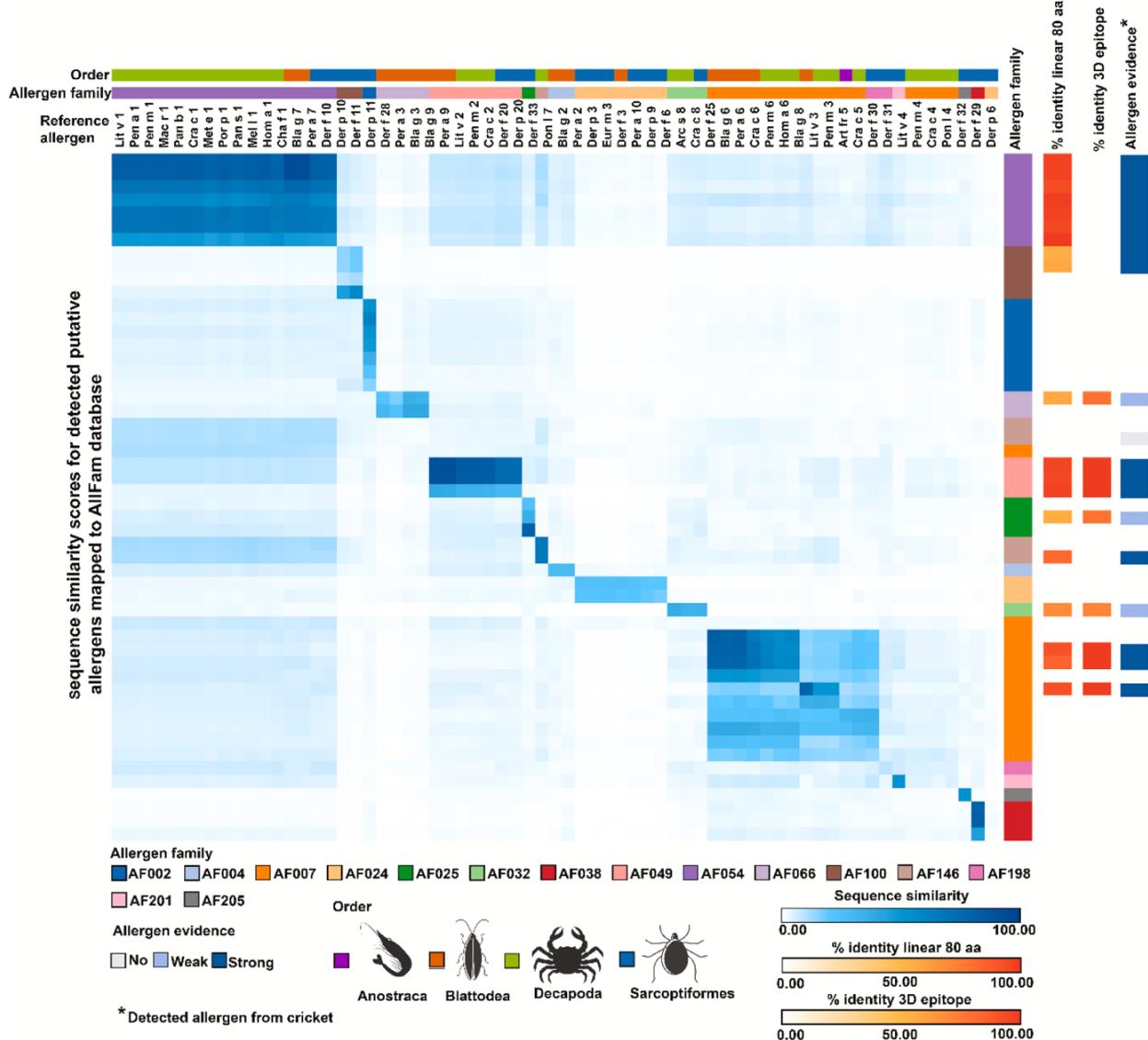
โปรตีนสารก่อภูมิแพ้จะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน (homologous protein allergen) ในสัตว์กลุ่มเดียวกันหรือกลุ่มใกล้เคียงกัน เช่น โปรตีน TM ของกุ้ง

lobster (Hom a1 และ Pan s1) ปู (Cha f1) และกุ้ง (Met e1) มีความเหมือนกันร้อยละ 98 การที่สารก่อภูมิแพ้มีโครงสร้างโปรตีนเหมือนหรือคล้ายคลึงกันทำให้การเกิดแพ้ข้าม (cross-reactivity) ได้ โดยในผู้แพ้กุ้งlobster จะมีโอกาสแพ้ปูได้ จากการศึกษาในผู้ป่วยที่แพ้ TM จากอาหารทะเลทั้งสัตว์น้ำมีเปลือกและหอยมีการแพ้ข้ามได้ การแพ้สัตว์น้ำมีเปลือกร่วมกับสารก่อภูมิแพ้ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะสารก่อภูมิแพ้ระบบทางเดินหายใจจากกลุ่มแมลง เช่น ไรฝุ่นและแมลงสาบ เนื่องจากห้องหมวดอยู่ในไฟลัมอาร์โตรพอด สารก่อภูมิแพ้จึงมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน พบว่า TM ของสัตว์น้ำมีเปลือกคล้ายกับสารก่อภูมิแพ้ในแมลงสาบ (Per a7 และ Blag7) และไรฝุ่น (Der p10 และ Derf 10) สูงถึงร้อยละ 84 นำมาสู่ความเห็นเรื่องการเกิดการแพ้ร่วมกันที่เรียกว่า “mite-crustaceans-mollusc syndrome” โดยเชื่อว่าผู้ป่วยเริ่มจากอาการไวต่อสารก่อภูมิแพ้จากไรฝุ่นโดยเกิดจากการสูดดมในอากาศก่อน และต่อมาเมื่อรับประทานอาหารกลุ่มสัตว์น้ำมีเปลือกจึงเกิดการแพ้ได้ (มงคล 2559)

Bose และคณะ (2021) ศักดิ์โปรตีนจากจังหวีดเพื่อระบุสารก่อภูมิแพ้ เปรียบเทียบกับแมลงและสัตว์น้ำมีเปลือก ซึ่งอยู่ในกลุ่มอาร์โตรพอดเหมือนกัน และใช้เป็นโปรตีนสารก่อภูมิแพ้อ้างอิงจากฐานข้อมูล AllFam ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 2 เป็นแผนภาพความหนาแน่นแสดงคะแนนความคล้ายคลึงกันของสารก่อภูมิแพ้อ้างอิง 73 ชนิด (คอลัมน์) กับสารศักดิ์โปรตีนจากจังหวีด (แถว) สารก่อภูมิแพ้อ้างอิงประกอบด้วย สารก่อภูมิแพ้จากกลุ่มของแมลงกินได้และแมลงที่ก่อให้เกิดการแพ้ทางการหายใจและกลุ่มสัตว์จำพวกครัสเตเชียนจากฐานข้อมูล AllFam ด้านบนแผนภาพ สารก่อภูมิแพ้อ้างอิงอิงจัดประเภทตามลำดับ (order) แมลง (อนุกรมวิธาน) และกลุ่มสารก่อภูมิแพ้อ้างอิง AF (ฐานข้อมูล AllFam) โดยใช้ระบบการตั้งชื่อสารก่อภูมิแพ้ของ IUIS ทางด้านขวา

ของแผนภาพ คือสารก่อภูมิแพ้จากจิงหรีดที่ตรวจพบโดย LC-MS จำแนกตามกลุ่มของสารก่อภูมิแพ้วิเคราะห์ความเหมือนหรือคล้ายคลึงโดยใช้ซอฟต์แวร์ AllerCatPro เปอร์เซ็นต์ความเหมือนกันแสดงผลลัพธ์เป็นลำดับของกรดอะมิโน 80 ชนิดและ 3D เอปิโทป (3D epitope) และแสดงเป็นคอลัมน์ด้านซ้ายมือ จากการศึกษาพบว่า สารก่อภูมิแพ้จากจิงหรีด 52 ชนิด เป็นสารก่อภูมิแพ้จาก 15 กลุ่ม พbmagaที่สุดในกลุ่ม 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 และไร ในขณะที่สารก่อภูมิแพ้ AF002 ตรวจพบในไรบ้านเท่านั้น นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่า ลำดับกรดอะมิโนของโปรตีนจากจิงหรีด กลุ่ม AF049 (AK) AF146 (troponin I และ T) และ AF032 (triosphosphate isomerase มีความคล้ายคลึงกับสารก่อภูมิแพ้ของกุ้งปูและแมลงสาบ ดังนั้นผู้ที่แพ้กุ้งปู และแมลงสาบอาจมีอาการแพ้จากการบริโภคจิงหรีดได้



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

ตารางที่ 4 สารก่อภูมิแพ้จากสัตว์น้ำมีเปลือกหิ้นทะเบียนไว้กับ 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
Mollusca	Lobsters	Hom a 1	American lobster	<i>Homarus americanus</i>	Tropomyosin
		Pan s 1	Spiny lobster	<i>Panulirus stimpsoni</i>	Tropomyosin
	Gastropods	Hel as 1	Brown garden snail	<i>Helix aspersa</i>	Tropomyosin
Cephalopods	Tod p 1	Squid	<i>Todarodes pacificus</i>	Tropomyosin	

ตารางที่ 4 สารก่อภูมิแพ้จากสัตว์น้ำมีเปลือกที่ขึ้นทะเบียนไว้กับ IUIS แบ่งตามกลุ่ม ชื่อสารก่อภูมิแพ้ ชื่อทัวไปและชื่อวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

Shellfish Species					
	Allergen Name	Common name	Scientific name	Allergen	
Crustacea	Arc s 8	Crustacean species	<i>Archaeopotamobius sibiricensis</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	<i>Litopenaeus vannamei</i>	Arginine kinase	
	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 จากหนอนใหม เป็นสารก่อภูมิแพ้ที่สำคัญ เอ็นไซม์นี้เกิดการแพ้ข้ามกับ AK ของแมลงสาบ และสารก่อภูมิแพ้อื่น ๆ ในสัตว์จำพวกหอย

นอกจากโปรดีนดังกล่าวข้างต้นแล้ว อีสตามีน เป็นสารอีกชนิดหนึ่งที่อาจทำให้เกิดการแพ้ได้ โดยอีสตามีนเป็นเอมีนชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สามารถผลิตได้จากแบคทีเรียบางชนิดโดยจะเปลี่ยน “อิสทิตีน” ซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งไปเป็น “อีสตามีน” การบริโภคแมลงที่ไม่สะอาดมีการปนเปื้อนแบคทีเรียในปริมาณสูงจะสร้างอีสตามีนทำให้ไปเพิ่มอีสตามีนในร่างกายถ้ามีปริมาณสูงมากเกินอาจส่งผลให้เกิดอาการแพ้ได้ โดยเฉพาะผู้ที่มีอาการโรคภูมิแพ้ แต่ถ้าร่างกายสามารถทำลายได้ไม่เป็นอันตรายก็จะไม่เกิดการแพ้

## บทสรุป

แมลงกินได้เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประเทศไทยนิยมบริโภคแมลงมาช้านานและมีแนวโน้มนิยมบริโภคกันมากขึ้นทั้งในประเทศและต่างประเทศ มักบริโภคในรูปแบบที่เป็นแมลงทั้งตัว และเริ่มมีการนำมาปรุงเป็นส่วนผสมอาหารมากขึ้น มีรายงานการแพ้จากการบริโภคแมลงทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศในหลายกรณี ซึ่งมีทั้งอาการแพ้เล็กน้อยจนถึงขั้นแพ้รุนแรง สารก่อภูมิแพ้ในแมลงกินได้ส่วนใหญ่มาจากโปรดีน ได้แก่ TM และ AK ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ที่พบในสัตว์น้ำมีเปลือก จากการศึกษาสารก่อภูมิแพ้ในจิงหรีดพบว่า มีโครงสร้างลำดับของกรดอะมิโนคล้ายคลึงกันกับสารก่อภูมิแพ้ในสัตว์น้ำมีเปลือกและแมลงสาบ

### เอกสารอ้างอิง

- กัณฑ์วีร์ วิรัตน์พานิชย์. 2542. แมลงอาหารมนุษย์ในอนาคต. สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. โรงพิมพ์องค์การส่งเสริมฯทหารผ่านศึก. กรุงเทพมหานคร.
- หัศนีย์ แจ่มจรรยา และ ยุพา หาญบุญทรง. ม.บ.ป. ความสำคัญชนิดและคุณค่าทางโภชนาการของแมลงกินได้.  
[https://home.kku.ac.th/orip2/orip\\_main/attach/knowledge\\_1407230024\\_bug%20nutrition.pdf](https://home.kku.ac.th/orip2/orip_main/attach/knowledge_1407230024_bug%20nutrition.pdf) [1 พฤศจิกายน 2564].
- มงคล เหล่าอรย. 2559. การแพ้อาหารทะเล. เสียงใหม่เวชสาร. 55(2) : 81-93.
- โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชกุลรุณย์. 2561. โรคภูมิแพ้ รับมืออย่างไร ? เมื่อมีอาการรุนแรง (Anaphylaxis).  
<https://www.siphospital.com/th/news/article/share/832/Anaphylaxis> [5 พฤศจิกายน 2564].
- Bose U, Broadbent JA, Juhász A, Karnanedi 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.
- Koeberl 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.
- Picarello 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...คุ้มค่าเกินราคา

Banana blossom... worth more than the price

✉ ช่อลัดดา เที่ยงพุก (Chowladda Teangpook)

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป (Department of Food Processing and Preservation)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

หัวปลี หรือ ปี (เนื้อ) หรือปลีกลัวย (banana blossom, male bud) คือ ดอกของต้นกลัวย (*Musa sapientum Linn.*, *paradisaca Linn.*) ที่ไม่เจริญเป็นผล ประกอบด้วยผลอ กตัวผู้ ที่คั่นไว้ด้วยกาบปลี (bract) สีขาวด้านใน และสีม่วงแดงด้านนอก กลัวย จัดเป็นไม้ล้มลุกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก เป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับ 4 ในประเทศไทยกำลังพัฒนา ถัดจากข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด กลัวยเป็นพืชที่ปลูกมากกว่า 100 ประเทศ ทั่วภูมิภาคเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน มีพื้นที่ประมาณ 10 ล้านเฮกเตอร์ โดยมีผลผลิตปีละประมาณ 88 ล้านเมตริกตัน (Jahan *et al.*, 2010; Sharrock and Frison, 1998) หัวปลีมีรูปทรงคล้ายหยดน้ำ โคนปลีกว้าง ปลายปลีแหลม หัวปลีจัดเป็นผักประเภทสมุนไพรที่นิยมรับประทานในประเทศไทยนานแล้วรวมทั้งในอาเซียน ปัจจุบันในต่างประเทศกำลังเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะชาวเยอรมันกลุ่มวีแกนที่รับประทานแทนเนื้อสัตว์ เพราะหัวปลีมีเส้นใยเนียวยแน่นและให้พลังงานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับกลัวยสุกแล้ว หัวปลีมีแคลอรีน้อยกว่า 6 เท่า แต่ให้แคลอรียังสูงกว่ากลัวย 4 เท่า และมีโปรตีนมากกว่าเล็กน้อย ใน

ประเทศไทยปลูกกลัวยกันมากมายทั่วทุกภาค มีจำนวนอยู่ทั้งปี ราคาถูก

หัวปลีประกอบด้วยสารอาหารแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์และพื้นที่ปลูก ดังตารางที่ 1 แสดงสารอาหารในหัวปลีสดสายพันธุ์ไทย และหัวปลีสดสายพันธุ์จีน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Baxijiao (AAA) และ Paradisical (AAB) พบกรดอะมิโนส่วนใหญ่คือ glycine, leucine, alanine และ aspartic ในหัวปลีทั้ง 2 สายพันธุ์ ไขมันประกอบด้วยกรดไขมันอิมตัวร้อยละ 65-66 ส่วนใหญ่เป็นกรด linoleic ในขณะที่กรดไขมันอิมตัวมีปริมาณต่ำและส่วนใหญ่คือกรด palmitic หัวปลีแห้งสายพันธุ์อินเดียพันธุ์ Nanjangud rasa bale มีอาหารแบบนิวทรอลดีเทอร์เจน 75.61 กรัม (neutral detergent fiber คือส่วนประกอบของผนังเซลล์ ที่ไม่สามารถละลายในสารละลายที่เป็นกลาง ประกอบด้วยพวกรถี่อยู่ทั้งหมด คือ เอมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ชิลิก้า และเคราติน) ไขอาหารแบบแอชิดดีเทอร์เจน 58.78 กรัม (acid detergent fiber คือ hemicellulose ซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นสารประกอบพวกรถี่อยู่ทั้งหมด คือ เอมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ชิลิก้า และเคราติน)

คาร์บอไฮเดรตที่ไม่ละลายน้ำ) หัวปลีสดมีปริมาณน้ำมากที่สุด มีไขมันและโปรตีนต่ำ จึงให้พลังงานน้อย และเนื่องจากสารอาหารในหัวปลีน้ำออกจะได้หัวปลีแห้งที่มีไขมานามาก

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

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
คาร์บอไฮเดรต	5.20 กรัม	-	53.78 กรัม	93.42-95.17 กรัม
สตาร์ช (starch)	-		0.61 กรัม	
ไขอาหาร	0.80 กรัม	4.96-5.74 กรัม	70.07 กรัม	15.32-15.48 กรัม
ไขอาหารละลายน้ำ	-	-	7.14 กรัม	-
ไขอาหารไม่ละลายน้ำ	-	-	62.93 กรัม	-
เซลลูโลส	-	-	47.30 กรัม	-
เอมิเซลลูโลส	-	-	16.83 กรัม	-
ลิกนิน	-	-	11.48 กรัม	-
กรดยูโรนิก	-	-	27.72 กรัม	-
เก้า	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	-
น้ำตาลฟрукโตส	-	-	0.44 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลกลูโคส	-	-	0.53 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลซูครส	-	-	0.77 มิลลิกรัม	-
น้ำตาล mol โตส	-	-	0.94 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลไอโซโลส	-	-	0.002 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลอราบิโนส	-	-	0.15 มิลลิกรัม	-
น้ำตาลแรมโนส	-	-	0.005 มิลลิกรัม	-
พลังงาน	28 กิโลแคลอรี่	-	63.20 กิโลแคลอรี่	-

## สมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties)

สมบัติเชิงหน้าที่เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารด้านอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการ Ramu และคณะ (2017) รายงานสมบัติเชิงหน้าที่ของหัวปลีแห้ง 1 กรัม มีความสามารถดูดซึมน้ำได้ (water holding capacity) 23.95 กรัม ซึ่งสูงกว่ารำข้าว (5.21 กรัม) และข้าวสาลีชนิดธูรัม (durum) (1.5–2.1 กรัม) มีค่าการละลาย (solubility) 13.08 กรัม ค่ากำลังการพองตัว (swelling power) 16.02 กรัม และปริมาณการจับน้ำมัน (oil holding capacity) 8.0 กรัม ซึ่งสูงกว่ากา愧ไยอื่น ๆ เช่น ไข่มะพร้าว (5.3 กรัม)

## สารพฤกษ์เคมี (phytochemical หรือ phytonutrients)

สารพฤกษ์เคมี หมายถึง สารเคมีที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบเฉพาะในพืช สารกลุ่มนี้อาจเป็นสารที่ทำให้พืชผักชนิดนั้น ๆ มีสี กลิ่น หรือรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว สารพฤกษ์เคมีเหล่านี้หลายชนิดมีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด เช่น โรคมะเร็ง สารพฤกษ์เคมีเมื่อเข้าสู่ร่างกายอาจช่วยทำให้อ่อนไขม์บางกลุ่มทำงานได้ดีขึ้น เอ็นไขม์บางชนิดทำหน้าที่ทำลายสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งปัจจุบันพบสารพฤกษ์เคมีแล้วมากกว่า 15,000 ชนิด เช่น สารฟีโนลิกช่วยรักษาโรคบางชนิด และจัดเป็นสารประกอบต้านจุลชีพ เป็นสาร polymeric phenolic ที่มีความฝาด (astringency) (Peteros and Uy, 2010) สารฟลาโวนอยด์ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยป้องตัว มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย มีรายงานว่าสารกลุ่มฟลาโวนอยด์หลายชนิด เช่น เอพิจินิน กาแลนจิน ฟลาโวนและฟลาโวนอล ไกลโคไซด์ ไอโซฟลาโวนส์ ฟลาวานอโนส และชาลโคน สามารถต้านการเจริญของแบคทีเรียได้ และมีฤทธิ์ต้านการอักเสบของ hesperidin (hesperidin) เอพิจินิน

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

หัวปลีมีสารพฤกษ์เคมีหลายชนิด แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งปริมาณสารพฤกษ์เคมีแตกต่างกันตามพันธุ์ แหล่งที่ปลูก และวิธีการสกัด โดยเฉพาะสารชาโภนิน สารฟีโนลิก และสารอัลคาลอยด์

สารพฤกษ์เคมีมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย โดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีโนลิกและฟลาโวนอยด์ (Anggraini et al., 2019) มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของหัวปลี เช่น Mahmood และคณะ (2011) รายงานว่าสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดหัวปลีด้วยน้ำ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate (DPPH) มีค่า  $IC_{50}$  (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 ส่งผลให้ลดการสร้างอนุมูลอิสระในเนื้อยี่້ อีกประสีทิคภาพใน

การป้องกันเซลล์ถูกทำลาย ป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ มะเร็ง เบาหวาน และกระเพาะอาหาร เป็นต้น สุกร (ม.ป.ป.) พบว่าหัวปลีกลั่วยหอมทอง มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยมีค่า  $IC_{50}$  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) ศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบจากหัวปลีกลั่วยไป กลั่วยน้ำว้า และกลั่วยหอม ด้วยสารสกัดจากน้ำกลั่น เอทานอล และเมทานอล พบว่าสารสกัดจากปลีกลั่wynน้ำว้าด้วยเอทานอลมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH ให้ค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ 0.37 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ตารางที่ 2 สารพฤกษ์เคมีในหัวปลีแห้ง ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

สารพฤกษ์เคมี	Sheng และ คงะ (2010)	Ramu และ คงะ (2017)	Sumathy และ คงะ (2011)	Mahmood และ คงะ (2011)	จันทกานต์ (2561)
บริมาณ้ำ	-	8.33 กรัม	-	-	
ไกโลไซด์	-	-	/	-	
แทนนิน	-	86.87 มิลลิกรัม	/	88.31 มิลลิกรัม	
ชาโภนิน	0.12 มิลลิกรัม	387.51 มิลลิกรัม	/	1430.00 มิลลิกรัม	
สเตียรอยด์	-	-	/	-	
ฟีนอล	-	201.12 มิลลิกรัม	/	5830.00 มิลลิกรัม	187.82 มิลลิกรัม กรดแแกลลิก
ฟลาโวนอยด์	5.27-5.90 มิลลิกรัม	83.49 มิลลิกรัม	/	3.98 มิลลิกรัม	
อัลคา洛ยด์	-	71.09 มิลลิกรัม	-	1560.00 มิลลิกรัม	
ออกซาเลต	-	20.54 มิลลิกรัม	-	-	
ไฟเตท	-	28.78 มิลลิกรัม	-	-	

และเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power assay (FRAP) มีค่าเท่ากับ 64.93 มิโครโมลาร์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือสารสกัดหยาบจากปลีกลั่วยไปและกลั่วยหอมด้วยเอทานอลตามลำดับ Joseph และคงะ (2014) พบว่าสารสกัดจากปลีกลั่วยสายพันธุ์ *Musa paradisiaca AAB Nendran variety* ด้วยเอทานอลมีค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ 0.063 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร Sheng และคงะ (2011) พบว่าสารสกัดจากปลีกลั่วยสายพันธุ์ *Musa spp. Baxijiao* และ *Paradisiaca* ด้วยเอทานอล มีค่า  $EC_{50}$  (Half maximum effective concentration, ความเข้มข้นที่สารนั้นให้ประสิทธิภาพร้อยละ 50) เท่ากับ 0.0049 และ 0.0058 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

## ความเป็นพิษของหัวปลี

Sumathy และคณะ (2011) ทดสอบฤทธิ์ความเป็นพิษของสารสกัดหัวปลีแบบ *Artemia salina* พบว่าไม่เป็นพิษ เมื่อเทียบกับสารโพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate) โดยมีค่า LC<sub>50</sub> (Lethality concentration, ค่าความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้สิ่งที่มีชีวิตที่ถูกทดสอบตายไปครึ่งหนึ่งของจำนวนที่ใช้ทดสอบทั้งหมด) เท่ากับ 9.97 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งมากกว่าค่าจุดตัดเพื่อตรวจจับความเป็นพิษที่ 1.0 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ดังนั้นสามารถรับประทานหัวปลีได้ในปริมาณมากตามที่ต้องการ

## สรรพคุณของหัวปลี

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

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

- ลดระดับน้ำตาลในเลือด Pari และ Umamaheswari (2000) ทำการศึกษาการให้สารสกัดหัวปลีด้วยคลอโรฟอร์มแก่หนูที่ป่วยเป็นเบาหวาน ขนาด 0.15, 0.20 และ 0.25 กรัม/กิโลกรัมของน้ำหนักร่างกาย เป็นเวลา 30 วัน พบว่าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเลือดและไกลโคซิเลต เอโมโนโกลบิน (glycosylated haemoglobin) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญและเพิ่มปริมาณเอโนโกลบินทั้งหมด สามารถลดอนุមูลอิสระในเนื้อเยื่อสารสกัดหัวปลีมีประสิทธิภาพมากกว่ายากลีบ,enclamide (glibenclamide) ซึ่งเป็นยากระตุ้นซัลโฟนิลยูเรีย (sulfonylurea) ที่มีกลไกการออกฤทธิ์ด้วยการกระตุ้นให้ตับอ่อนหลังสารอินซูลินเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยควบคุมและลดระดับน้ำตาลในเลือดได้

Dhanabal และคณะ (2005) พบว่าสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอลสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือด (antihyperglycemic effect) ในหนูที่เหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน จาก 200 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เป็น 120 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อาจเนื่องมาจากการยับยั้งอนุมูลอิสระ และการยับยั้งการทำลายเนื้อเยื่อ ซึ่งคุณสมบัติต้านเบาหวาน น่าจะเป็นผลจากสารฟลาโวนอยด์ อัลคา-โลยด์ เสตียรอยด์ และไกลโคไซด์ในหัวปลี

- ลดปริมาณเลือดประจำเดือนมากเกินไป หัวปลีมีสรรพคุณกระตุ้นร่างกายให้สร้างฮอร์โมนโปรเจสเทอโรน ซึ่งเป็นฮอร์โมนเพศชาย ช่วยให้ปริมาณเลือด

ประจำเดือนที่มากเกินความจำเป็นลดน้อยลงไปได้ (อรุณ, 2020)

5. ช่วยต้านภาวะซึมเศร้า เนื่องจากหัวปลีมีแมกนีเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารสำคัญที่มีผลในการรักษาอาการซึมเศร้า (ส่วนอำนวยการและสารบรรณ มหาวิทยาลัยวัลลักษณ์ ม.ป.ป.)

6. รักษาโรคกระเพาะอาหารอักเสบ สิรดา และ อีราพร (ม.ป.ป.) พบร่วมกับสารสกัดหัวปลีช่วยบรรเทาการเกิดแผลในกระเพาะอาหารในหนูขาวพันธุ์ Wistar โดยให้สารสกัดจากหัวปลีในปริมาณ 400, 800 และ 1200 มิลลิกรัม/น้ำหนักหนู 1 กิโลกรัม ซักนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารด้วยปัจจัยที่แตกต่างกัน 3 ประเภท คือ 1) การซักนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารโดยใช้ absolute ethanol พบร่วมกับสารสกัดหัวปลี 2) การซักนำให้เกิดแผลในกระเพาะอาหารในหนูด้วยยาในกลุ่ม NSAIDs เช่น aspirin และ indomethacin พบร่วมกับสารสกัดหัวปลี 3) การซักนำให้หนูเกิดความเครียด โดยนำหนูใส่ในกรงรูปทรงกระบอกแล้วนำหนูไปไว้ที่ 40°C นาน 4 ชั่วโมง พบร่วมกับสารสกัดหัวปลีในปริมาณ 45.41, 65.27 และ 86.17 ตามลำดับของปริมาณสารสกัดหัวปลี ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัย การซักนำพบว่าเมื่อใช้สารสกัดหัวปลีมากขึ้น สามารถลดแผลในกระเพาะอาหารได้มากขึ้นด้วย

7. มีฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค Jahan และคณะ (2010) ทำการศึกษาพิสูจน์สารสกัดหัวปลี (*Musa Sapientum*) ผสมโคโตชาน และโพลีเอทิลีนไกลคอล พบร่วมกับพิล์มน์ที่มีสารสกัดหัวปลีด้วยเอทานอลร้อยละ 20 (v/v) สามารถยับยั้ง *Bacillus subtilis* และ *Bacillus*

*cereus* ได้ แต่ไม่สามารถยับยั้ง *Escherichia coli* ได้ ในขณะที่สารสกัดหัวปลีด้วยคลอโรฟอร์มและน้ำไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ *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) นำสารสกัดหัวปลีด้วยน้ำจากประท่ำตัวหัวให้หนูเพศผู้กินพบร่วมกับสารสกัดหัวปลีประกอบด้วยกรดซิตริก ทอรีน กรดแพนโทธีนิก และกรดนิโคตินิก หัวปลีช่วยบรรเทาอาการประจำเดือน (alleviate menorrhagia) โรคบิด (dysentery) (Singh, 1986) มาลาเรีย (Bagavan et al., 2010) บรรเทาเบาหวาน (diabetes mellitus) (Singh, 1986; Alarcon-Aguilara et al., 1998; Pari and Uma Maheswari, 1999) โรคโลหิตจาง (anaemia) (Pari and Uma Maheswari, 1999) และช่วยฆ่าเชื้อในปาก

### ผลิตภัณฑ์อาหารจากหัวปลี

หัวปลีมีรสชาติฝาด อาจเนื่องมาจากการแทนนินซึ่งมีอยู่ในหัวปลีค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 3.75 (มณฑาทิพย์ และคณะ 2538) และเมื่อหั่นหัวปลีทิ้งไว้จะกลایเป็นสีดำคล้ำ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) ทำให้มีน้ำรับประทาน ชาวบ้านมักนำหัวปลีมาแซ่บในสารละลายที่เป็นกรด เช่น น้ำส้มสายชู หรือน้ำ

น้ำขามเปียก แข็งไว้ประมาณ 15 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาด มีงานวิจัยศึกษาวิธีการลดการเกิดสีน้ำตาลในหัวปลี เช่น กฤษดา และ เบญจญาทิพย์ (2563) ใช้สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 3 แข็งหัวปลีนาน 5 นาที Wickramarachchi และ Ranamukhaarachchi (2005) พบว่าการแข็งหัวปลีขนาด 3 มิลลิเมตร ในสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นาน 30 นาที มนฑาทิพย์ และคณะ (2538) ยังพบว่าการแข็งหัวปลีในสารละลายโซเดียมเมต้าไบซัลไฟฟ์ร้อยละ 0.2 สารละลายสารสัมร้อยละ 0.5 สารละลายกรดซิตริกร้อยละ 1 นาทีขึ้นไป สามารถป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้ แต่การนำมาลวกในน้ำเดือดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสี เป็นผลจากสารแทนนินในหัวปลี มีสาร leucoanthocyanidin เกิดไฮโดรไลซ์ ทำให้เกิด anthocyanidin ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง (Halsam and Lilley, 1988)

หัวปลีสามารถรับประทานสด หรือนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด รสชาติจะนุ่มและมีรสหวานเล็กน้อย อาหารจากหัวปลี ได้แก่ ยำหัวปลี สลัด หัวปลีนิยมใช้เป็นเครื่องเคียงรับประทานกับผัดไทย ขنمจีน-น้ำยา หรือนำหัวปลีมาหยอด หุงต้มทำเป็นแกงได้หลายชนิด เช่น ต้มยำหัวปลี แกงไก่ใส่หัวปลี แกงกะหรี่ แกงเลียง เป็นต้น นอกจากนี้นำมาทำไส้อ้วนเพื่อลดปริมาณเนื้อหมู ทำหมูเส้นเทียม อาหารกระป่อง เช่น หัวปลีกระป่องในน้ำเกลือ มีหลายร้าน ในต่างประเทศสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายสินค้าออนไลน์ และสินค้าเว็บไซต์ เช่น อเมซอน แอดเวนเจอร์ ช้อปปิ้ง เครื่องดื่ม

การทำเครื่องดื่มหัวปลี แบบง่ายคือนำหัวปลีมาแข็งด้วยน้ำเกลือประมาณ 5 นาที จากนั้นนำไปต้มจนสุกแล้วนำมาปั่นให้ละเอียด กรองคั้นเอาแต่น้ำ ก็จะทำให้เราได้น้ำหัวปลีสด และสามารถปรุงรสชาติให้ดีง่ายขึ้น

ด้วยน้ำผึ้ง หรือ น้ำตาลทรายและเกลือตามใจชอบ หรือจะเพิ่มคุณค่าทางอาหารด้วยการใส่ร้อนพิชต่าง ๆ เข้าไป ก็จะทำให้การดื่มน้ำหัวปลีน้ำมีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในตลาดยังมีผู้ผลิตเครื่องดื่มหัวปลีสำเร็จรูป โดยเน้นสรรพคุณช่วยขับน้ำนม จำหน่ายบรรจุขวดแก้วกระป๋อง มีหลายร้าน ทั้งหัวปลีอย่างเดียว ผสมอินทร์ผลไม้ น้ำผึ้ง ใบหม่อนและขิง ฯลฯ เปียก มะนาว และแครนเบอร์รี่ เป็นต้น

#### อาหารเสริมชนิดเม็ด

“ไทยรัฐออนไลน์” (2561) ได้รายงานผลงานวิจัยของ ดร.ดวงพร ออมรเลิศพิศาล และ ดร.กาญจนานาค ประสม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในการพัฒนาหัวปลีกลวยน้ำว้า อัดเม็ด (Plee Ncap) เพื่อสอดคล้องในการพกพาสารสำคัญที่สุดอยู่บริเวณกลวยอ่อนที่อยู่ระหว่างกลีบปลี ส่วนสีม่วงจากกลีบปลีกลวยให้สารแอนโทไซยานิน ช่วยคุณแม่หลังคลอด พื้นฟูสุขภาพได้เร็วขึ้น โดยนำหัวปลีสดมาพักไว้ 1-2 คืน ในน้ำยาลงกลวยแห้ง นำปลีกลวยมาหั่น และนำไปผ่านกระบวนการสกัดด้วยน้ำ ทำให้เข้มข้นแล้วนำไปผ่านกระบวนการสกัดแห้งแล้วอัดเม็ด หัวปลีสด 1 กิโลกรัม นำไปอัดเม็ดได้ 50-100 เม็ด แม่ให้นมบุตรบริโภคเพียงวันละ 1-2 เม็ด จะได้รับคุณค่าสารอาหารเท่ากับแกงหัวปลี 1 ถ้วย หัวปลีอัดเม็ดจะมีทั้งสูตรตันตารับ สูตรผสมขิง สูตรผสมกะเพรา และสูตรเสริมวิตามินซี

#### หัวปลีแห้ง ชาหัวปลี

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

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

คุณนิษฐา จันทร์ขอรับ ผู้บริหารห้างหุ้นส่วนจำกัด การณ์วารินทร์ ผลิตเครื่องดื่มหัวปลีชงสำเร็จใน 2 รูปแบบคือ ผงและชาหัวปลี 4 ผลิตภัณฑ์คือ หัวปลีผง หัวปลีสมูนิง ชาหัวปลี และชาหัวปลีสมูนิง ได้รับรางวัลผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเชิงวัฒกรรมประจำปี พ.ศ. 2557 จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในงานเกษตรแฟร์

ดวงพร และคณะ (2559) ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากหัวปลี 3 ชนิด คือ 1) ชาชงชง ผสมหัวปลี 2) ชาชงหัวปลี และ 3) เครื่องดื่มผงผสมหัวปลี และได้วิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ชีวภาพ พบร่วมกันจากหัวปลี มีปริมาณสารฟีโนลิก และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เนื่องจากชาชงจากหัวปลีใช้เฉพาะหัวปลี แต่เครื่องดื่มหัวปลีและชาชงชง ผสมหัวปลีมีส่วนผสมของสารอื่นอยู่ด้วย เครื่องดื่มทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงมากเมื่อเทียบกับชาเขียวและชาดำ และไม่มี caffeine สามารถบริโภคได้อย่าง

ต่อเนื่องและปลอดภัย ชาชงหัวปลีพบสารฟีโนลิกกลุ่ม catechin (catechin) ในปริมาณสูงถึง 149.69 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ไอโซเควอซิทิน (isoquercetin) นอกจากนี้ยังพบกรดแกลลิก (gallic acid) ควอซิทิน (quercetin) รูทิน (rutin) และสารแทนนินด้วย

### บทสรุป

หัวปลีเป็นพืชสมุนไพร ที่มีสารอาหารและสารพฤกษาเมื่อมีประโยชน์หลายชนิด หาได้ง่าย ราคาไม่แพง มีตลอดปี จึงเป็นผักที่คุ้มค่ามาก หัวปลีสามารถนำมาปรุงอาหารได้หลายชนิด และมีผลิตภัณฑ์แปรรูปในท้องตลาดมากมาย จึงสมควรบริโภคหัวปลี นอกจากดีต่อสุขภาพแล้ว ยังช่วยสนับสนุนเกษตรกรที่ปลูกกล้วยอย่างไร้กีตามหัวปลีมีหลายพันธุ์ เช่น กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่ กล้วยหักมูก เป็นต้น แต่มากใช้ประโยชน์เฉพาะหัวปลีจากพันธุ์ลักษณะน้ำว้าเท่านั้น จึงควรวิจัยหัวปลีในสายพันธุ์อื่น ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ให้มากขึ้นทั้งด้านอาหารและไม่ใช้อาหาร เช่น การสีม่วงสามารถนำมาทำเป็นภาชนะใส่อาหารได้

คำสำคัญ : หัวปลี สารอาหาร สารพฤกษาเมื่ม ผลิตภัณฑ์อาหาร

Keywords : banana blossom, nutrients, phytochemicals, food products

## บรรณานุกรม

- กินดี อยู่ดี กับหมวดเพท : ประโยชน์ของหัวปลี. ม.ป.ป. <https://www.youtube.com/watch?v=WR2beJOZx8Q> [26 ตุลาคม 2564].
- กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. ม.ป.ป. [https://mobile.facebook.com/familyditp/photos/a.609939352520137/1027810417399693/?type=3&source=48&\\_tn\\_=EHH-R&\\_rdc=1&\\_rdr](https://mobile.facebook.com/familyditp/photos/a.609939352520137/1027810417399693/?type=3&source=48&_tn_=EHH-R&_rdc=1&_rdr) [26 ตุลาคม 2564].
- กล่าวถึง สารานุกรมสมุนไพรไทย. ม.ป.ป. [http://xn-o3cdbaevbumi7e7euch5pc3gc.blogspot.com/2012/03/blog-post\\_7274.html](http://xn-o3cdbaevbumi7e7euch5pc3gc.blogspot.com/2012/03/blog-post_7274.html) [26 ตุลาคม 2564].
- กฤษาดา การีวงศ์ และเบญจญาทิพย์ สมบัติมา. 2563. ผลของการใช้กรดซิตริกเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำนมหัวปลีพร้อมดื่ม. งานประชุม วิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2563. หน้า 1014-113.
- คนเยอรมันอธิบาย ‘หัวปลีไทย’ ขาดตลาด นิยมใช้แทนเนื้อสัตว์ กิโลละกว่า 1 พันบาท. 2561. [https://www.khaosod.co.th/economics/news\\_1445352](https://www.khaosod.co.th/economics/news_1445352) [20 มกราคม 2563].
- จันทกานต์ นุชสุข. 2561. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหัวปลีกับไข่ กุ้งยน้ำว้า และกุ้วยหอม. วารสารวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 10 (12) : 1-10.
- ชลอธิชา ศรีอุบล. 2563. นศ. "มทร.รัฐบุรี" แนะนำ "ได้อ้วมน้ำมันไฟหัวปลี" ทำง่าย เทืนกำไร. <https://siamrath.co.th/n/202797> [20 มกราคม 2563].
- ดวงพร อุ่นรเลศพิศาล รัตนภรณ์ จันทร์พิพิพย์ และอุเทน จำใจ. 2559. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากหัวปลีกับไข่. The 3<sup>rd</sup> 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 ประโยชน์เยี่ยม. ม.ป.ป. <https://www.rakbankerd.com/agriculture/hilight-view.php?id=119&s=tblheight> [20 มกราคม 2563].
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนท. ผู้เรียบเรียง ม.ป.ป. banana blossom / หัวปลี. <http://www.foodnetworksolution.com/wiki-word/6867/banana-blossom> [20 มกราคม 2563].
- เพ็ญพิชญา เตียว. 2561. ปลีกับไข่..อัดเม็ด เพื่อคุณแม่หลังคลอด. <https://www.thairath.co.th/news/local/1359137> [20 มกราคม 2563].
- มนทาทิพย์ ยุนฉลาด นานาภู จาตุราตน์ ชื่อลัตตดา เที่ยงพุก สิริพร สอนสาวภาคย์ ชิดชน ฮิรังษะ และ กัญจนा รัตนทวีสุข. 2538. กรรมวิธีการผลิต หัวปลีและไส้หอยกล้วยบรรจุกระป๋อง. วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์. 29(1) : 55-63.
- ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร สถาบันอาหาร. 2561. อาหารเสริมเร่งน้ำนมแม่จากสารสกัดปลีกับไข่. <http://fic.nfi.or.th/technologyandinnovation-detail.php?smid=1835> [23 พฤษภาคม 2564].
- สุกร บุญยืน. ม.ป.ป. สารต้านอนุมูลอิสระจากปลีกับไข่หอมทอง. [https://www.thailandtechshow.com/view\\_techno.php?id=366](https://www.thailandtechshow.com/view_techno.php?id=366) [20 มกราคม 2563].
- สิรดา ศรีทิรัญ และ ธีราพร อนันต์เศรษฐกุล. ม.ป.ป. การป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหารโดยใช้สารสกัดจากหัวปลีในหนูวิสตาร์. <http://zoo.sci.ku.ac.th/Research/teraporn/teraporn3.pdf> [23 พฤษภาคม 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](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 เล่าสูงเนิน. 2563. หัวปลีเประโยชน์ ได้โปรดอย่าพึ่งทิ้ง. <https://food.trueid.net/detail/VxBR3XbvXYvx> [23 พฤษภาคม 2564].
- อาณุภาพ เสียงสาย. 2552. วิธีวิเคราะห์แบบ Detergent. <http://km.dld.go.th/th/index.php/th/research-system/knowledge-office/82-present-general/114-detergent> [16 พฤษภาคม 2564].
- Alarcon-Aguilara 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 นวัตกรรมโคนใจ คุณแม่มือใหม่.<https://www.salika.co/2018/08/20/innovation-for-new-mom/> [23 พฤษภาคม 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.
- Mikail 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.บ.ป. น้ำหัวปลีสกัดเข้มข้นสูตรดั้งเดิม ผสมอินฟลั่น 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 acuminate* 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. ผลไม้กับสุขภาพจากประโยชน์ของสารพุทธะเคมี. <https://www.thaidietetics.org/?p=4324> [16 พฤษภาคม 2564].
- Wickramarachchi KS and Ranamukhaarachchi SL. 2005. Preservation of fiber-rich banana blossom as a dehydrated vegetable. *Sci Asia.* 31 : 265-271.

# แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจนิกเพื่อลดน้ำหนัก

## Ketogenic diet guidelines for weight loss

ดร. วารณา นาราศรี (Wassana Narasri)

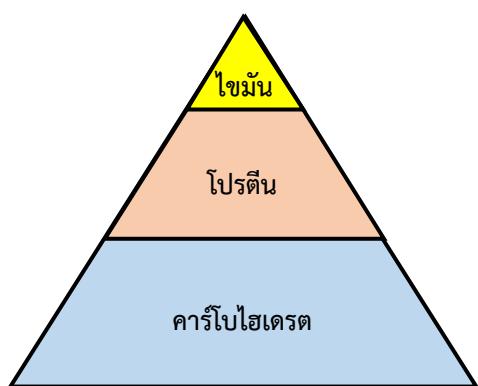
ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

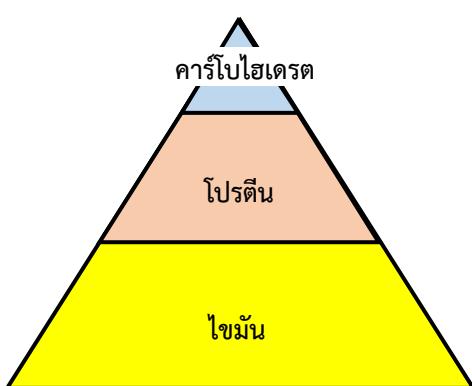
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

อาหารคีโตเจนิก (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 กรัม ต่อวัน ซึ่งปริมาณที่ต้องไม่เกิน 20 กรัมต่อวัน มีผล

ทำให้ร่างกายได้รับปริมาณกลูโคสชีงเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่เพียงพอ ดังนั้นไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายจะถูกนำออกมายield ใช้ด้วยการสลายกรดไขมันเป็น อะซีทิลโคเอ (acetyl CoA) กระจายเข้าสู่เนื้อเยื่อ

ต่าง ๆ โดยผ่านทางกระเพาะเลือด เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้แก่ร่างกายแทนกลูโคส สิ่งที่สำคัญในการสลายกรดไขมันนี้ทำให้เกิดสารคีโตนในกระเพาะเลือด และหากมีมากเกินพอก็จะเข้าสู่ภาวะคีโตซิส (ketosis) ที่เหมือนกับการอดอาหาร

### ประเภทของอาหารคีโต

อาหารคีโตมีหลายประเภท มีหลักสำคัญประกอบด้วย การบริโภคอาหารที่มีปริมาณคาร์บไฮเดรตต่ำ แต่มีปริมาณไขมันสูงและต้องเกิดภาวะคีโตซิส ซึ่งไม่ใช้อาหารทุกชนิดที่มีคาร์บไฮเดรตต่ำจะจัดว่าเป็นอาหารคีโต สำหรับการบริโภคอาหารที่มีคาร์บไฮเดรตต่ำ แต่มีโปรตีนสูงจะไม่ทำให้เกิดภาวะคีโตซิส เพราะกรดอะมิโน ประมาณร้อยละ 58 เป็นกลูโคเจนิก (glucogenic) ที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นกลูโคส จึงป้องกันการเกิดภาวะคีโตซิสได้ (VanItallie and Nufert, 2003) อาหารคีโตในแต่ละประเภทมีรายละเอียด ดังนี้

1. อาหารคีโตแบบดั้งเดิม (Classical Ketogenic Diet : CKD) เป็นอาหารคีโตประเภทที่เข้มงวดที่สุด โดยมีอัตราส่วนของปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์บไฮเดรตรวมกัน เท่ากับ 4:1 ดังนั้นพลังงานประมาณร้อยละ 80-90 จะได้รับจากไขมัน และพลังงานส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 ได้รับจากโปรตีนและคาร์บไฮเดรต ที่สำคัญจำกัดปริมาณคาร์บไฮเดรตเพื่อที่จะให้การเกิดสภาวะคีโตซิสอยู่ในช่วงระยะเวลาสั้น โดยอาหารคีโตที่เข้มงวดมาก ๆ จะใช้สำหรับการรักษาโรคลมชักเท่านั้น การกินอาหารคีโตแบบ CKD ในระยะต่อมาจะต้องลดปริมาณโปรตีน เพื่อหลีกเลี่ยงการสংเคราะห์กลูโคสจากการสลายตัวของกรดอะมิโนที่ใช้กระบวนการกรดกลูโคโนเจนิซิส (gluconeogenesis) ในส่วนของการบำบัดโรคสำหรับเด็กที่กำลังเจริญเติบโตบางครั้งอัตราส่วนของ

ปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์บไฮเดรตจะถูกปรับลดลง เท่ากับ 3:1 เพื่อให้ได้รับโปรตีนที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย ทั้งนี้การจำกัดปริมาณคาร์บไฮเดรตเป็นสิ่งที่ยากมากที่จะทำได้ และผู้บริโภคจำนวนมากไม่เพียงพอใจด้านความอร่อยของอาหาร ดังนั้นอาหารคีโตแบบ CKD อาจจะต้องปรับปรุงหลายอย่างเพื่อให้เหมาะสม

2. อาหารคีโตแบบ Atkins phase 1 (Atkins Diet : AD) จะจำกัดการบริโภคปริมาณคาร์บไฮเดรตอย่างเข้มงวด แต่สามารถบริโภคโปรตีนได้ในปริมาณปานกลาง โดยมีลักษณะเฉพาะของการบริโภคปริมาณคาร์บไฮเดรต ดังนี้

phase 1 จำกัดการบริโภคปริมาณคาร์บไฮเดรต น้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน อย่างเข้มงวด

phase 2 บริโภคปริมาณคาร์บไฮเดรตเพิ่มขึ้น เป็น 25-50 กรัมต่อวัน

phase 3 บริโภคปริมาณคาร์บไฮเดรตได้ 80 กรัมต่อวัน และต่อเนื่องจนกระทั่งน้ำหนักลดลงตามที่ต้องการ

phase 4 บริโภคปริมาณคาร์บไฮเดรตได้ไม่เกิน 100 กรัมต่อวัน

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

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

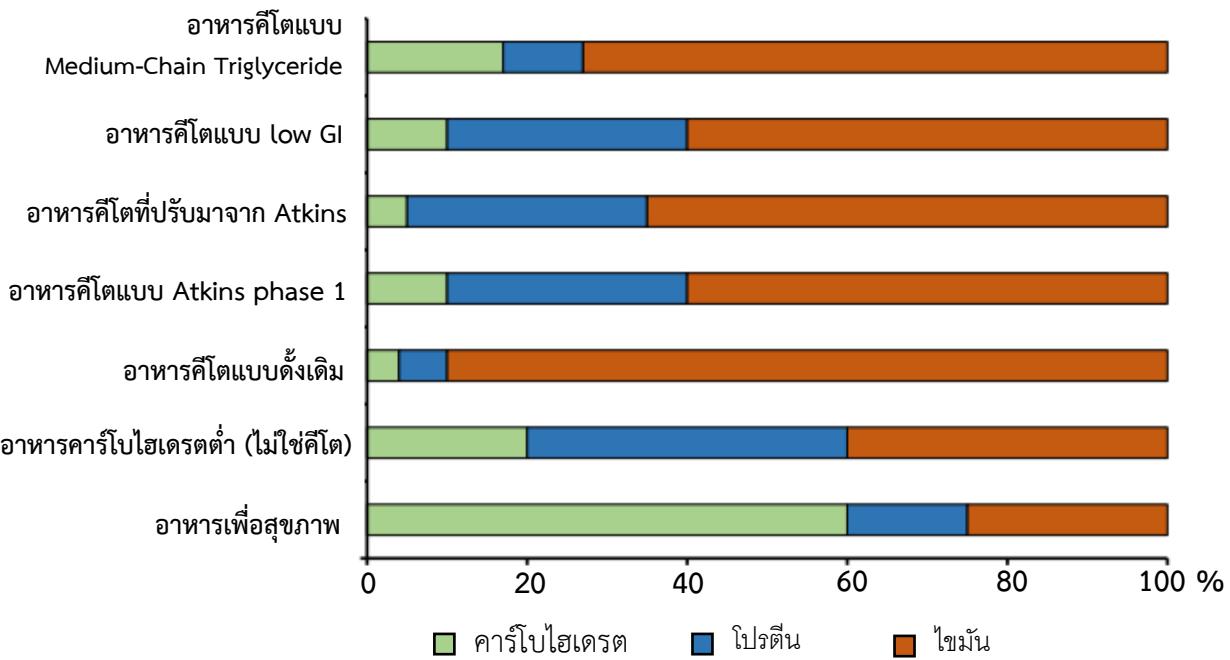
บริโภคคาร์โบไฮเดรต น้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน อย่างไม่มีกำหนดและไม่ปรับปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ดังนั้นการเกิดภาวะคีโตชิสัยคงอยู่ สำหรับสิ่งที่ triglyceride ข้ามกับแบบ AD คือ ไม่ได้ออกแบบสำหรับใช้ในการควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นจึงจำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตอย่างเดียวและการคำนวนพลังงาน แต่ไม่จำกัดปริมาณไขมันและโปรตีน อัตราส่วนของปริมาณไขมันต่อปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตรวมกันโดยประมาณเท่ากับ 1:1 ซึ่งการจำกัดการบริโภคคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า 20 กรัม/วัน และไม่จำกัดการบริโภคโปรตีน ทำให้อาหารน่ารับประทานขึ้น (Miranda *et al.*, 2012) ที่สำคัญอาหารไม่นับรวมอยู่ในคาร์โบไฮเดรต แต่น้ำตาลและกอ肖ล์รวมอยู่ด้วย (Kossoff and Dorward, 2008) อาหารคีโตแบบ MAD สามารถนำไปใช้ด้วยตัวเองได้ง่าย และในช่วงแรกไม่จำเป็นต้องอยู่ในโรงพยาบาล

4. อาหารคีโตแบบกรดไขมันอิมตัวสายยาวปานกลาง (Medium-Chain Triglyceride Ketogenic Diet : MCTKD) มีหลักการสำคัญที่ขึ้นอยู่กับการผลิตสารคีโนนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นภาวะที่ร่างกายนำไขมันออกมานาเพาพลานูเป็นพลังงานเนื่องจากร่างกายได้รับคาร์โบไฮเดรตในปริมาณน้อยมาก โดยพลังงานที่ได้ของอาหารคีโตแบบ MCTKD มาจากไตรกลีเซอไรด์สายยาวปานกลาง (C6-C12) เช่น กรดเดโคโนอิก (decanoic) และกรดออกต็อกโนอิก (octanoic) จะถูกดูดซึมจากลำไส้ผ่านกระเพาะเลือดโดยไม่ต้องใช้น้ำย่อยน้ำดี และเปลี่ยนเป็นคีโนนที่ตับโดยตรง ดังนั้ngrดไขมันสายยาวปานกลางจะผ่านเข้าไปในเซลล์และเผาพลานูเป็นพลังงานง่ายกว่ากรดไขมันสายยาวและสามารถผลิตคีโนนได้มากกว่าด้วยอาหารคีโตแบบ MCTKD ถูกปรับปรุงขึ้นโดยต้องการบริโภคไขมันน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารคีโตแบบดั้งเดิม เพื่อให้เกิดภาวะคีโตชิสเหมือนกัน และ

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

5. อาหารคีโตแบบมีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ (Low Glycemic Index Treatment : LGIT) เป็นอาหารคีโตที่มีข้อจำกัดน้อยที่สุด โดยมีการคิดคันขึ้นในปี 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 เบียร์ ขنمปัง ข้าว และผลิตภัณฑ์จากแป้ง ซึ่งไม่ควรบริโภค แต่แนะนำให้บริโภคอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำ เช่น ผักถั่ว เมล็ดพีช นม และเนื้อสัตว์ สำหรับระดับของภาวะคีโตชิสในการบริโภคอาหารคีโตแบบ LGIT จะเกิดขึ้นน้อยกว่าที่พบในอาหารคีโตแบบดั้งเดิม แต่มีประโยชน์ต่อระบบประสาท โดยพบว่า สามารถป้องกันการตายของเซลล์ประสาทเพิ่มขึ้น โดยมีความสัมพันธ์กับความคงที่ของระดับกลูโคสในเลือดมากกว่าภาวะคีโตชิส (Rezaei *et al.*, 2018)

อาหารคีโตในแต่ละประเภท เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ และอาหารเพื่อสุขภาพจะให้พลังงานตามสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันอย่างแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเปรียบเทียบสัดส่วนของพลังงานที่ได้รับจากการไปไฮเดรต โปรตีน และไขมันในอาหารคีโตชนิดต่าง ๆ อาหารคาร์บอไฮเดรตต่ำ และอาหาร

ที่มา : ดัดแปลงจาก Drabinska et al. (2021)

### แนวทางในการรับประทานอาหารคีโต

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

อาหารที่ห้ามรับประทาน ได้แก่

- อัญพืช : ข้าวโพด ข้าว พืชตระกูลถั่ว ถั่วเมล็ดแห้ง แป้งสาลี (ผลิตภัณฑ์ข้นมอบ พาสต้า)
- น้ำตาล : น้ำผึ้ง เมเปิลไซรัป
- ผลไม้ : แอปเปิล กล้วย ส้ม
- พืชหัว : มันฝรั่ง มันเทศ

อาหารที่สามารถรับประทานได้ ได้แก่

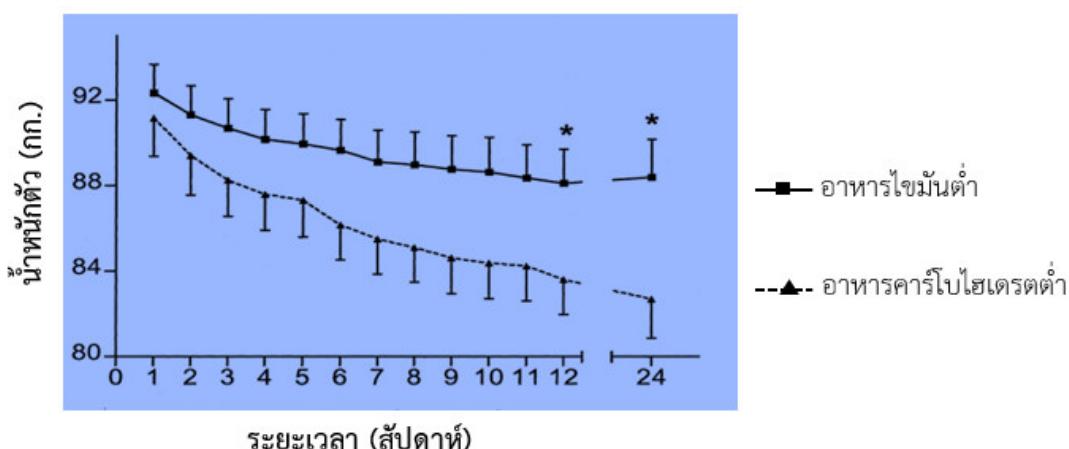
- เนื้อสัตว์ : ปลา เนื้อวัว เนื้อแกะ สัตว์ปีก ไข่
- ผักใบเขียว : ผักโขม ผักเคล กวางตุ้ง คะน้า
- ผักตระกูลกะหลា : บรอกโคลี ดอกกะหลា กะหลាปลี
- ผลิตภัณฑ์นมที่มีไขมันสูง : เนยแข็ง ครีมชีส เนย
- ถั่วและเมล็ด : อัลมอนด์ แมคคาเดเมีย วอลนัท เมล็ดดอกทานตะวัน
- อะโวคาโด มะเขืออง และผลไม้ตระกูลเบอร์รี (ราสบีเบอร์รีและแบล็กเบอร์รี)
- สารให้ความหวาน : หญ้าหวาน น้ำตาลอริทริ-ทอล ผลหล่อองกัวย และสารให้ความหวานที่คาร์บอไฮเดรตต่ำ เช่น ฯ
- ไขมัน : น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก ไขมันอิมตัว

## อาหารคีโตกับประโยชน์ที่เป็นไปได้สำหรับการลดน้ำหนัก

การบริโภคอาหารคีโตแบบระยะยาว มีการศึกษาในผู้ป่วยโรคอ้วนลงพุง ที่มีค่าดัชนีมวลกายมากกว่า 30 จำนวน 66 คน ให้บริโภคอาหารคีโตเป็นระยะเวลามาก 56 สัปดาห์ โดยในช่วง 12 สัปดาห์แรกให้จำกัดปริมาณการโปรไอล์เดตตัน้อยกว่า 20 กรัม ต่อวัน จึงบริโภคผักใบเขียวและผลัด จากนั้นเพิ่มปริมาณการโปรไอล์เดตเป็น 40 กรัมต่อสัปดาห์ จนกระทั่งครบระยะเวลา พบว่า น้ำหนักและค่าดัชนีมวลกายของผู้ป่วยทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Dashti *et al.*, 2007) ยังมีการศึกษาวิจัยโดยให้ผู้ป่วยบริโภคอาหารคีโตแบบจำกัดคาร์บอไฮเดรต 30 กรัมต่อวัน เป็นเวลามาก 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 โดยให้บริโภคอาหารปกตินาน 4 สัปดาห์ จากนั้นให้บริโภคอาหารคีโตนาน 4 สัปดาห์ ซึ่งให้ได้รับพลังงานเท่ากับอาหารปกติ แต่การลดปริมาณการโปรไอล์เดต ด้วยการให้ได้รับพลังงานจากคาร์บอไฮเดรตน้อยกว่า ร้อยละ 10 พ布ว่า น้ำหนักค่าดัชนีมวลกาย รอบเอว รอบสะโพก มวลไขมันทั้งหมด และระดับของเลปติน (leptin) ลดลงอย่างรวดเร็ว (Kong *et al.*, 2020) ซึ่งเลปตินเป็นฮอร์โมนที่ช่วยในการควบคุมความทิ่ว คุณที่เป็นโรคอ้วนจะมีค่าเลปตินสูง เพราะสูญเสียความสามารถในการจัดการพลังงานที่ได้รับ



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบน้ำหนักที่ลดลงจากการบริโภคอาหารคาร์บอไฮเดรตต่ำมาก ๆ กับอาหารไขมันต่ำ  
ที่มา : ตัดแปลงจาก Goldberg *et al.* (2020)

### ข้อเสียของการกินอาหารคีโต

1. การกินอาหารคีโตแบบระยะสั้น อาจทำให้เกิดภาวะ Keto flu โดยจะมีอาการปวดศีรษะ สมองล้า รู้สึกปื่นปวนในห้อง ส่วนการกินอาหารคีโตแบบระยะยาว อาจทำให้ขาดสารอาหารบางชนิด มีไขมันพอกตับ (hepatic stenosis) เป็นนิ่วในไต (kidney stones) และเกิดโรคกระดูกพรุนได้

2. ระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่ายอาจผิดปกติเนื่องจากลดการกินอาหารบางอย่างที่โดยเฉพาะคาร์บอไฮเดรตและไขมัน
3. การกินอาหารคีโต อาจทำให้เลือดกลายเป็นกรดและเสียสมดุลของอินซูลิน ซึ่งเป็นอันตรายสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

## บทสรุป

การที่จะมีสุขภาพร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ควรรับประทานอาหารตามหลักโภชนาการให้ครบถ้วน 5 หมู่ โดยแต่ละหมู่ให้มีความหลากหลายและควบคุมน้ำหนักตัวให้อยู่ในเกณฑ์ที่สำคัญควรรับประทานอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารหลัก และรับประทานอาหารที่มีไขมันเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าอาหารคีโตจะเป็นอาหารที่มีไขมันในปริมาณสูง และคาร์โบไฮเดรตปริมาณต่ำ การรับประทานอาหารคีโตอย่างเหมาะสมจะเป็นประโยชน์ที่ดีต่อสุขภาพโดยเฉพาะเพื่อการลดน้ำหนัก ซึ่งควรปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์และนักโภชนาการ เพื่อจะได้ไม่เกิดผลเสียต่อสุขภาพ สำหรับคอลัมน์นี้ขอนำเสนอเมนูอาหารคีโตที่คนทั่วไปสามารถรับประทานได้และทำง่าย คือ หมูมะนาวกับคะน้ากรอบ และซูชิข้าวตอกกะหล่ำหน้าแซลมอนย่าง

## วิธีทำ

- นำหมูไปลวกในน้ำเดือดให้สุก แล้วจัดใส่จาน พักไว้
- ปอกเปลือกหัวคะน้า ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้น พอดีคำแล้วเช่เย็น
- เตรียมน้ำยำ โดยโขลกพริกขี้หนูสวนและกระเทียมให้ละเอียด ปรุงรสด้วยน้ำมะนาว และน้ำปลา คนให้เข้ากัน
- 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

## หมูมะนาวกับคะน้ากรอบ



## ซูชิข้าวตอกกะหล่ำหน้าแซลมอนย่าง ส่วนผสม (สำหรับ 2 เสิร์ฟ)

ตอกกะหล่ำ	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)

## ส่วนผสม (สำหรับ 2 เสิร์ฟ)

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

## วิธีทำ

- เตรียมข้าวตอกกะหล่ำ โดยล้างตอกกะหล่ำให้สะอาด ลวกในน้ำเดือดให้สุก พักให้แห้งเดือน้ำ หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ
- ใส่ครีมชีสลงในคลุกเคล้าให้เข้ากัน ปรุงรสด้วยน้ำส้มสายชูหมักและซีอิ๊วญี่ปุ่น คนให้เข้ากัน พักไว้

3. นำปลาแซลมอนคลุกับเนยให้ทั่ว ย่างให้สุก แล้วหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ
4. นำข้าวดอกกะหล่ำที่เตรียมไว้มาปั้นเป็นก้อนทรงรีขนาดพอดี แล้วห่อด้านข้างด้วยสาหร่าย

### คุณค่าทางโภชนาการ ต่อเสิร์ฟ (215 กรัม)

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



**คำสำคัญ :**อาหารคีโตเจนิก 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, Wiczkowski 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, Shigematsu 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 (4<sup>th</sup> ed).
- Miranda MJ, Turner Z and McGrath 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, Kavoosi 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 ส่งเสริมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น และเป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมอาหารระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภคและหน่วยงานของรัฐ วารสารนี้เผยแพร่ในรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์

การส่งบทความ ขอให้ส่งบทความต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และไฟล์ .pdf ทาง e-mail: [fic.ifrpdp@gmail.com](mailto:fic.ifrpdp@gmail.com) หรือซีดีข้อมูล มาที่ นางสาวณัททิพย์ 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 : บทความลักษณะการรวบรวมและบททวนวรรณกรรม รวมถึงการวิเคราะห์ สร้งเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

### 2. บทความ (Article)

- 2.1 บทความวิชาการ เป็นบทความทางวิชาการที่รวบรวมข้อมูล ความคิดเห็น และประสบการณ์ ของผู้เขียน
- 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 ควรจะตัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ขึ้นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ
3. ชื่อผู้เขียน (Author) และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและอังกฤษ
4. จุดเด่น (Highlights) ของบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ 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 อัลเดไฮด์ (aldehyde) เป็นต้น และโปรดตรวจสอบหลักการเขียนคำทับศัพท์จากราชบัณฑิต คำภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

## 7. เนื้อหา (Text) ควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

- 7.1 บทนำ (Introduction) เพื่ออธิบายถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ อาจรวมการตรวจเอกสาร (literature review) เข้าไว้ด้วย
- 7.2 อุปกรณ์ และวิธีการ (Material and method) ประกอบด้วยวัสดุที่ใช้ 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) เป็นการสรุปสาระสำคัญและแนวทางที่จะนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงคำแนะนำ เกี่ยวกับการศึกษาวิจัยในอนาคต
- 7.6 ในกรณีที่ความเป็นภาษาไทย คำบรรยายเนื้อตารางให้ใช้คำว่า ตารางที่ เช่น ตารางที่ 1 ปริมาณกรดไขมันไม่อเมก้า 3 ในปลาทະเลและปลาห้ามฉี่ไทย คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า รูปที่ เช่น รูปที่ 1 ปฏิกิริยาการเกิดสารในตราชามีน และระบุ ที่มา : ของตารางและรูป เนื้อหาในตารางและรูป สามารถใช้ภาษาอังกฤษได้ ในกรณีที่ความเป็นภาษาอังกฤษ คำบรรยายเนื้อตารางให้ใช้คำว่า Table เช่น Table 1 Effect of ... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า Figure เช่น Figure 1 Effect of ... และระบุ Source :

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้ก่อนวงเล็บ และระบุปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บตรงที่มาได้ตารางและรูปภาพดังนี้

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

ปราจัตร (2555) ..... Fischer (2017) .....

..... (ปราจัตร, 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

ปราจัตร และคณะ (2555) ..... Fischer และคณะ (2017) .....

..... (ปราจัตร 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
- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| ชื่อพื้้า (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 ให้ระบุชื่อผู้จัดสิทธิบัตร และปีที่จดสิทธิบัตรดังนี้  
พัชรี (2556) .... Fraser (2017) .....
- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| ..... (พัชรี, 2556) | ..... (Fraser, 2017) |
|---------------------|----------------------|
- 8. กิติกรรมประกาศ (Acknowledgement) อาจมีหรือไม่มีก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณแก่ผู้ที่ช่วยเหลือ แต่ไม่ได้เป็นผู้ร่วมงานด้วย
  - 9. เอกสารอ้างอิง (Reference) เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถสืบค้นเอกสารที่มาได้ โดยให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม
  - 10. บทความควรมีภาพประกอบเป็นพิล์ม สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว
  - 11. ชื่อวิทยาศาสตร์ หรือภาษาละตินที่ปรากฏในบทความให้พิมพ์ตัวเล็ก 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 ควรจะทัดรัดและตรงกับเนื้อเรื่อง ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ชื่นตัวแรกเท่านั้น ตัวอักษรอื่นใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ
3. ชื่อผู้เขียน (Author) และสถานที่ทำงาน ให้ระบุภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
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 ในการถือที่ความเป็นภาษาไทย คำบรรยายเนื้อตารางให้ใช้คำว่า ตารางที่ เช่น ตารางที่ 1 ปริมาณกรดไขมันโอมก้า 3 ในปลาทะเลและป้าน้ำจืดไทย คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า รูปที่ เช่น รูปที่ 1 ปฏิกริยาการเกิดสารในตอรชานีน และระบุ ที่มา : ของตารางและรูป เนื้อหาในตารางและรูปสามารถใช้ภาษาอังกฤษได้ ในกรณีที่บหความเป็นภาษาอังกฤษ คำบรรยายเนื้อตารางให้ใช้คำว่า Table เช่น Table 1 Effect of ... คำบรรยายใต้รูปให้ใช้คำว่า Figure เช่น Figure 1 Effect of ... และระบุ Source :

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้ก่อนวงเล็บ และระบุปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บ ตรงที่มาใต้ตารางและรูปภาพดังนี้

ที่มา : ช้อฟ้า 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 ลักษณะภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

6.3 กรณีที่มีการอ้างอิงในส่วนเนื้อหาเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล ให้ใช้รูปแบบดังนี้

6.3.1 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งคนเดียว มีรูปแบบดังนี้

ปราจัตร (2555) ..... Fischer (2017) .....

..... (ปราจัตร, 2555) ..... (Fischer, 2017)

6.3.2 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่ง 2 คน มีรูปแบบดังนี้

ช้อฟ้า และ พรณะพี (2547) ..... Matsumoto และ Take (1980) .....

..... (ช้อฟ้า และ พรณะพี, 2547) ..... (Matsumoto and Take, 2009)

6.3.3 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน มีรูปแบบดังนี้

ปราจัตร และคณะ (2555) ..... Fischer และคณะ (2017) .....

..... (ปราจัตร 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

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

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

6.3.6 อ้างอิงหนังสือพิมพ์ กรณีอ้างข่าวทั่วไป ให้ระบุชื่อหนังสือพิมพ์และปีที่พิมพ์ดังนี้

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

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

6.3.7 อ้างอิงทรัพย์สินทางปัญญา ให้ระบุชื่อผู้จดสิทธิบัตร และปีที่จดสิทธิบัตรดังนี้

พัชรี (2556) ....

Fraser (2017) .....

..... (พัชรี, 2556)

..... (Fraser, 2017)

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

8. เอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม ให้เขียนตามรูปแบบที่กำหนดไว้ในหัวข้อ การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม

8.1 เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในตัวบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถไปค้นหาได้

8.2 บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในตัวบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านควรอ่านเพิ่มเติม

9. บทความควรมีภาพประกอบเป็นพิล์ม สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพความมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

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

### การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม สามารถเขียนได้ 2 แบบ คือ

1. เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งผู้อ่านสามารถไปสืบค้นเอกสารที่มาได้

2. บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในตัวบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบภูมิหลัง หรือเข้าใจบทความได้ละเอียดดีขึ้น

ก. การเรียงลำดับเอกสาร ไม่ต้องมีเลขกำกับ ให้เรียงลำดับซึ่งผู้แต่ง หรือผู้รายงานตามตัวอักษร เริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

ข. การเขียนชื่อผู้เขียน เอกสารภาษาไทยให้ใช้ชื่อเต็ม โดยใช้ชื่อตัวนำหน้า ตามด้วยชื่อสกุล ถ้าเป็นเอกสารภาษาต่างประเทศ ให้เขียนชื่อสกุลขึ้นก่อน ตามด้วยชื่ออื่น ๆ โดยชื่อสกุลให้เขียนเต็ม ส่วนชื่อต้น และชื่อกลางให้เขียนเป็นชื่อย่อโดยใช้อักษรตัวแรกและไม่ต้องใส่จุดที่อักษรย่อ เอกสารอ้างอิงให้มีชื่อผู้แต่ง 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. เอกสารอ้างอิงที่ไม่มีปีประภูมิ ในตำแหน่งที่ต้องระบุปีที่พิมพ์ ให้ระบุ ม.ป.ป. สำหรับเอกสารภาษาไทยและ ก.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 จันหลักณา และ อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2535. สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนา พานิช. 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. 2<sup>nd</sup> 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 ศรีสุทธิพุกษ์. 2532. การเกิดผลลัพธ์ของกรดอะมิโนไตรเซ็น ในน้ำปลา. การประชุมวิชาการของชุมชนเทคโนโลยีชีวภาพ ครั้งที่ 1 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 60-65.

ภาษาอังกฤษ:

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

#### 4. รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์

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

ภาษาไทย:

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

ผลิตภัณฑ์ตัวง่วนอันตราย. 2546. [http://www.kalathai.com/think/view\\_hot.?article\\_id=16](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 ตั้งตะกูล. 2556. โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล่องงอก. 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 โดยตรวจสอบจากสัญญาอนุญาตครีเอทิฟคอมมอนส์ 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 โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามใช้เพื่อการค้า
- Attribution CC- BY – NC – SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามใช้เพื่อการค้าและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตชนิดเดียวกัน
- Attribution CC- BY – NC -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามดัดแปลงและห้ามใช้เพื่อการค้า

### หมายเหตุ:

- ข้อมูล ทรรศนะ และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในสารอาหาร เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิม โดยเฉพาะ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย
- กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์แก้ไขเรื่องที่จะลงพิมพ์ทุกเรื่องในกรณีที่จำเป็น ต้นฉบับที่แก้ไขแล้วจะแจ้งไปยังผู้เขียนเพื่อความเห็นชอบอีกครั้ง
- แจ้งเบอร์โทรศัพท์ หรือ e-mail เพื่อติดต่อ เมื่อบทความได้เข้าสู่กระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ลงในสารอาหาร
- หากมีการละเมิดสิทธิ์ใด ๆ โดยคณะผู้เขียน คณะผู้เขียนจะเป็นผู้รับผิดชอบแต่เพียงผู้เดียว





goo.gl/b6dGWD