



วารสาร

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

Journal of Food Research and Product Development

JFRPD

## บทความวิชาการ

- ◆ **โภชนพันธุศาสตร์ :**  
โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อสมรรถนะทางกีฬาและการออกกำลังกาย
- ◆ **ผลิตภัณฑ์คีโตเจนิค**
- ◆ **ไข่เทียมจากพืช**
- ◆ **การทำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด**  
ด้วยวิธีการในครัวเรือนและการใช้สารเคมี

## เมนูสุขภาพ

- ◆ **จากเครื่องเทศและสมุนไพร**  
สู่เครื่องแกงที่มากด้วยคุณประโยชน์



JFRPD (online)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
INSTITUTE OF FOOD RESEARCH AND PRODUCT DEVELOPMENT

**KASETSART UNIVERSITY**



วารสาร

# วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

Journal of Food Research and Product Development  
JFRPD

## วัตถุประสงค์

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

## สำนักงาน

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

## ที่ปรึกษา

ดร.พิศมัย ศรีชาเยช  
อภิญญา จุฑางกูร  
จันทร์เพ็ญ แสงประกาย

## บรรณาธิการ

วนิดา เทวารุทธิ ชิติสรรค์กุล

## รองบรรณาธิการ

ดร.อรวรรณ ละองคำ

## กองบรรณาธิการ

ดร.ลัดดา แสงเดือน วัฒนศิริธรรม  
ดร.สุมิตรา บุญบำรุง  
ดร.คันสนีย์ อุดมระติ  
ดร.นิพัฒน์ ลิ่มสงวน  
ดร.วราภรณ์ ประเสริฐ

ดร.วนิดา ปานอุทัย  
ดร.อรไท สวัสดิชัยกุล  
ช่อลัดดา เทียงพุก  
กนกวรรณ ยอดอินทร์  
วาสนา นาราศรี

## กองจัดการ

มณฑาทิพย์ ธรรมนิติโชค

## Objectives

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

## Office

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

## Consultant

Dr. Phisamai Srichayet  
Apinya Chudhangkura  
Janpen Saengprakai

## Editor

Wanida Tewaruth Chitisankul

## Assistant-editor

Dr. Orawan La-ongkham

## Editorial-board

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

## Manager

Montatip Thammanitichok



สวัสดีค่ะ กองบรรณาธิการขอเรียนให้ท่านผู้อ่านทราบว่า วารสารอาหารปีที่ 52 ฉบับที่ 3 ของปี พ.ศ. 2565 ได้ปรับเปลี่ยนชื่อวารสารจาก "อาหาร" ISSN 0125-1147 (Print) เป็น "วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร Journal of Food Research and Product Development, JFRPD" เป็นรูปแบบวารสารอิเล็กทรอนิกส์ (e-Journal) ISSN 2821-9813 (online) โดยยังคงให้ความรู้เชิงวิชาการและงานวิจัยทางด้านอาหาร เนื้อหาของวารสารประกอบด้วยบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์การอาหาร เช่น เทคโนโลยีการแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เทคโนโลยีชีวภาพ องค์ความรู้ด้านโภชนาการ และการวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วยเช่นกัน ท่านผู้อ่านสามารถติดตามได้ที่เว็บไซต์ <https://kuojs.lib.ku.ac.th/index.php/JFRPD> ค่ะ

ในฉบับนี้ขอนำเสนอบทความวิชาการจำนวน 4 เรื่อง ได้แก่ เรื่อง "โภชนพันธุศาสตร์ : โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อสมรรถนะทางกีฬาและการออกกำลังกาย" แนะนำโภชนาการสำหรับนักกีฬาและผู้ออกกำลังกาย เรื่อง "ผลิตภัณฑ์คีโตเจนิค" แนะนำกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการบริโภคอาหารแนวใหม่อย่างคีโตเจนิค เรื่อง "ไข่เทียมจากพืช" ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์โปรตีนพืชที่กำลังได้รับความนิยมทั้งในและต่างประเทศ และ เรื่อง "การจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สดด้วยวิธีการในครัวเรือนและการใช้สารเคมี" เพื่อสร้างความเข้าใจถึงแนวทางการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในอาหาร สุดท้ายขอแนะนำเมนูสุขภาพ เรื่อง "จากเครื่องเทศและสมุนไพรสู่เครื่องแกงที่มากด้วยคุณประโยชน์" หวังว่าผู้อ่านทุกท่านจะมีสุขภาพแข็งแรงและได้ประโยชน์จากบทความจากวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารนะคะ

ท่านผู้อ่านสามารถแสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะต่อวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ผ่านแบบสอบถาม QR code หรืออีเมล [fic.ifrpd@gmail.com](mailto:fic.ifrpd@gmail.com) เรายินดีรับคำแนะนำจากท่านตลอดเวลานะคะ เพื่อนำไปปรับปรุง และขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้



แบบสอบถาม

ข้อมูล วรรณคดี และข้อความใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร  
เป็นของผู้เขียนหรือเจ้าของต้นฉบับเดิมโดยเฉพาะ  
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร ไม่จำเป็นต้องเห็นพ้องด้วย



วารสาร

วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

Journal of Food Research and Product Development  
JFRPD

## สารบัญ

### บทความวิชาการ

- ◆ **โภชนพันธุศาสตร์ :**

โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อสมรรถนะทางกีฬาและการออกกำลังกาย  
Nutrigenomics : The personalized nutrition for sport and exercise performance  
ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน (Nuttawut Lainumngnen)

5
- ◆ **ผลิตภัณฑ์คีโตเจนิค**

Ketogenic diet products  
ชมดาว สิกขะมณฑา (Chomdao Sikkamondhol)

15
- ◆ **ไข่เทียมจากพืช**

Plant-based eggs  
ดร.หทัยชนก กันตรอง (Dr. Hataichanok Kantrong)

25
- ◆ **การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง**

ในผักและผลไม้สดด้วยวิธีการในครัวเรือนและการใช้สารเคมี  
Decontamination of microorganisms and pesticides on fresh fruits and vegetables with household processes and chemical reagents  
เขมพัช ตรีสุวรรณ (Khemmapas Treesuwan)

33
- เมนูคู่สุขภาพ**

◆ **จากเครื่องเทศและสมุนไพร**


สู่เครื่องแกงที่มากด้วยคุณประโยชน์  
High benefits of spices and herbs in curry paste  
วาสนา นาราศรี (Wassana Narasri)

41
- คำแนะนำสำหรับผู้เขียน**

46

# โภชนพันธุศาสตร์ : โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อสมรรถนะทางกีฬาและการออกกำลังกาย

Nutrigenomics : The personalized nutrition for sport and exercise performance

 **ณัฐวุฒิ ลายน้ำเงิน (Nuttawut Lainumngan)**

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

## จุดเด่น

- ❖ โภชนาการช่วยส่งเสริมสมรรถนะทางด้านการกีฬาและการออกกำลังกาย
- ❖ มนุษย์แต่ละคนจะมีการตอบสนองต่ออาหารชนิดเดียวกันที่แตกต่างกันเนื่องจากความแปรผันของลักษณะทางพันธุกรรม
- ❖ การตรวจคัดกรองรูปแบบของยีนอาจเป็นเครื่องมือเสริมสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางการให้คำแนะนำของนักวิทยาศาสตร์การกีฬา นักโภชนาการและผู้ฝึกสอนกีฬา

## Highlights

- ❖ Nutrition can enhance sport and exercise performance
- ❖ Individuals respond differently to the same foods due to genetic variation
- ❖ Genetic screening test may be an additional tool for implementing into the recommendation guideline for sport scientist, nutritionist and coaches

## บทคัดย่อ

การบริโภคอาหารหลักและอาหารเสริมที่มีรูปแบบจำเพาะต่อบุคคลเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ใช้สำหรับการเพิ่มสมรรถนะทางกาย (physical performance) ให้มีความพร้อมสำหรับการทำกิจกรรมที่ต้องออกแรงหรือเคลื่อนไหวร่างกาย รวมถึงกิจกรรมการแข่งขันทางด้านกีฬา โดยอาศัยหลักการออกแบบโภชนาการเฉพาะบุคคล (personalized nutrition) ให้มีความเหมาะสมกับยีน เนื่องจากหน่วยพันธุกรรมหรือยีนที่แตกต่างกันระหว่างบุคคลเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซึมสารอาหาร การเผาผลาญสารอาหาร การนำสารอาหารไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนการขจัดสารอาหารหรือสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ ในร่างกายที่ได้รับจากการบริโภคอาหาร ดังนั้น

การตรวจวิเคราะห์รูปแบบของยีนเพื่อนำมาใช้ประกอบการออกแบบอาหารเฉพาะบุคคลอาจเป็นเครื่องมือสำคัญ ในอนาคตที่ใช้สำหรับประกอบการฝึกสอนและการให้คำแนะนำเพื่อช่วยปรับปรุงภาวะโภชนาการ ส่งเสริมการมี องค์ประกอบของร่างกายที่สมบูรณ์และกระตุ้นสมรรถนะทางด้านการกีฬาได้

**คำสำคัญ :** โภชนพันธุศาสตร์ โภชนาการเฉพาะบุคคล โภชนาการทางการกีฬา สนิปส์

**Keywords :** nutrigenomic, personalized nutrition, sport nutrition, SNPs

## บทนำ

โภชนาการเฉพาะบุคคลเป็นแนวคิดที่ช่วย ส่งเสริมการมีสุขภาพดีโดยการออกแบบโภชนาการ เพื่อตอบสนองต่อความแตกต่างตามข้อมูลของแต่ละ บุคคล ปัจจุบันได้มีการนำแนวคิดนี้มาประยุกต์ใช้ สำหรับนักกีฬาและผู้ออกกำลังกาย โดยมุมมอง งานวิจัยด้านโภชนาการทางการกีฬา (sport nutrition) เริ่มมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่มีการ แนะนำทางด้านโภชนาการในรูปแบบเดียวกันทั้งหมด (one-size-fits-all) ไปสู่ การให้ คำ แนะนำ ที่มี ความจำเพาะต่อบุคคลมากขึ้น ซึ่งมีส่วนสำคัญในการ กำหนดองค์ประกอบของร่างกายที่เหมาะสมและมี สมรรถนะทางกายที่พร้อมสำหรับการทำกิจกรรม ต่าง ๆ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถทางด้านการกีฬาและ ประสิทธิภาพในการออกกำลังกาย โดยวิธีการแนะนำ สารอาหารหรือรูปแบบการรับประทานอาหารที่ เหมาะสมต่อความต้องการ ภาวะสุขภาพ ความชอบ ทางอาหาร และข้อมูลทางพันธุกรรมของนักกีฬาหรือ ผู้ออกกำลังกาย

โภชนพันธุศาสตร์ (nutrigenomics) เป็นการ นำเทคโนโลยีในการตรวจหาสารพันธุกรรมหรือดีเอ็น เอ (DNA : deoxyribonucleic acid) มาประยุกต์ใช้ เข้ากับการดูแลสุขภาพเพื่อใช้วางแผนจัดการทางด้าน โภชนาการ การวางแผนการออกกำลังกาย รวมถึงการ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้ อย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดโภชนพันธุศาสตร์จึง

สามารถช่วยแก้ปัญหาทางด้านสารอาหาร สุขภาวะ องค์ประกอบของร่างกาย ตัวชี้วัดสมรรถนะ ตลอดจน ตัวชี้วัดผลลัพธ์อื่น ๆ โดยมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ รองรับและมีจำนวนผลงานวิจัยที่ถูกเผยแพร่มากขึ้น อย่างต่อเนื่อง เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับ อาหาร (gene-diet interaction) โดยชี้ให้เห็นว่ายีน หรือดีเอ็นเอส่วนที่เป็นลำดับของรหัสทางพันธุกรรม สำหรับการสร้างโปรตีนชนิดต่าง ๆ ในเซลล์ของ สิ่งมีชีวิต มีบทบาทสำคัญในการตอบสนองของร่างกาย นักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายต่ออาหารที่บริโภคและ สารอาหารที่ร่างกายได้รับ ด้วยเหตุนี้ความแตกต่าง ทางพันธุกรรม (genetic variation) ระหว่างบุคคลจึง ส่งผลต่อการดูดซึม การเผาผลาญ การใช้ประโยชน์ และการขนส่งสารอาหารในร่างกายที่ไม่เหมือนกัน โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับอาหาร จะช่วยปรับเปลี่ยนวิถีเมแทบอลิซึม (metabolic pathway) ของนักกีฬาเพื่อส่งเสริมสุขภาพและ สมรรถนะทางกายได้

เนื่องจากในปัจจุบันมีความต้องการในการตรวจ วิเคราะห์สารพันธุกรรมสำหรับวางแผนรูปแบบการให้ คำแนะนำทางด้านโภชนาการเฉพาะบุคคลเพิ่มขึ้น ประกอบกับความต้องการในการเพิ่มพูนองค์ความรู้ ของนักกำหนดอาหาร นักโภชนาการ และครูฝึกกีฬา ให้มีความทันสมัย บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ รวบรวมตัวอย่างเครื่องหมายทางพันธุกรรม (genetic

markers) ที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มนักกีฬาและอธิบายหลักการในการประยุกต์ใช้โภชนาการเฉพาะบุคคลเพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางการกีฬาและการออกกำลังกาย

## ยีนที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการเผาผลาญสารอาหารชนิดต่าง ๆ

### ธาตุเหล็ก

เหล็กเป็นแร่ธาตุซึ่งเป็นส่วนประกอบในเซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย มีอยู่ในอาหารทั่วไป โดยอาหารที่มีธาตุเหล็กสูง ได้แก่ เครื่องในสัตว์ (ตับและม้าม) เนื้อสัตว์ ไข่แดง หอย (หอยกาบ หอยนางรม หอยแมลงภู่) หากเป็นผู้ที่รับประทานมังสวิรัตสามารถได้รับธาตุเหล็กจากการรับประทานถั่ว ผักใบเขียว ลูกเกด แอปริคอต เป็นต้น โดยปกติร่างกายมนุษย์จะใช้ธาตุเหล็กในการสร้างฮีโมโกลบิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง เหล็กส่วนใหญ่ในร่างกายจะอยู่ในเม็ดเลือดแดงในส่วนที่เรียกว่า “ฮีโม” ซึ่งมีหน้าที่ในการดักจับแก๊สออกซิเจนและช่วยลำเลียงไปเลี้ยงตามอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เนื่องจากธาตุเหล็กเป็นส่วนประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง เมื่อขาดธาตุเหล็กจึงทำให้เกิดภาวะโลหิตจางหรือภาวะซีด ร่วมกับมีอาการเหนื่อย อ่อนเพลีย ใจสั่น วิงเวียน สมาธิสั้น และการตอบสนองหรือการคิดวิเคราะห์ที่ช้าลง

การมีระดับธาตุเหล็กในร่างกายต่ำหรือมีภาวะขาดธาตุเหล็กมีส่วนสำคัญในการทำให้สมรรถนะทางร่างกายของนักกีฬาบกพร่อง เนื่องจากธาตุเหล็กที่จำเป็นต่อการสร้างเม็ดเลือดแดงเพื่อทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนมีปริมาณลดลง ความต้องการธาตุเหล็กจึงเพิ่มขึ้นในกลุ่มนักกีฬาที่มีการฝึกอย่างหนักเพราะกระบวนการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง (erythropoiesis) ถูกกระตุ้นในภาวะที่ระดับออกซิเจนในกระแสเลือดลดต่ำลง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถพบรายงานความชุกของ

โรคโลหิตจางในกลุ่มนักกีฬาชั้นนำ (elite athlete) ว่ามีระดับธาตุเหล็กต่ำกว่ากลุ่มประชาชนทั่วไป นอกจากนี้การได้รับพลังงานจากอาหารในปริมาณน้อยโดยเฉพาะในกลุ่มนักกีฬาเพศหญิงก็สามารถพบภาวะขาดธาตุเหล็กได้เช่นกัน ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นกลุ่มนักกีฬาชั้นนำหรือกลุ่มผู้เล่นกีฬาเพื่อสุขภาพที่ไม่ได้ฝึกเพื่อลงแข่งขันอย่างหนัก (recreational athlete) ล้วนมีความจำเป็นที่จะต้องติดตามระดับธาตุเหล็กในร่างกายเพื่อสุขภาพที่ดีและสมรรถนะทางกายที่มีความพร้อมสำหรับการเล่นกีฬา การออกกำลังกายหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ นอกจากนี้ปัจจัยเรื่องความไวทางด้านพันธุกรรม (genetic susceptibility) เฉพาะบุคคลที่พบรายงานว่ามีอิทธิพลต่อการเกิดภาวะธาตุเหล็กต่ำ ได้แก่ ความแปรปรวนของยีนทีเอ็มพีอาร์เอสเอส6 (TMPRSS6) ยีนทีเอฟ (TF) และยีนทีเอฟอาร์2 (TFR2)

ในร่างกายของมนุษย์จะมียีนทั้งหมดประมาณ 30,000-45,000 ยีน บรรจุอยู่ในสารพันธุกรรมเป็นเส้นยาวที่เรียกว่า “ดีเอ็นเอ” ดีเอ็นเอของแต่ละบุคคลจะมีความแตกต่างกันหลายล้านตำแหน่ง บางตำแหน่งอาจเกิดในส่วนของดีเอ็นเอที่ไม่มียีน ในขณะที่บางส่วนอาจเกิดในบริเวณที่มียีนอยู่โดยสแนปส์ (single nucleotide polymorphism; SNPs) เป็นความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสบนสายนิวคลีโอไทด์เพียงตำแหน่งเดียว จัดเป็นความแปรผันหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic polymorphism) รูปแบบหนึ่ง โดยมักพบมากกว่าร้อยละ 1 ของจำนวนประชากร และมักไม่ทำให้เกิดความผิดปกติในสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีความแตกต่างจากมิวเทชัน คือ มิวเทชันสามารถพบตำแหน่งของเบส 1 เบสถูกแทนที่บนสายดีเอ็นเอบริเวณเดียวกันน้อยกว่าร้อยละ 1 ของจำนวนประชากร และมักทำให้เกิดความผิดปกติ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสแนปส์มักไม่ทำให้

เกิดความผิดปกติในสิ่งมีชีวิต คือ อาจไม่ส่งผลต่อการเกิดโรคต่าง ๆ โดยตรง แต่ตำแหน่งการเกิดสนิปส์มักมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหรือการตอบสนองต่อการรักษาโรค ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ค้นพบความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เรียกว่าสนิปส์นี้นับล้านตำแหน่งเพื่อช่วยให้มนุษย์สามารถเข้าใจหน้าที่ของยีนได้มากขึ้น สำหรับการเกิดสนิปส์บนลำดับดีเอ็นเอของยีน *TMPRSS6* (rs4820268), *TF* (rs3811647) และ *TRF2* (rs7385804) มีความสัมพันธ์กับการเกิดภาวะธาตุเหล็กต่ำในร่างกาย โดยกลไกการควบคุมสมดุลธาตุเหล็กผ่านโปรตีนที่เรียกว่า เฮปซิดิน (hepcidin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ถูกสังเคราะห์บริเวณเซลล์ตับเป็นหลัก และมีหน้าที่สำคัญในการลดระดับธาตุเหล็กในพลาสมา ผ่านทางการยับยั้งการดูดซึมธาตุเหล็กที่บริเวณลำไส้เล็กและลดการขนส่งธาตุเหล็กออกจากเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหารเข้าสู่กระแสเลือดโดยการเหนี่ยวนำโปรตีนขนส่งธาตุเหล็กที่เรียกว่า เฟอร์โรพอรติน (ferroportin) เข้าสู่ไซโทพลาสซึมและนำไปย่อยสลายที่ไลโซโซมต่อไป ทั้งนี้ระดับเฮปซิดินมีความสัมพันธ์ในเชิงปฏิภาคกับปริมาณเหล็ก กล่าวคือ ปริมาณธาตุเหล็กในร่างกายที่เพิ่มสูงขึ้นจะกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนเฮปซิดิน สนิปส์จึงนำมาใช้สำหรับทำนายความเสี่ยงการเกิดภาวะธาตุเหล็กต่ำโดยอาศัยการวิเคราะห์จีโนไทป์ของยีน *TMPRSS6*, *TF* และ *TRF2* เมื่อนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายทราบว่า ตนเองมีรูปแบบของสนิปส์ที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการมีระดับธาตุเหล็กต่ำก็สามารถนำมาปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในชีวิตประจำวันได้ เช่น การรับประทานอาหารหรือการเสริมธาตุเหล็กเพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะซีด อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการติดตามปริมาณธาตุเหล็กร่วมกับระดับโปรตีนเฟอร์โรพอรติน (โปรตีนที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มและเก็บเหล็กอิสระไว้ในโมเลกุล) เพื่อให้มั่นใจว่าร่างกายจะไม่ได้รับปริมาณธาตุเหล็กสูง

จนเกินไป สำหรับความแปรปรวนของยีนที่พบว่าเกี่ยวข้องกับภาวะธาตุเหล็กเกิน (iron overload disorder) คือ ยีนเฮซเอพีอี (*HFE*) เป็นกลุ่มอาการที่เกิดจากการที่ร่างกายมีการสะสมธาตุเหล็กมากเกินไป หรือเรียกว่า ฮีโมโครมาโตซิส (hemochromatosis) เป็นภาวะทางพันธุกรรมที่ร่างกายจะดูดซึมธาตุเหล็กจากอาหารและเครื่องดื่มมากเกินไปและทำให้เกิดความเสียหายต่ออวัยวะที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอย่างตับอ่อน ผ่านกลไกการกระตุ้นอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคเบาหวานได้ สนิปส์ที่เกี่ยวข้องกับฮีโมโครมาโตซิส คือ ผู้ที่มีจีโนไทป์แบบเอเอ (AA) ของ rs1800562 และ จีโนไทป์แบบจีจี (GG) ของ rs1799945 เป็นรูปแบบจีโนไทป์ที่เพิ่มความเสี่ยงของการเกิดฮีโมโครมาโตซิส ในขณะที่จีโนไทป์แบบจีเอ (GA) และจีซี (GC) มีความเสี่ยงระดับปานกลาง และจีโนไทป์แบบจีจี (GG) และซีซี (CC) มีความเสี่ยงต่ำ โดยมักพบรูปแบบจีโนไทป์ที่มีความเสี่ยงของการเกิดฮีโมโครมาโตซิสในกลุ่มนักกีฬาชั้นนำมากกว่ากลุ่มประชากรทั่วไป ทั้งนี้นักกีฬาที่มียีนที่มีความเสี่ยงในการดูดซึมปริมาณธาตุเหล็กมากเกินไปและมีระดับธาตุเหล็กสูงอาจจะได้ประโยชน์จากยีนในรูปแบบนี้ เนื่องจากจะมีความสามารถในการจับกับออกซิเจนที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามนักกีฬาที่มีความเสี่ยงของการเกิดฮีโมโครมาโตซิสพึงระวังการเสริมธาตุเหล็กและการได้รับปริมาณธาตุเหล็กมากเกินไปโดยควรติดตามระดับธาตุเหล็กในร่างกายให้มีระดับที่เหมาะสมเพราะการดูดซึมธาตุเหล็กที่มากเกินไปก็สามารถส่งผลเสีย คือ นำไปสู่การเกิดภาวะเครียดออกซิเดชันและการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อในร่างกายได้

## วิตามินบี 12

วิตามินบี 12 เป็นสารในกลุ่มโคบาลามิน (cobalamin; Cbl) เป็นวิตามินชนิดหนึ่งทีละลายใน



น้ำ ส่วนใหญ่จะพบในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ ปลา ไข่ นม ตับ เป็นต้น วิตามินบี 12 ทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ (co-enzyme) ในการเปลี่ยนโฮโมซิสเตอีน (homocysteine) เป็นกรดอะมิโนเมทไทโอนีน (methionine) การขาดวิตามินบี 12 จึงทำให้มีระดับโฮโมซิสเตอีนสูงในร่างกาย นอกจากนี้วิตามินบี 12 ยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดง เมื่อขาดวิตามินบี 12 อาจทำให้เกิดภาวะโลหิตจางชนิดที่มีเซลล์เม็ดเลือดแดงขนาดใหญ่ เรียกว่า เมกะโกลลาสติคแอนิเมีย (megaloblastic anemia) ทำให้การขนส่งออกซิเจนในเลือดลดลง รู้สึกอ่อนเพลีย ไม่มีแรง การทำงานของระบบประสาทผิดปกติ มีการรับรู้ช้าลง

วิตามินบี 12 ถูกดูดซึมและขนส่งระหว่างเซลล์โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ฟูโคซิลทรานเฟอร์เรส 2 (fucosyltransferase 2) ซึ่งเป็นการถอดรหัสของยีนเอฟยูที 2 (FUT2) โดยการแปรผันทางพันธุกรรมที่ตำแหน่งบนยีนเอฟยูที 2 มีความสัมพันธ์กับปริมาณวิตามินบี 12 ในเลือดที่ต่ำกว่าระดับปกติ ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยความไวทางด้านพันธุกรรมเฉพาะบุคคล โดยอาจเป็นผลมาจากการดูดซึมวิตามินบี 12 ในลำไส้ได้ลดลง จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายที่รับประทานเจหรือมังสวิรัตว่า ควรได้รับอาหารที่มีการเติมวิตามินบี 12 หรือได้รับการเสริมยาเม็ดวิตามินบี 12 เพื่อให้มั่นใจว่าจะมีระดับวิตามินบี 12 ที่เพียงพอต่อการทำงานของร่างกาย

## โฟเลท

โฟเลทจัดอยู่ในกลุ่มวิตามินบีที่ละลายน้ำ มีหลากหลายอนุพันธ์ สามารถละลายตัวได้ง่ายเมื่อโดนแสง ความร้อน และอากาศ มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ รวมถึงเป็นวิตามินที่ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคโลหิตจางชนิดเมกะโกลลาสติคแอนิเมีย โฟเลทในอาหารสามารถพบได้ทั้งใน

พืชและในเนื้อสัตว์ อาหารที่มีโฟเลทสูง ได้แก่ พืชใบเขียว ธัญพืช พืชตระกูลถั่วและตับ โฟเลทที่ได้รับจากแหล่งธรรมชาติจะไม่ค่อยเสถียร ประกอบกับระบบในร่างกายสามารถดูดซึมได้เพียงร้อยละ 50 ดังนั้นหากมีพฤติกรรมการบริโภคชนิดอาหารที่ไม่หลากหลาย โดยเฉพาะการไม่รับประทานอาหารที่เป็นแหล่งของโฟเลทจากธรรมชาติอาจเสี่ยงต่อการขาดโฟเลทได้ โดยยีนเมทิลินเตตราไฮโดรโฟเลทรีดักเทส (Methylenetetrahydrofolate reductase; MTHFR) เป็นยีนที่สร้างเอนไซม์ที่ควบคุมอัตราเร็วของปฏิกิริยาในวัฏจักรเมธิลและควบคุมระดับโฮโมซิสเตอีนในร่างกาย ถึงแม้ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างยีน MTHFR กับการบริโภคโฟเลทต่อศักยภาพของนักกีฬา แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ระดับโฮโมซิสเตอีนสูงในร่างกายมีความสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อที่เสื่อมถอยลง

## โคลีน

โคลีน คือ สารอาหารสำคัญชนิดหนึ่งที่ตั้งอยู่ในกลุ่มของวิตามินบีและถูกจัดอยู่ในกลุ่มวิตามินที่ละลายในน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของฟอสฟาทีดิลโคลีน (phosphatidylcholine) เมื่อรวมตัวกับไขมันที่เรียกว่า ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) โคลีนมีความสำคัญต่อร่างกายอย่างมากเพราะเป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มสมอง กล้ามเนื้อ และเซลล์ประสาท โคลีนเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารสื่อประสาทที่ใช้ในการส่งกระแสประสาทของสมอง เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความจำ และสมาธิ หากร่างกายมีระดับโคลีนในเลือดลดลงทำให้การหลั่งสารสื่อประสาทผิดปกติและอาจทำให้เกิดการอ่อนเพลีย สำหรับนักกีฬาที่มีการใช้กำลังอย่างหนัก เช่น การแข่งขันไตรกีฬา การวิ่งมาราธอน มักพบว่ามีระดับโคลีนในเลือดลดลง นอกจากนี้โคลีนช่วยควบคุม

ระดับโฮโมซิสเตอีนในร่างกายและการเสริมโคลินสามารถช่วยกระตุ้นการเผาผลาญไขมันทำให้นักกีฬาเกิดความคล่องตัวอีกด้วย ความต้องการโคลินจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุ เพศ กิจกรรมทางกายและพันธุกรรม โดยยีนที่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงของการเกิดภาวะขาดโคลิน ได้แก่ ยีน *PEMT* โดยที่โคลินสามารถสังเคราะห์ได้เองในร่างกายด้วยการสังเคราะห์โคลินแบบเดอโนโวผ่านวิถีฟอสฟาทีดิลเอทานามีน เอ็น-เมทิลทรานเฟอร์เรส (Phosphatidylethanolamine N Methyltransferase; *PEMT*) แต่สังเคราะห์ได้เพียงปริมาณเล็กน้อยซึ่งไม่เพียงพอต่อการช่วยรักษาสมดุลของสุขภาพ

## วิตามินซี

วิตามินซี หรือ กรดแอสคอร์บิก เป็นวิตามินชนิดละลายน้ำ วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการซ่อมแซมและการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อในร่างกาย ช่วยทำให้แผลหายเร็วขึ้น และมีส่วนช่วยในการสร้างคอลลาเจน การดูดซึมของวิตามินซีขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับประทานเข้าไปในแต่ละครั้ง แต่การดูดซึมวิตามินซีมีจุดอิ่มตัวในการดูดซึม กล่าวคือการรับประทานวิตามินซีปริมาณมากเกินจุดอิ่มตัวของการดูดซึม ร่างกายจะไม่สามารถดูดซึมวิตามินซีไปใช้ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของวิตามินซีที่รับประทานต่อครั้งมีผลต่อการดูดซึม คือการรับประทานวิตามินซีขนาดสูงร่างกายจะดูดซึมวิตามินได้น้อยกว่าการรับประทานวิตามินซีขนาดต่ำ และปริมาณการดูดซึมวิตามินซีอาจแตกต่างกันไป ขึ้นกับรูปแบบและส่วนประกอบอื่น ๆ ในผลิตภัณฑ์ มีการศึกษาที่พบว่า ยีน *GSTT1* มีผลต่อการตอบสนองที่แตกต่างกันระหว่างบุคคลหลังได้รับวิตามินซี การ

ตรวจยืนยันช่วยระบุว่านักกีฬาคนไหนมีความเสี่ยงที่จะมีปริมาณวิตามินซีในเลือดต่ำ ซึ่งลดศักยภาพในการแข่งขันของนักกีฬาเนื่องจากวิตามินซีช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ เมื่ออนุมูลอิสระในร่างกายสูงขึ้นจากการมีวิตามินซีไม่เพียงพอ อาจทำให้มวลกล้ามเนื้อลดลงและการซ่อมแซมเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทำได้ไม่ดี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งวิตามินซี ได้แก่ *SVCT1* และ *SVCT2* จากการถอดรหัสของยีน *SLC23A1* และ *SLC23A2* ตามลำดับ แต่ยังไม่พบข้อสนับสนุนการตอบสนองต่อการได้รับวิตามินซีในกลุ่มอาสาสมัครจำแนกตามจีโนไทป์ จึงยังไม่มีการนำยีนทั้งสองตำแหน่งมาใช้สำหรับวางแผนโภชนาการเฉพาะบุคคลในปัจจุบัน

## วิตามินเอ

วิตามินเอเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการมองเห็น กระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์และช่วยส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน โดยแหล่งอาหารของวิตามินเอที่สามารถดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้สูง ได้แก่ เครื่องในสัตว์ ไข่แดง นม ผลิตภัณฑ์จากนม และแหล่งอาหารรองลงมา ได้แก่ ผักใบเขียวเข้ม ผักและผลไม้สีเหลืองและส้ม เช่น ตำลึง ผักบุ้ง แคร้งทอด ฟักทอง มันเทศสีเหลือง มะละกอสุก เป็นต้น นักกีฬามีแนวโน้มได้รับบาดเจ็บเพิ่มขึ้นหากมีปัญหาเกี่ยวกับการมองเห็นซึ่งส่งผลให้มีปฏิกิริยาการตอบสนองช้าลง

ยีนบีซีเอ็มโอ 1 (*BCMO1*) ทำให้เกิดการแสดงออกของเอนไซม์ beta-carotene 15,15'-monooxygenase 1 ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแคโรทีนอยด์เป็นวิตามินเอที่อยู่ในรูปพร้อมออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การเกิดสปีส์ที่ยีนบีซีเอ็มโอ 1 โดยมีรูปแบบจีโนไทป์ GG จะมีความเสี่ยงของการขาดวิตามินเอ เนื่องจาก

การเปลี่ยนแคโรทีนอยด์เป็นวิตามินเอทำได้ไม่ดีนักกีฬาที่มีจีโนไทป์แบบ GG จึงควรเน้นบริโภคอาหารที่มีมาจากสัตว์เพื่อให้ได้วิตามินเอที่พร้อมใช้งาน ได้แก่ เรตินอล (retinol) เรตินัล (retinal) และกรดเรติโนอิก (retinoic acid) แทนการรับประทานอาหารที่มีโปร-วิตามินเอหรือแคโรทีนอยด์ซึ่งร่างกายยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที หรือเพิ่มปริมาณการบริโภคผักและผลไม้ที่มีสีส้มหรือสีแดงให้มากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้มั่นใจว่านักกีฬาจะมีการมองเห็นและระบบภูมิคุ้มกันที่เหมาะสมต่อการแข่งขัน

### วิตามินดีและแคลเซียม

วิตามินดีเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาอื่นปรับแต่ง (genetic modifier) ของระดับวิตามินดีต่อสมรรถนะทางกายของนักกีฬา อย่างไรก็ตามวิตามินดีมีความสำคัญต่อการทำงานของร่างกาย คือ ช่วยในการดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสจากอาหารและรักษาระดับแร่ธาตุดังกล่าวในเลือดให้เป็นปกติ สำหรับแคลเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากที่สุดในร่างกาย โดยร้อยละ 99 ของแคลเซียมในร่างกายจะเป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน มีหน้าที่สำคัญ เช่น พัฒนาและสร้างความแข็งแรงให้กระดูกและฟัน ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ควบคุมการเต้นของหัวใจ การส่งความรู้สึกไปตามเส้นประสาท เป็นต้น แหล่งของแคลเซียมที่ได้รับอาจมาจากการรับประทานอาหาร เช่น นม ปลาเล็กที่ทานได้ทั้งกระดูก กุ้งแห้ง ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง เช่น เต้าหู้ (ยกเว้นเต้าหู้ไข่) เป็นต้น หรือรับประทานยาเม็ดแคลเซียม แต่ผลิตภัณฑ์ยาเม็ดแคลเซียมจะมีความแตกต่างกันที่รูปเกลือซึ่งจะให้ปริมาณแคลเซียมที่ไม่เท่ากัน วิตามินดีและแคลเซียมจึงมีผลต่อความแข็งแรงของกระดูกซึ่งสัมพันธ์กับนักกีฬาทุกประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักกีฬาวิ่ง

เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการเกิดการแตกหักของกระดูก

ความแปรปรวนของยีนจีซี (GC) และยีนซีปทู-อาวัน (CYP2R1) มีผลต่อระดับวิตามินดีในร่างกาย ยีนจีซีสร้างโปรตีนที่จับวิตามินดีขนส่งสู่เนื้อเยื่อต่าง ๆ การมีรูปแบบยีนที่ผิดปกติจึงสัมพันธ์ต่อการมีระดับวิตามินดีต่ำในร่างกาย สำหรับยีนซีปทูอาวันสังเคราะห์เอนไซม์ที่ชื่อ วิตามินดี 25-ไฮดรอกซีเลส (vitamin D 25-hydroxylase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการเปลี่ยนวิตามินดีให้อยู่ในรูปที่พร้อมใช้งาน ดังนั้นผู้ที่มีพันธุกรรมของยีนสองชนิดนี้ที่ผิดปกติจะมีผลต่อระดับวิตามินดีและประสิทธิภาพการดูดซึมแคลเซียมที่ลดลง ส่งผลให้เกิดการเพิ่มความเสี่ยงในการแตกหักของกระดูก นักกีฬาที่มีความเสี่ยงของยีนร่วมกับการเล่นกีฬาที่มีความเสี่ยง เช่น การวิ่งระยะทางไกล จึงควรมีการติดตามการได้รับวิตามินดีและแคลเซียมเพื่อลดความเสี่ยงของการแตกหักของกระดูก

### คาเฟอีน

คาเฟอีนเป็นสารที่พบในเครื่องดื่มต่าง ๆ เช่น กาแฟ ชา และน้ำอัดลม ในด้านการกีฬาได้มีการนำคาเฟอีนมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกีฬา (ergogenic aid) โดยมีรายงานการศึกษาวิจัยหลายฉบับแสดงให้เห็นว่าคาเฟอีนมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพนักกีฬาในด้านความเร็ว ประสิทธิภาพในการเพิ่มความอดทน และปริมาณงานที่สามารถทำได้สูงสุดในการออกกำลังกายหรือในขณะที่เล่นกีฬานิตต่าง ๆ แม้การศึกษาจำนวนมากได้พิสูจน์ผลของการเสริมคาเฟอีนต่อสมรรถนะในการออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา แต่มีข้อคำนึงที่ต้องพิจารณาปัจจัยด้านพันธุกรรมที่มีผลการตอบสนองต่อคาเฟอีนที่แตกต่างกันในระหว่างบุคคลร่วมด้วย

คาเฟอีนเป็นสารในกลุ่มแซนทีนแอลคาลอยด์ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับแอดิโนซีน (adenosine) ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทชนิดหนึ่งในสมอง โมเลกุลของคาเฟอีนจึงสามารถจับกับตัวรับแอดิโนซีน (adenosine receptor) ในสมองและยับยั้งการทำงานของแอดิโนซีนได้ ส่งผลให้มีการเพิ่มการทำงานของ

ของสารสื่อประสาทโดปามีน (dopamine) ซึ่งทำให้สมองเกิดการตื่นตัว ความแปรปรวนของยีนอะดีโนซีนเอทูเอ รีเซปเตอร์ (adenosine A2A receptor) เป็นปัจจัยที่พบบ่อยว่า มีผลต่อการตื่นตัวที่แตกต่างกัน หลังร่างกายได้รับคาเฟอีนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้บริโภครคาเฟอีนเป็นประจำ

**ตารางที่ 1** สรุปความแปรปรวนทางพันธุกรรมของยีนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารและสมรรถนะทางร่างกายของนักกีฬา

ยีน	บทบาท	สารอาหาร	ผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
<i>CYP1A2</i> (rs762551)	สร้างเอนไซม์ CYP1A2 ในตับ เกี่ยวข้องกับการเกิดเมแทบอลิต์ของสารคาเฟอีน	คาเฟอีน	สุขภาพของหัวใจและระบบหลอดเลือด ความทนทาน
<i>ADORA2A</i> (rs5751876)	ควบคุมความต้องการปริมาณออกซิเจนที่กล้ามเนื้อหัวใจ ต้องการใช้ เพิ่มการหมุนเวียนของเลือดโดยกลไกการขยายตัวของหลอดเลือด	คาเฟอีน	ความตื่นตัว คุณภาพการนอนหลับ
<i>BCMO1</i> (rs11645428)	เปลี่ยนแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ให้กลายเป็นวิตามินเอ	วิตามินเอ	ทักษะการเคลื่อนไหวประสานกับการมองเห็น (visual-motor skills) ระบบภูมิคุ้มกัน
<i>MTHFR</i> (rs1801133)	สร้างเอนไซม์ methylenetetrahydrofolate reductase ทำหน้าที่เปลี่ยนกรดโฟลิกและโฟเลตให้อยู่ในรูปสารที่มีประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ทางชีวภาพ	โฟเลต	โรคโลหิตจาง, ภาวะโฮโมซิสเตอีนในเลือดสูง
<i>HFE</i> (rs1800562 and rs179945)	ควบคุมการดูดซึมธาตุเหล็กในลำไส้	เหล็ก	ภาวะเหล็กเกินจากความผิดปกติทางพันธุกรรม
<i>TMPRSS6</i> (rs4820268), <i>TFR2</i> (rs7385804), <i>TF</i> (rs3811647)	เกี่ยวข้องกับฮอริโมนเฮปซิดินซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการดูดซึมเหล็กจากลำไส้เล็ก	เหล็ก	ความเสี่ยงการเกิดโรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก
<i>FUT2</i> (rs602662)	เกี่ยวข้องกับการขนส่งและดูดซึมวิตามินบี 12	วิตามินบี 12	โรคโลหิตจาง ภาวะโฮโมซิสเตอีนในเลือดสูง
<i>GSTT1</i> (Ins/Del)	เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ glutathione S-transferase	วิตามินซี	ป้องกันการบาดเจ็บของเซลล์และเนื้อเยื่อจากภาวะเครียดออกซิเดชัน
<i>GC</i> (rs2282679) and <i>CYP2R1</i> (rs10741657)	<i>GC</i> เกี่ยวข้องกับ vitamin D-binding protein ซึ่งมีหน้าที่จับและขนส่งวิตามินดีในร่างกาย, <i>CYP2R1</i> เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์วิตามินดี	วิตามินดี	รักษาระดับวิตามินดีในร่างกาย ส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน การฝึกเพื่อสร้างความแข็งแรง การฟื้นฟูร่างกาย สุขภาพของกระดูก
<i>GC</i> (rs7041 and rs4588)	<i>GC</i> เกี่ยวข้องกับ vitamin D-binding protein ซึ่งมีหน้าที่จับและขนส่งวิตามินดีในร่างกาย ซึ่งวิตามินดีมีความจำเป็นต่อการดูดซึมแคลเซียม	แคลเซียม	การเกิดภาวะกระดูกหักง่าย การหดตัวของกล้ามเนื้อ การนำไฟฟ้าของเส้นประสาท การแข็งตัวของเลือด

ยีน	บทบาท	สารอาหาร	ผลกระทบที่เกี่ยวข้อง
<i>PEMT</i> (rs12325817)	เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลในร่างกายนานิวโรลิฟิฟอสฟาทีดิลเอทาลามีน เอ็น-เมทิลทรานเฟอร์เรส	โคเลสเตอรอล	การหลั่งสารสื่อประสาท
<i>TCF7L2</i> (rs7903146)	เกี่ยวข้องกับการปรับปริมาณไขมันในร่างกายนานิวโรลิฟิฟอสฟาทีดิลเอทาลามีน เอ็น-เมทิลทรานเฟอร์เรส	ไขมัน	องค์ประกอบของร่างกายที่เหมาะสม
<i>PPAR<math>\gamma</math>2</i> (rs1801282)	เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ไขมัน (adipocyte differentiation)	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	องค์ประกอบของร่างกายที่เหมาะสม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Guest *et al.* (2019)

## บทสรุป

จากการศึกษารายงานระดับสารอาหารในเลือด และ/หรือปริมาณสารอาหารที่ได้รับจากอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ส่งผลต่อสุขภาพโดยภาพรวม องค์ประกอบของร่างกาย และช่วยปรับสมรรถนะทางกายของนักกีฬา พบว่าคาเฟอีนเป็นสารออกฤทธิ์ที่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์รองรับมากที่สุดใน การเพิ่มประสิทธิภาพความทนทานของนักกีฬา อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างยีนและอาหารที่ใช้ตัวชี้วัดทางด้านสมรรถนะทางกายโดยตรงของกลุ่มนักกีฬาที่ถูกฝึกเพื่อลงแข่งขันอย่างค่อนข้างจำกัด จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจใน

การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อระบุตัวชี้วัดหรือเครื่องหมายทางพันธุกรรมใหม่ที่สามารถจำแนกความแตกต่างหรือจำแนกสมรรถนะของนักกีฬารุ่นเยาว์ที่มีพรสวรรค์ให้พร้อมรับการฝึกเพื่อความเป็นเลิศด้านการกีฬาในอนาคต การวิเคราะห์พันธุกรรมสำหรับวางแผนโภชนาการเฉพาะบุคคลอาจเป็นเครื่องมือสำหรับแพทย์ นักกำหนดอาหาร นักโภชนาการ ครูฝึกกีฬา ในการให้คำแนะนำ จัดเมนูอาหารที่มีความเหมาะสม และช่วยเพิ่มสมรรถนะทางกายของนักกีฬาหรือผู้ออกกำลังกายได้

### บรรณานุกรม

- Roth S. 2012. Critical overview of applications of genetic testing in sport talent identification. *Recent Pat DNA Gene Seq.* 6(3) : 247-55. doi : 10.2174/187221512802717402.
- Guest N, Corey P, Vescovi J and El-Sohemy A. 2018. Caffeine, CYP1A2 genotype, and endurance performance in athletes. *Med Sci Sport Exerc.* 50(8) : 1570-8. doi : 10.1249/MSS.0000000000001596.
- Guest N. 2021. Nutrigenomics for sport and exercise performance. <https://www.aspetar.com/journal/viewarticle.aspx?id=513#YhcX5OhBxPY>. [24 February 2022].
- Guest N, Horne J, Vanderhout S and El-Sohemy A. 2019. Sport nutrigenomics : personalized nutrition for athletic performance. *Front Nutr.* 6(8) : 1-16. doi : <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00008>.
- Guth LM and Roth SM. 2013. Genetic influence on athletic performance. *Curr Opin Pediatr.* 25(6) : 653-8. doi: 10.1097/MOP.0b013e3283659087.
- Iglesias MS and Grzelczak M. 2020. Using gold nanoparticles to detect single nucleotide polymorphisms : toward liquid biopsy. *Beilstein J Nanotechnol.* 11 : 263-84. doi : 10.3762/bjnano.11.20.
- Mattsson CM, Wheeler MT, Waggott D, Caleshu C and Ashley EA. 2016. Sport genetics moving forward : lessons learned from medical research. *Physiol Genomics.* 48(3) : 175-82. doi : 10.1152/physiolgenomics.00109.2015.

Thomas DT, Erdman KA and Burke LM. 2016. Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc.* 48(3) : 543-68.  
doi : 10.1249/MSS.0000000000000852.

Webborn N, William A, McNamee M, Bouchard C, Pitsiladis Y, Ahmetov I, Ashley E, Byrne N, Camporesi S, Collins M, Dijkstra P, Eynon N, Fuku N, Garton F, Hoppe N, Holm S, Kaye J, Klissouras V, Lucia A, Maase K, Moran C, North K, Pigozzi F and Wang G. 2015. Direct-to-consumer genetic testing for predicting sports performance and talent identification : consensus statement. *Br J Sports Me.* 49(23) : 1486-91. doi : 10.1136/bjsports-2015-095343.

William AG, Wackerhage H and Day SH. 2016. Genetic testing for sports performance, responses to training and injury risk : practical and ethical consideration. *Med Sport Sci.* 61 : 105-19. doi : 10.1159/000445244.

# ผลิตภัณฑ์คีโตเจนิค

## Ketogenic diet products

✎ ชมดาว สิกขะมณฑล (Chomdao Sikkamondhol)

ฝ่ายเคมีและกายภาพอาหาร (Department of Food Chemistry and Physics)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

### จุดเด่น

- ❖ คีโตเจนิค ไดเอท อาหารลดน้ำหนัก
- ❖ แนวการกินอาหารลดน้ำหนักที่นิยมในไทยและต่างประเทศ
- ❖ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์คีโตเจนิคที่จำหน่ายในไทยและต่างประเทศ

### Highlights

- ❖ Ketogenic diet, Food diet
- ❖ Approaches to popular weight loss food diet in Thailand and foreign
- ❖ Example of keto diet product sell in Thailand and foreign

### บทคัดย่อ

การบริโภคอาหารคือสิ่งที่สำคัญของมนุษย์อย่างมากโดยพฤติกรรมการบริโภคของมนุษย์แต่ละคนจะแตกต่างกันออกไปตามความต้องการของร่างกาย แต่ถ้าต้องการมีสุขภาพที่ดีหรือมีภาวะโภชนาการที่เหมาะสมแต่ละบุคคล จำเป็นต้องศึกษาและปฏิบัติในการเลือกอาหารให้ถูกต้อง จากแนวโน้มกระแสการดูแลสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคส่วนหนึ่งได้มีการเลือกปฏิบัติเพื่อพฤติกรรมการดูแลสุขภาพของตนเองโดยการเลือกวัตถุดิบในการทำอาหารหรือซื้ออาหารเพื่อสุขภาพมาบริโภค ซึ่งปัจจุบันในสภาวะของผู้บริโภควัยทำงานได้ทำงานอย่างเร่งรีบและความเคร่งเครียด ทำให้ผู้บริโภควัยทำงานมักจะรับประทานอาหารจานด่วน หรืออาหารที่มีไขมันสูง มีผักน้อย ก่อให้เกิดเป็นโรคอ้วนดังกล่าว มีผลให้กลุ่มวัยทำงานหันมาสนใจอาหารคีโตเจนิคมาบริโภคแทน ซึ่งอาหารคีโตเจนิคเป็นอาหารเน้นไขมันดี มีโปรตีนที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายและมีคาร์โบไฮเดรตต่ำ ดังนั้นมีผู้แนะนำแนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจนิคที่นิยมกันมากในไทยและต่างประเทศมีหลายแบบหลายผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกของแต่ละบุคคล ผลิตภัณฑ์คีโตเจนิคนี้มีความหลากหลายไม่ว่าจะเป็นอาหารคาว อาหารหวาน อาหารว่างก็ตาม ถ้าเราเลือกและปฏิบัติบริโภคอาหารที่ถูกต้องจะทำให้ร่างกายมีสุขภาพดียิ่งขึ้น

**คำสำคัญ :** คีโตเจนิค อาหารลดน้ำหนัก โปรตีน ไขมัน ผลิตภัณฑ์

**Keywords :** ketogenic, food diet, protein, fat, product

## บทนำ

กระแสการกินแบบใหม่ที่ช่วยลดน้ำหนักที่นิยมกันคือ คีโตเจนิค ไดเอท (ketogenic diet) เป็นการรับประทานอาหารแต่ไขมันตามด้วยโปรตีนโดยลดคาร์โบไฮเดรตให้เหลือปริมาณที่น้อยมาก หรือลดการบริโภคคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาล ซึ่งอาหารเหล่านี้ที่ได้จากไขมันทั้งจากพืชและสัตว์แทน (กรมอนามัย, 2563) อาหารคีโตเจนิคหรืออาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำถูกนำมาใช้ตั้งแต่ช่วงทศวรรษที่ 1920 เพื่อรักษาโรคลมบ้าหมู ต่อมาทศวรรษที่ 1960 เป็นต้นมาอาหารคีโตเจนิคกลายเป็นที่นิยมแพร่หลายในการรักษาโรคอ้วนที่พบบ่อยที่สุด งานวิจัยล่าสุดในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีหลักฐานเกี่ยวกับศักยภาพในการรักษาโรคของอาหารที่เป็นคีโตเจนิคในสภาวะทางพยาธิวิทยาต่าง ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคถุงน้ำในรังไข่ สิว โรคทางระบบประสาท มะเร็ง และช่วยบรรเทาปัจจัยเสี่ยงโรคทางระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือดหัวใจ (Paoli *et al.*, 2013)

นิยามของอาหารคีโตเจนิค คือ เป็นอาหารที่มีไขมัน โปรตีนระดับปานกลาง และคาร์โบไฮเดรตต่ำมาก โดยมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตจำกัดไม่เกินกว่า 25 กรัมต่อวัน หรือกินอาหารประเภทไขมันให้ได้ประมาณ 70-80% รวมกับโปรตีน 10-20% เมื่อรับประทานอาหารคีโตเจนิคอย่างถูกต้อง น้ำหนักจะลดลง ลดการอักเสบ มีพลังงานมากขึ้น มีผลทำให้สามารถจัดการโรคเบาหวานประเภทที่ 1 ซึ่งเกิดจากเซลล์ตับอ่อนถูกทำลายจากภูมิคุ้มกันของร่างกายทำให้ขาดอินซูลินมักพบในเด็กและโรคเรื้อรังอื่น ๆ (นิรนาม, 2562) เหตุผลที่ผู้บริโภคเลือกอาหารแบบคีโตเจนิคเนื่องจากไม่ยุ่งยากเกินไปสำหรับการรับประทาน วิธีการ

ทำอาหารคีโตเจนิคง่าย ไม่ซับซ้อน หรือได้รับคำแนะนำจากบุคคลที่เคยรับประทานมาแล้วทำให้รู้สึกถึงการมีสุขภาพและรูปร่างที่ดี (วิลาศิณี, 2564) สอดคล้องกับเหตุผลที่เลือกรับประทานอาหารคีโตเจนิคมากที่สุดคือต้องการลดน้ำหนัก มักจะทำอาหารด้วยตนเองเป็นหลัก ซึ่งวัตถุประสงค์ในการประกอบอาหารคีโตเจนิค หาได้ที่สรรพสินค้าหรือร้านสะดวกซื้อ โดยการคำนึงถึงเรื่องปริมาณสารอาหารตรงความต้องการเป็นสิ่งแรก (อรรรยา, 2562) ส่วนปัจจัยที่ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์คีโตเจนิคทางด้านตลาด ได้แก่ คุณภาพของขนม/อาหาร ความสดใหม่ของวัตถุดิบ รสชาติของขนม/อาหาร การมีฉลากแจ้งข้อมูลการออกแบผลิตภัณฑ์ ในขณะที่เดียวกันต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีราคาเหมาะสมกับคุณภาพอาหาร มีป้ายบ่งบอกราคาที่ชัดเจนและราคาไม่แพง (เปมิกา และ รชฎ, ม.ป.ป.) ประกอบกับงานวิจัยเกี่ยวกับการสื่อสารและกระบวนการยอมรับของผู้บริโภคอาหารตามหลักคีโตเจนิคพบว่า ผู้บริโภคให้ความสนใจในการปรึกษาและสอบถามข้อสงสัยเกี่ยวกับแนวทางการกินอาหารคีโตเจนิค และการแบ่งปันประสบการณ์ส่วนตัว ซึ่งกระบวนการยอมรับการกินอาหารคีโตเจนิค แบ่งเป็น 5 ตอน คือ 1) ผู้บริโภครับรู้เรื่องการกินอาหารตามหลักคีโตเจนิคจากสื่อ Facebook มากที่สุด 2) ผู้บริโภคมีความสนใจจากการได้รับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการรับประทานอาหารคีโตเจนิคเพิ่มมากขึ้นจากกลุ่ม ThaiKeto Friends 3) ผู้บริโภคพิจารณาประเมินความสำเร็จจากผู้ที่ได้รับประทานอาหารคีโตเจนิค ศึกษาเกี่ยวกับในการใช้ประโยชน์ความเปรียบเทียบประเภทอาหารคีโตเจนิค ความยากง่าย



ต่อการรับประทาน และการนำปรับชีวิตประจำวันของการรับประทานคีโตเจนิค 4) ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในการปฏิบัติตนในการรับประทานอาหารประเภทคีโตเจนิค เนื่องจากเห็นผลในการลดน้ำหนักอย่างรวดเร็วและไม่เคร่งเครียดกับการลดน้ำหนักเหมือนกับวิธีอื่น ๆ และ 5) ผู้บริโภคได้รับยืนยันจากการรับประทานอาหารประเภทคีโตเจนิคอย่างต่อเนื่อง มีผลต่อสุขภาพร่างกายแข็งแรง มีน้ำหนักที่ลดลง และมีการแบ่งปันข้อมูลการทานคีโตเจนิคให้แก่บุคคลอื่นต่อไป (เสาวลักษณ์ และ ญัฐชุตตา, 2563)

ครั้งเมื่อมีการเกิดระบาดโควิด ผู้บริโภคสามารถเลือกการกินแบบคีโตคีโต-19 ได้หรือไม่ นั่นคือการกินแบบคีโตหรือคีโตเจนิค (ketogenic) เป็นการเลือกกินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ (Low-carb) โดยหลีกเลี่ยงการกินแป้งหรือน้ำตาล เน้นรับประทานไขมันดีและโปรตีนเพื่อชดเชยสารอาหารและพลังงานที่ขาดหายไป เป็นวิธีการลดน้ำหนักอย่างหนึ่งแต่ผลเสียคือระหว่างที่อดอาหารจะไปสลายไขมันที่สะสมในร่างกายใช้เป็นพลังงานพร้อมกับตับที่สร้างสารตัวหนึ่งเรียกว่า คีโตน (ketone) ขึ้นระหว่างกระบวนการสลาย จากเอกสารการศึกษาวิจัยพบว่า ระดับพลาสมาคีโตนที่เพิ่มขึ้นจากการกินคีโตมีส่วนช่วยรักษาการอักเสบของร่างกายและมีส่วนยับยั้งการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของไวรัสโควิด-19 ได้ (Paoli *et al.*, 2020) แต่ลักษณะการกินแบบคีโตเจนิคไม่เหมาะกับผู้ที่เป็โรคเบาหวาน โรคตับ โรคไต หรือมีไขมันในเลือดผิดปกติ ผู้ที่มีภาวะโรคต่าง ๆ เหล่านี้ ควรปรึกษาแพทย์ที่ทำการรักษา (รามาชานแนล, 2019) ดังนั้นการกินคีโตเจนิคเป็นการช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของอาการรุนแรงที่เกิดจากโรคโควิด-19 มีรายงานผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วนมีแนวโน้มที่จะติดเชื้อ SARS-CoV-2 พบมากที่สุด จึงให้ผู้ป่วยเลือกรับประทานอาหารคีโตเจนิคเพื่อมุ่งหวังผู้ป่วยลดน้ำหนัก รักษา

มวลกล้ามเนื้อ และยังช่วยการต้านอักเสบและสร้างภูมิคุ้มกันป้องกันการติดเชื้อในทางเดินหายใจระดับหนึ่ง แต่เป็นข้อห้ามสำหรับการรับประทานคีโตเจนิคแบบ Very Low-Calories Keto Diet (VCKD) ที่มีแคลอรีต่ำมาก ๆ (Gangitano *et al.*, 2021) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบของอาหารในผู้ป่วยที่ติดเชื้อ SARS-CoV-2 ในโรงพยาบาลแห่งหนึ่งโดยเปรียบเทียบกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับอาหารปกติกับกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับอาหารคีโตเจนิคภายในเวลา 1 เดือน พบว่า ผู้ที่ได้รับอาหารคีโตเจนิคมีแนวโน้มจะลดการเสียชีวิตหรือลดอาการหนักเข้าโรงพยาบาลได้ดีกว่าผู้ที่ได้รับอาหารปกติถึง 2 เท่า แสดงให้เห็นว่าการรับประทานคีโตเจนิคสามารถลดอาการไม่พึงประสงค์จากการที่ได้รับเชื้อโควิด-19 ได้ (Sukkar *et al.*, 2021)

### งานวิจัยอาหารคีโตเจนิคที่เกี่ยวข้องทางการแพทย์

ในปี ค.ศ. 2005 นักวิจัยที่ศูนย์การแพทย์มหาวิทยาลัย Duke ได้ดำเนินการศึกษาวิจัย โดยนักวิจัยได้คัดเลือกอาสาสมัครที่มีภาวะน้ำหนักเกินและป่วยด้วยโรคเบาหวานประเภทที่ 2 จำนวน 28 คน ศึกษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างมีค่า BMI เฉลี่ย 42.2 อายุเฉลี่ย 56 ปี และมีเชื้อสายแอฟริกัน โดยให้อาสาสมัครบริโภคอาหารแบบ low carb ketogenic diet โดยมีเป้าหมายในการรับประทานคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน ในขณะที่ลดปริมาณของยารักษาโรคเบาหวาน อาสาสมัครยังได้รับการให้คำปรึกษาด้านโภชนาการและการปรับยาทุกสองสัปดาห์ ในอาสาสมัคร 21 คน ที่ประสบความสำเร็จในการศึกษาวิจัย ได้สังเกตการลดลงของฮีโมโกลบินเอวันซี (HbA1c) 16% จากเริ่มต้นถึงสัปดาห์ที่ 16 อาสาสมัครมีน้ำหนักลดลงเฉลี่ย 8.7 กิโลกรัม นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือดลดลงรวมเป็น 16.6% และค่าเฉลี่ยระดับไตรกลีเซอไรด์ลดลง 41.6% (Yancy *et al.*, 2005)

ในปี ค.ศ. 2008 ได้มีการศึกษาในอาสาสมัครจำนวน 84 คน ที่เป็นโรคอ้วนและโรคเบาหวานชนิดที่ 2 เป็นเวลา 24 สัปดาห์ และแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม กลุ่มแรกจาก 42 คน ได้รับอาหารที่ลดระดับน้ำตาลในเลือดมีแคลอรีต่ำ หรือ glycemic diet (500 กิโลแคลอรี/วัน) กลุ่มที่สองรับประทานอาหารคีโตเจนิคที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำมากน้อยกว่า 20 กรัมต่อวัน โดยไม่จำกัดปริมาณแคลอรี ทั้งสองกลุ่มได้รับคำแนะนำในการออกกำลังกายที่เหมือนกันและมีการให้ความรู้ทางโภชนาการและการประชุมกลุ่ม นักวิจัยทำการวัดค่าตัวบ่งชี้โรคเบาหวานที่สำคัญ ได้แก่ ระดับน้ำตาลในร่างกายน้ำหนักตัวดัชนีมวลกาย (BMI) น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และตรวจฮีโมโกลบินเอวันซี (HbA1c) ในช่วงเริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 12) และสิ้นสุดการศึกษา (สัปดาห์ที่ 24) ผลการศึกษาพบว่า ในอาสาสมัคร 29 คน ที่ประสบความสำเร็จในการควบคุมอาหารที่จำกัดแคลอรีสังเกตได้ว่าระดับน้ำตาลกลูโคสลดลง 16% BMI ลดลงที่ 2.7 และน้ำหนักตัวลดลง 6.9 กิโลกรัม และในกลุ่มตัวอย่าง 21 คน ที่ประสบความสำเร็จในการรับประทานอาหารคีโตเจนิคไดเอท ระดับน้ำตาลกลูโคสลดลงเฉลี่ย 19.9% BMI ลดลง 3.9 และน้ำหนักลดลง 11.1 กิโลกรัม กลุ่ม ketogenic diet มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในฮีโมโกลบินเอวันซี เมื่อเทียบกับกลุ่ม glycemic diet (1.5% กับ 0.5%) นอกจากนี้พบว่า มีการจ่ายยารักษาโรคเบาหวานลดลงในกลุ่มที่รับประทาน ketogenic diet ดังนั้นจากการค้นพบโดยรวม นักวิจัยระบุว่า “การปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตโดยการรับประทานอาหารคาร์โบไฮเดรตต่ำ มีประสิทธิภาพในการใช้เป็นแนวทางและวิธีการป้องกันโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ได้” (Westman *et al.*, 2008)

ในปี ค.ศ. 2012 นักวิจัยคัดเลือกผู้เข้าร่วมการทดลองลดน้ำหนัก 24 สัปดาห์ จาก Al-shaab Clinic ที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน 363 คน สำหรับการทดลอง

102 คน เป็นโรคเบาหวานประเภทที่ 2 ผู้เข้าร่วมได้รับคำแนะนำให้เลือกรับประทานอาหาร low-calorie diet (LCD) หรือ low-carbohydrate ketogenic diet (LCKD) ขึ้นอยู่กับความชอบโดยพิจารณาน้ำหนักตัว การเปลี่ยนแปลงของดัชนีมวลกาย (BMI) การเปลี่ยนแปลงของรอบเอว ระดับน้ำตาลในเลือด การเปลี่ยนแปลงของฮีโมโกลบิน และค่าน้ำตาลสะสมในเลือด (HbA1c) ระดับคอเลสเตอรอล ไขมัน LDL ไขมัน HDL ไตรกลีเซอไรด์ กรดยูริก ปัสสาวะ และครีเอตินิน ก่อนการทดลองและสัปดาห์ที่ 4, 8, 12, 16, 20, 24 หลังการทดลองรับประทานแบบ LCD หรือ LCKD ผู้ร่วมทดลองบางคนมีการปรับยาเบาหวานบางชนิดลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง และบางคนหยุดจ่ายยาบางชนิด เมื่อเริ่มต้นเข้าโปรแกรมทานอาหาร ในกลุ่ม LCKD มีการให้คำปรึกษาด้านอาหารและการปรับยาเพิ่มเติมทุก 2 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า การทานอาหาร LCD และ LCKD มีผลประโยชน์ในทุกตัวแปรที่ตรวจสอบซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจ การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรเหล่านี้มีนัยสำคัญในกลุ่มที่เลือกทานอาหารแบบ LCKD มากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่ม LCD ส่วนการเปลี่ยนแปลงระดับครีเอตินินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติสรุปการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ของอาหาร ketogenic diet มากกว่า low-calorie diet (LCD) ของการศึกษาในโรคเบาหวาน อาจบอกได้ว่าอาหาร ketogenic ถูกปรับปรุงขึ้นเพื่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ดังนั้นผู้ป่วยโรคเบาหวานที่รับประทานอาหารคีโตเจนิค ควรอยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์อย่างเข้มงวด เพราะ LCKD สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างมีนัยสำคัญ (Hussain *et al.*, 2012)

ปัจจุบันมีแนวทางการเลือกรับประทานอาหารต้องการลดน้ำหนักอยู่หลายแบบ ซึ่งนิยมใช้ในไทยและต่างประเทศ มี 3 แบบ ได้แก่

1. อาหารคีโตเจนิค ไดเอท (ketogenic diet) เน้นทานไขมันดี 70% โปรตีนทุกประเภท 25% และ คาร์โบไฮเดรต 5% ของปริมาณแคลอรีต่อวัน

ตัวอย่างอาหารที่มีไขมันสูง : อาหารทะเล อะโวคาโด น้ำมันปลา น้ำมันมะกอก และโปรตีนจากเนื้อสัตว์

อาหารที่ควรหลีกเลี่ยง : อาหารประเภทแป้ง ข้าวทุกชนิด น้ำตาลแอลกอฮอล์ นมวัว (ปริมาณ คาร์โบไฮเดรตสูง) น้ำมันจากสัตว์ น้ำมันแปรรูป ครีมเทียม ไขมันทรานส์

ข้อดีของอาหารคีโตเจนิค ไดเอท คือน้ำหนักจะ ลดในช่วง 1-2 เดือน ในช่วงแรกอาจยังไม่ชัดเจนว่า น้ำหนักลดลงไปกี่กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับการปรับตัวของแต่ละคนซึ่งอาจไม่เท่ากัน

ข้อเสีย คือ ทำให้เกิดกลิ่นปาก ฉะนั้นอาหารที่มี ไขมันสูงมีผลต่อร่างกายคือ จะผลิตโมเลกุลคีโตนเนส (Ketones) ขับออกมาทางปัสสาวะและลมหายใจ

2. แอดกินส์ ไดเอท (Atkins diet) เน้นทาน อาหารโปรตีนในปริมาณที่สูง ไขมันดีในระดับปาน กลาง และคาร์โบไฮเดรตในปริมาณกำหนด 4 เฟส (phase) แต่ละเฟส มีการกำหนด ปริมาณ คาร์โบไฮเดรตอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะลักษณะ สัดส่วนการบริโภคคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีรายละเอียด สามารถติดตามได้ที่วารสารอาหาร ปีที่ 52 ฉบับที่ 1 มกราคม-มีนาคม 2565 เรื่อง “แนวทางการ รับประทานอาหารคีโตเจนิคเพื่อลดน้ำหนัก” (วาสนา, 2565)

ตัวอย่างอาหาร : พวกเนื้อสัตว์ ถั่ว อะโวคาโด น้ำมันมะกอก น้ำมันปลา และคาร์โบไฮเดรตที่แอด-กินส์ไดเอทตามกำหนด

อาหารที่ควรหลีกเลี่ยง : เนื้อสัตว์ติดมัน น้ำมัน แปรรูป ครีมเทียม ไขมันทรานส์ ขนมหวาน เค้ก

อาหารประเภทแป้ง ข้าว (เน้นคาร์โบไฮเดรตที่ดีตาม หลักของ Atkins)

ข้อดีของแอดกินส์ ไดเอท คือ น้ำหนักลด 6 กิโลกรัม ในช่วง 2 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นให้ รับประทานคาร์โบไฮเดรตไม่เกิน 20 กรัมต่อวัน

ข้อเสียคือ ไม่เหมาะกับผู้ที่ เป็นโรคเบาหวาน เนื่องจากมีผลทำให้น้ำตาลตกและวูบได้

3. ปาลีโอ ไดเอท (Paleo diet) เน้นทานอาหาร คลื่นและเนื้อสัตว์ที่เลี้ยงด้วยธรรมชาติ อาหารต้องปรุง แต่งน้อยที่สุด

ตัวอย่างอาหาร : ผักและผลไม้ไม่หวาน เนื้อสัตว์ไขมัน ไข ถั่ว น้ำมันมะกอก น้ำมันมะพร้าว

อาหารที่ควรหลีกเลี่ยง : อาหารประเภทแป้ง ข้าวทุกชนิด น้ำตาลแอลกอฮอล์ นมวัว อาหารฟาสฟูตส์ เครื่องปรุงรส

ข้อดี คือ น้ำหนักลด 1-2 เดือนในช่วงแรก แต่ ยังไม่ชัดเจนว่าจะลดกี่กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการ ปรับตัวแต่ละคนไม่เท่ากัน

นอกจากนี้ยังมีอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณาในการ นำไปใช้ชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องปรุงอาหาร เนื่องจากเครื่องปรุงตามท้องตลาดส่วนใหญ่มีการเติม น้ำตาลและผงชูรสเพื่อเพิ่มรสชาติ จึงเป็นข้อจำกัด ผู้บริโภคอาหารคีโตเจนิคที่ต้องการหาเครื่องปรุงคีโตเจนิค เท่านั้น ปัจจุบันมีเครื่องปรุงคีโตเจนิคมีความ หลากหลายมากขึ้น ผู้บริโภคสามารถนำเครื่องปรุงไป ใช้ได้กับอาหารต่าง ๆ และพิจารณาเครื่องปรุงที่จะใช้ ต้องระบุคีโตเจนิคของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ส่วนขนมคีโต-เจนิค จะต้องมาจากแป้งอัลมอนต์หรือแป้งมะพร้าว หรืออื่น ๆ ที่ไม่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ น้ำตาลอาจจะใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ หรือหญ้าหวาน ในการผลิตขนมคีโตเจนิค ดังนั้นผู้บริโภคต้องพิจารณา ใส่ใจเรื่องของวัตถุดิบมากกว่าขนมทั่วไป สำหรับการ

กินอาหารในร้านอาหารคีโตเจนิค การเปิดร้านคีโตเจ-  
นิค ซึ่งคล้ายกับร้านอาหารเพื่อสุขภาพทั่วไป เช่น  
ร้านอาหารคลีน ต้องเน้นเรื่องของวัตถุดิบมากกว่า  
รวมถึงการสร้างสรรค์เมนูให้โดดเด่น นำรับประทาน

ดังนั้นการที่จะให้ผู้บริโภคต้องการลดน้ำหนัก  
แบบคีโตเจนิคจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการ  
รับประทานอาหารชนิดใดที่กินได้ อาหารชนิดใดที่กิน  
ไม่ได้ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดอาหารที่ผู้ต้องการลดน้ำหนักแบบคีโตเจนิค

ชนิดอาหาร	กินได้	กินไม่ได้
เนื้อสัตว์	เนื้อไก่ (ไร้หนัง) เนื้อวัว (วัวที่เลี้ยงด้วยหญ้า) เครื่องใน เนื้อหมู ไก่งวง เนื้อกวาง เบคอน อาหารทะเล ไข่ (ไข่จากไก่ที่เลี้ยงไว้หรือแบบออแกนิก)	เนื้อสัตว์แปรรูปที่ผสมแป้ง เนื้อซูปเปอร์เกรดไขมันสูง
ปลา	ปลาแฮร์ริง ปลาแมคเคอเรล แซลมอน ทูน่า ปลาดุก ปลาซวาย	ปลาซูปเปอร์เกรดไขมันสูง
ถั่วและธัญพืช	แมคคาเดเมีย ถั่วพีแคน ถั่วพิสตาชิโอ ถั่วบราซิล อัลมอนด์ วอลนัท เมล็ดเจีย เมล็ดแฟลกซ์ เมล็ดฟักทอง งา เนยถั่ว (แบบไม่หวาน)	ถั่วลูกไก่ ถั่วเลนทิล เม็ดมะม่วงหิมพานต์ (กินได้แต่ปริมาณน้อย) ถั่วเคลือบช็อกโกแลต เนยถั่วแบบหวาน ซีเรียล ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต
ผัก	หน่อไม้ฝรั่ง บรอกโคลี กะหล่ำ หัวหอม ผักชีฝรั่ง มะเขือยาว ผักใบเขียว พริกหวาน ผักโขม อารูกูล่า หรือ ผักร็อกเก็ตสลัด แตงกวาหรือ ผักไร้แป้งอื่น ๆ	บัตเตอร์นัต สควอช ข้าวโพด พืชตระกูลหัว เช่น มันฝรั่ง มันเทศ เผือก ผักมีแป้งอื่น ๆ
ผลไม้	อะโวคาโด มะพร้าว เลมอน ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เช่น แบล็กเบอร์รี่ สตรอว์เบอร์รี่ ราสป์เบอร์รี่ กูสเบอร์รี่	กล้วย องุ่น สับปะรด ผลไม้ที่มีรสเปรี้ยว ผลไม้แห้ง
น้ำมัน	น้ำมันอะโวคาโด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะกอก น้ำมันงา และน้ำมันหมู	น้ำมันจากผัก เช่น น้ำมันคาโนล่า น้ำมันข้าวโพด

ชนิดอาหาร	กินได้	กินไม่ได้
เครื่องปรุงรส	สมุนไพร เครื่องเทศ น้ำมันงา เกลือ พริกไทย น้ำส้มสายชู มายองเนส (ไม่มีน้ำตาล) น้ำสลัด (ไม่มีน้ำตาล)	น้ำตาล น้ำตาลมะพร้าว ซอสบาร์บีคิว ซอสมะเขือเทศ เมเปิ้ลไซรัป น้ำสลัดมีน้ำตาล น้ำจิ้มชนิดหวานอื่น ๆ
เครื่องดื่ม	น้ำเปล่า ชา (ไม่หวาน) เช่น ชาเขียว ชาดำ ชาสมุนไพร กาแฟ (ไม่หวาน) เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่มีคาร์โบไฮเดรตต่ำ เช่น วอดก้า	ชารสหวาน น้ำผลไม้ โซดา เครื่องดื่มทางกีฬา เบียร์ เครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์และมีน้ำตาลอื่น ๆ
ผลิตภัณฑ์นม	เนย ครีม โยเกิร์ต (ไขมันเต็ม) นมถั่วบางชนิด เช่น นมอัลมอนด์ นมพิสตาชิโอ ชีส (ไขมันเต็ม) เช่น เชดด้าชีส ชีสจากนมแพะ ชีสมอสซาเรลล่า ฯลฯ	มาการีน เนยขาว ไอศกรีม โยเกิร์ตแบบไม่มีไขมันและแบบหวาน นม (ดื่มได้เป็นนมถั่วบางชนิด)

ที่มา : Pommypom (2564)

### อันตรายการกินอาหารคีโตเจนิค

1. ขาดสารอาหาร เนื่องจากต้องงดหรือลดปริมาณอาหารบางประเภท จึงอาจทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารสำคัญบางชนิดไม่เพียงพอ จนเกิดปัญหาสุขภาพอื่น ๆ ตามมาได้

2. ขาดน้ำและแร่ธาตุ คีโตนที่ได้จากกระบวนการคีโตซิสจะถูกขับออกจากร่างกายผ่านทางปัสสาวะ ส่งผลให้ปัสสาวะบ่อยและมากกว่าปกติ ซึ่งเสี่ยงต่อภาวะขาดน้ำและแร่ธาตุ อาจเสี่ยงต่อภาวะไตเสียหายฉับพลันหรือเกิดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะได้

3. มวลกระดูกและกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจากขาดคาร์โบไฮเดรตและแร่ธาตุ ซึ่งอาจส่งผลต่อกระบวนการสร้างมวลกระดูกและกล้ามเนื้อในระยะยาว

4. โยโย่เอฟเฟค (Yo-Yo Effect) หากใช้วิธีลดน้ำหนักแบบกินคีโตไม่ต่อเนื่อง อาจทำให้น้ำหนักตัวที่ลดลงไปแล้ว กลับมาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและอาจเสี่ยงต่อโรคอ้วนหรือโรคเบาหวานตามมา

5. ไซคีโต (Keto Flu) ในช่วงแรก ๆ ที่เริ่มการรับประทานอาหารแบบคีโตเจนิค อาจทำให้ร่างกายไม่สามารถปรับตัวได้ทัน ทำให้รู้สึกไม่สบายตัว คลื่นไส้

อาเจียน ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย คล้ายกับเป็นไข้ แต่โดยทั่วไปอาการจะค่อย ๆ หายไปภายใน 1 สัปดาห์

6. โรคไต การกินอาหารโปรตีนสูง ส่งผลให้กระบวนการทำงานของไต จึงเสี่ยงต่อการเกิดโรคไตเรื้อรังได้

7. ปัญหาสุขภาพ โดยส่วนใหญ่การลดน้ำหนักด้วยวิธีนี้ มักส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่าง ๆ เช่น ลมหายใจมีกลิ่นคิโตน เหนื่อยล้า ท้องผูก ประจำเดือนมาไม่ปกติ มีปัญหาในการนอนหลับ เป็นต้น

### ใครบ้างที่ควรหลีกเลี่ยงการลดน้ำหนักแบบคีโต

- ผู้ที่มีปัญหาในเรื่องของการเผาผลาญไขมัน การกินอาหารไขมันสูง มีผลทำให้ผู้ที่มีปัญหาในการเผาผลาญไขมัน เกิดการสะสมของไขมัน จะได้รับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง ซึ่งอาจเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ตามมาได้

- ผู้ที่เป็นโรคตับ เนื่องจากการเข้าสู่ภาวะคีโตซิส ทำให้ตับต้องทำหน้าที่เผาผลาญไขมัน ส่งผลทำให้ตับทำงานหนักกว่าปกติสำหรับผู้ที่มีปัญหาในเรื่องของตับอาจเกิดอันตรายได้

- **ผู้ที่เป็โรคไต** การลดน้ำหนักแบบคีโตเจนิค เน้นการทานปริมาณโปรตีนสูงซึ่งส่งผลให้ผู้ที่ม่ปัญหาเรื่องไต เกิดภาวะไตเสื่อมได้

- **ผู้ที่เป็โรคเบาหวาน** เฉพาะผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 1 ที่มีภาวะขาดฮอร์โมนอินซูลิน ร่างกายไม่สามารถใช้น้ำตาลได้ จึงต้องเข้าสู่ภาวะคีโตซิส หากยังใช้วิธีกินแบบคีโตเจนิค ยิ่งทำให้คีโตนในเลือดสูง ทำให้ผู้ป่วยเบาหวานเกิดภาวะเลือดเป็นกรดร่วมกับน้ำตาลในเลือดสูง หรือเรียกว่าภาวะไดอะบีติก คีโตเอซิดอซิส (Diabetic Ketoacidosis : DKA) ส่วนผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 นั้น สามารถกินคีโตได้ ข้อมูลจากงานวิจัยพบว่า ผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 สามารถกินคีโตเจนิคได้ อีกทั้งยังพบว่าช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดได้อีกด้วย ทั้งนี้ทั้งนั้นจำเป็นจะต้องกินคีโตเจนิคอย่างถูกต้อง และควรปรึกษาแพทย์ผู้รักษาก่อน (Allwell healthcare, 2564)

### การตลาดผลิตภัณฑ์คีโตเจนิค

ตลาดอาหารคีโตเจนิค ถือเป็นตลาดเฉพาะกลุ่ม (Niche Market) ขนาดเล็กที่มีคู่แข่งน้อยจึงทำให้มีธุรกิจ SME เกิดขึ้น ผู้ประกอบการหลายรายเริ่มเข้ามาทำตลาดอาหารคีโตเจนิคกันมากขึ้นในรูปแบบอาหารสำเร็จรูปหรือวัตถุดิบอาหาร ทั้งมีหน้าร้านและไม่มีหน้าร้าน ซึ่งทางธุรกิจ SME ที่เดิมผลิตหรือจำหน่ายอาหารเพื่อสุขภาพเพียงอย่างเดียว โดยจะเพิ่มหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ตรงกับหลักการของคีโตเจนิค ไตเอท มากขึ้น และยังครอบคลุมการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพประเภทอื่น เช่น กรมปศุสัตว์ได้ผลิตไส้กรอกที่ไม่ผสมสารปรุงแต่งใด ๆ และร้านเลมอนฟาร์มได้ประกาศปรับปรุงสูตรการผลิตไส้กรอกใหม่เป็นไส้กรอกที่ปราศจากสารปรุงแต่งและสารกันเสีย ยังมีร้าน Black Canyon ของบริษัทแบล็คแคนยอน (ประเทศไทย) จำกัด และร้าน Thai-

Denmark MILK LAND ขององค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทยนั้น ได้มีการจำหน่ายสินค้าที่เป็นอาหารคีโตเจนิคด้วยเช่นกัน (อรรชรยา, 2562)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์คีโตเจนิคที่ขายในไทยมีหลากหลายให้ผู้บริโภคเป็นทางเลือก เช่น เครื่องดื่ม เครื่องปรุงรส ผลิตภัณฑ์บุกเส้นต่าง ๆ ที่สามารถปรุงรสได้ตามชอบ ยำหรือผัดก็ได้ ยกตัวอย่างที่ผลิตในไทย เช่น ผลิตภัณฑ์สปาเกตตี้ บะหมี่โอ๊ต เส้นรูปแบบต่าง ๆ จากบุกของบริษัทหมั่งคิ ฟู้ด จำกัด ผลิตภัณฑ์เส้นจากไข่ขาว ของบริษัทแข็งแรงทุกวัน (KHAENG RANG TOOK WAN) จำกัด ผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นมะพร้าวของบริษัทแสงทับทิมอินเตอร์ จำกัด ยังมีเครื่องดื่มคีโตเจนิคและไอศกรีม เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชาเขียวของบริษัทโออิชิ กรุ๊ป จำกัด (มหาชน) และผลิตภัณฑ์ไอศกรีมคีโตที่ไม่มีน้ำตาล ไม่มีคาร์โบไฮเดรตของบริษัทคีโตครีม จำกัด ส่วนผลิตภัณฑ์คีโตเจนิคต่างประเทศมีหลายผลิตภัณฑ์ที่เด่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์พิซซาคีโต ตรา Realgood เป็นลักษณะแซนวิชอาหารเช้าซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตต่ำให้โปรตีนสูง ยังเป็นผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตนอีกด้วย ส่วนผลิตภัณฑ์สแน็คคีโต ตรา Whisps เป็นผลิตภัณฑ์แผ่นชีสพามีซ่ากรอบ (Parmesan Cheese Crisps) ให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำและมีโปรตีนสูง ผลิตภัณฑ์เค้กมัฟฟิน ตรา goodee ให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 1 กรัมต่อ 1 ชิ้น ไม่มีน้ำตาลใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์แทนน้ำตาลปกติ ไม่มีถั่วเหลืองเป็นผลิตภัณฑ์ปราศจากกลูเตน ส่วนบาร์คีโต ตรา Keto Bars ทำจากเนยถั่วชอคโกแลต มะพร้าว น้ำตาลแอลกอฮอล์ เกลือ และหญ้าหวานซึ่งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 3 กรัม ไขมัน 21 กรัม ต่อ 1 ชิ้น จะเห็นว่าทุกผลิตภัณฑ์มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำกว่าปกติซึ่งตามกำหนดบริโภคอาหารคีโตเจนิค ไม่เกิน 25 กรัมต่อวัน

## บทสรุป

อาหารคีโตเจนิค ไคเอท (ketogenic diet) เป็นรูปแบบอาหารที่เน้นการจำกัดปริมาณการบริโภคคาร์โบไฮเดรตและน้ำตาลเป็นหลัก โดยเพิ่มสัดส่วนของไขมันในอาหารเพื่อกระตุ้นให้ร่างกายเข้าสู่ภาวะคีโตซิส ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก จึงเป็นรูปแบบอาหารที่ผู้บริโภครส่วนใหญ่สนใจในการปฏิบัติเพื่อลดน้ำหนักตัว แต่ให้ผลระยะสั้น ส่วนระยะยาวมีโอกาสเสี่ยงจะกลับมาอ้วนหรือมีผลข้างเคียงอื่น ๆ จากการกินอาหารไม่ครบ 5 หมู่ รวมถึงการกะปริมาณของไขมันที่ทาน หากได้รับปริมาณไม่เพียงพอ มีผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ กระบวนการอักเสบในร่างกาย การสูญเสียอาหารวิตามิน เกลือแร่เพิ่มขึ้น การปฏิบัติตามแนวทางการบริโภคอาหารคีโตเจนิค ควรเริ่มจากค่อย ๆ จำกัดปริมาณคาร์โบไฮเดรตในอาหาร เช่น ลดปริมาณน้ำตาลจากเครื่องดื่ม น้ำหวาน น้ำอัดลม น้ำผลไม้ เครื่องดื่มบำรุงกำลัง ของขมหวานต่าง ๆ แล้ว จึงค่อยปรับลดปริมาณข้าวแป้ง ผลิตภัณฑ์เส้นธัญพืชที่มีแป้งต่าง ๆ รวมถึงนม ผลิตภัณฑ์นม และผลไม้ โดยเพิ่มสัดส่วนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ไม่ติดมัน ไข่ อาหารทะเล หรือ

เลือกแหล่งอาหารที่มีทั้งไขมันและโปรตีน เช่น ถั่วเปลือกแข็งต่าง ๆ หลีกเลี่ยงเนื้อสัตว์ติดมันและเนื้อสัตว์แปรรูป เช่น ไส้กรอก แฮม เบคอน หมูยอกุนเชียง ลูกชิ้น เพราะถึงแม้จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อย แต่มีไขมันอิ่มตัวสูง ควรเพิ่มอาหารกลุ่มผัก โดยเน้นผักใบเพื่อให้ได้วิตามิน แร่ธาตุ และใยอาหาร ใช้น้ำมันปรุงประกอบอาหารตามความเหมาะสม และการกินอาหารคีโตเจนิคไม่ได้กำหนดในเรื่องของการใช้เครื่องปรุงรส แต่ต้องระวังเครื่องปรุงรสที่มีน้ำตาลและสารผสมที่อาจมีแป้งเป็นองค์ประกอบ พิจารณาสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในการปรุงรสอาหารเพื่อให้รสชาติหวานได้ในส่วนของการประกอบอาหารคีโตเจนิคสามารถปรุงด้วยเครื่องเทศและสมุนไพรต่าง ๆ ได้รวมถึงการปรุงด้วยรสเปรี้ยว เค็ม และเผ็ด หากต้องการลดความอ้วนหรือมีสุขภาพที่ดีขึ้นด้วยทานอาหารคีโตเจนิค ควรหาข้อมูลสัดส่วนและประเภทอาหารที่รับประทานอย่างละเอียด ปรึกษานักโภชนาการผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารแบบคีโตเจนิคก่อนเริ่มปฏิบัติ หรืออีกวิธีหนึ่งใช้วิธีจำกัดปริมาณของอาหารโดยการคำนวณสัดส่วนให้เหมาะสมและออกกำลังกายเป็นประจำเป็นวิธีที่ง่ายและปลอดภัย

### เอกสารอ้างอิง


- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2563. ปริมาณสารอาหารอ้างอิงควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. <https://www.thaidietetics.org/wp-content/uploads/2020/04/dri2563.pdf>. [6 มิถุนายน 2565].
- นิรนาม. 2562. คีโตเจนิค (Ketogenic Diet) คืออะไร ลดความอ้วนด้วยไขมันแบบไหน. <http://www.sanook.com/health/15729/>. [6 มิถุนายน 2565].
- เปมิกา สิทธิพิทุกุล และ รชฎ ชำบุญ. ม.ป.ป. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์คีโตเจนิคของกลุ่มบริโภคอาหารคีโตเจนิคในประเทศไทย. บริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- รามาชานเนล. 2019. พบหมอรามาฯ : KetogenicDiet "คีโตเจนิค" กินไขมันเพื่อลดไขมัน!!<https://www.rama.mahidol.ac.th/ramachannel/article/คีโตเจนิค/>. [6 มิถุนายน 2565].
- วาสนา นาราตี. 2565. แนวทางการรับประทานอาหารคีโตเจนิคเพื่อลดน้ำหนัก. อาหาร. 52(1) : 58-64.
- วิลาศิณี เกิดสมบุญ. 2564. แรงจูงใจ การรับรู้ความแตกต่างของผลิตภัณฑ์และความไว้วางใจที่ส่งผลต่อความตั้งใจซื้ออาหารคีโต. งานค้นคว้าอิสระ. บริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- เสาวลักษณ์ เจริญสิทธิพันธ์ และ ณัฐชุตตา วิจิตรจามรี. 2563. การสื่อสารและกระบวนการยอมรับของผู้บริโภคอาหารตามหลักคีโตเจนิค. วารสารมหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย มนุษยศาสตร์ปริทรรศน์. 7(1) : 223-238.
- อรรถธรา พันธ์ธูลาภ. 2562. ทศนคติ และการรับรู้ข้อมูลข่าวสารที่ส่งผลต่อการตัดสินใจบริโภคอาหารคีโตเจนิค. บทความวิชาการค้นคว้าอิสระ. บริหารธุรกิจ. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

- Allwell healthcare. 2564. ลดน้ำหนักแบบคีโตเจนิคอันตรายหรือไม่. <https://allwellhealthcare.com/ketogenic-diet/>. [6 มิถุนายน 2565].
- Gangitano E, Tozzi R, Mariani S, Lenzi A, Gnessi L and Lubrano C. 2021. Ketogenic diet for obese covid-19 patients : is respiratory disease a contraindication? a narrative review of the literature on ketogenic diet and respiratory function. *Frontiers in Nutrition*. 771047.
- Hussain TA, Mathew TC, Dashti AA, Asfar S, Al-Zaid N and Dashti HM. 2012. Effect of low-calorie versus low-carbohydrate ketogenic diet in type 2 diabetes. *Nutrition*. 28(10) : 1016-1021.
- Paoli A, Gorini S and Caprio M. 2020. The dark side of the spoon – glucose, ketones and COVID-19: a possible role for ketogenic diet? *Journal of Translational Medicine*. 18(1) : 1-9.
- Paoli A, Rubini A, Volek Js and Grimaldi KA. 2013. Beyond weight loss : a review of the therapeutic uses of very-low-carbohydrate (ketogenic) diets. *European Journal of Clinical Nutrition*. 67(8) : 789-796.
- Pommypom. 2564. เชื้อคลิสต์! อาหารที่คนลดน้ำหนัก แบบคีโตเจนิค กินได้ VS กินไม่ได้ รู้ไว้ไม่อัวน! <https://women.trueid.net/detail/neRbkb856Qne>. [8 มิถุนายน 2565].
- Sukkar SG, Cogorno L, Pisciotta L, Pasta A, Vena A, Gradasci R, Dentone C, Guidido E, Martino E, Beltramin S, Donini LM, Carmiscino L, Sormaini MP and Bassetti M. 2021. Clinical efficacy of eucaloric Ketogenic nutrition in the COVID-19 cytokine storm : A retrospective analysis of mortality and intensive care unit admission. *Journal of Nutrition*. 89 : 11236.
- Westman EC, Yancy WS, Mavropoulos JC, Marquart M and McDuffie JR. 2008. The effect of a low-carbohydrate, ketogenic diet versus a low-glycemic index diet on glycemic control in type 2 diabetes mellitus. *Nutrition & Metabolism*. 5(1) : 1-9.
- Yancy WS, Foy M, Chalecik AM, Vernon MC and Westman EC. 2005. A low-carbohydrate, ketogenic diet to treat type 2 diabetes. *Nutrition & Metabolism*. 2(1) : 1-7.



# ไข่เทียมจากพืช

## Plant-based eggs

 ดร.หทัยชนก กันตรง (Dr. Hataichanok Kantrong)

ฝ่ายกระบวนการผลิตและแปรรูป (Department of Food Processing and Preservation)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

### จุดเด่น

- ❖ ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชมีการพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในด้านสุขภาพ การแพ้อาหาร และความยั่งยืน
- ❖ วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตประกอบไปด้วย โปรตีนพืช สารไฮโดรคอลลอยด์ โยอาหาร และน้ำมัน
- ❖ ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชที่มีการวิจัยและจำหน่ายในปัจจุบันนั้นอยู่ในรูปแบบที่เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมปรุง และพร้อมทาน หรือรูปแบบผงซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้ และมีอายุการเก็บที่ยาวนาน

### Highlights

- ❖ Plant-based eggs were developed to meet consumer demands for health, food allergy and sustainability
- ❖ The main raw materials used were plant-based protein, hydrocolloids, dietary fiber and vegetable oils
- ❖ Plant-based eggs are currently researched and marketed in ready-to-cook /ready-to-eat and powder form, which are easy to use and has a long shelf life

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันกระแสอาหารทดแทนจากโปรตีนพืช ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบโปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ (plant-based meat) โปรตีนทดแทนนม (plant-based milk) และโปรตีนทดแทนไข่ (plant-based egg) กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุผลหลากหลายประการ เช่น เหตุผลด้านสุขภาพ การแพ้อาหาร (allergenicity) ความยั่งยืน (sustainability) หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคมาเป็นแบบมังสวิรัตแบบยืดหยุ่น หรือ flexitarian ในบทความนี้จะกล่าวถึงผลิตภัณฑ์โปรตีนทดแทนไข่ เนื่องจากไข่นั้นเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญที่ได้รับความนิยมในการบริโภคในครัวเรือน นอกจากนี้แล้วไข่ยังมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญอื่น ๆ เช่น คุณสมบัติการเกิดเจล (gelling) การเกิดโฟม (foaming) และการทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsification) ซึ่งสามารถนำไป

ประยุกต์ใช้ในการปรุง และแปรรูปอาหาร โดยปัจจุบันผลิตภัณฑ์โปรตีนทดแทนไข่นั้นมีจำหน่ายในท้องตลาด หลากหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบพร้อมรับประทาน และแบบที่นำไปเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารหรือขนม

**คำสำคัญ :** ไข่เทียมจากพืช โปรตีนทดแทนไข่

**Keywords :** plant-based eggs, egg replacer

### บทนำ

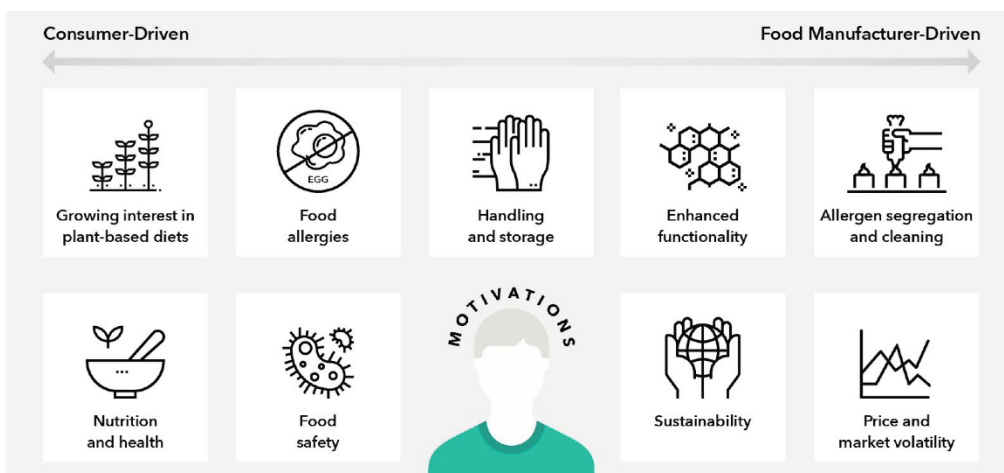
ไข่จัดเป็นอาหารที่ให้พลังงานในรูปแบบของ โปรตีนซึ่งเป็นหนึ่งในสารอาหารหลัก 5 หมู่ อีกทั้งยังมี วิตามิน แร่ธาตุ กรดไขมันจำเป็นและสารอาหารอื่น ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ไข่แดงอุดมไปด้วยไขมัน (65–70% ฐานแห้ง) โปรตีน (30% ฐานแห้ง) และเป็น แหล่งของลูทีน (lutein) ซีแซนทีน (zeaxanthin) และ วิตามิน ส่วนไข่ขาวนั้นอุดมไปด้วยโปรตีน ได้แก่ โปรตีนโครงสร้างเส้นใย (ovomucins) โกลโคโปรตีน (โอวัลบูมิน สารยับยั้งโปรตีเอส) โปรตีนต้านแบคทีเรีย (ไลโซไซม์) และเปปไทด์ (Boukid and Gagaoua, 2022) โดยไข่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาหารทั้ง คาวและหวานประเภทต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี นับเป็น ผลิตภัณฑ์อเนกประสงค์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั้งใน รูปแบบแห้งและของเหลว เช่น ไข่ทั้งฟอง ไข่ขาว และ ไข่แดง

ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชนั้นได้รับการ พัฒนาขึ้นมาทดแทนการใช้ไข่ในการรับประทานหรือ

ประกอบอาหาร เพื่อตอบสนองต่อความต้องการโปรตีน ทดแทนเนื้อสัตว์ของตลาด อีกทั้งยังตอบโจทย์ผู้รัก สุขภาพและสิ่งแวดล้อม และผู้บริโภคในกลุ่มที่แพ้สาร ก่อภูมิแพ้ในไข่ โดยรูปแบบของผลิตภัณฑ์ไข่เทียมนั้นมี รูปแบบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการพัฒนาของแต่ละ บริษัท เช่น แบบไข่กวนพร้อมปรุงและพร้อมทาน หรือ รูปแบบผง ซึ่งล้วนแต่จ่ายต่อการบริโภค มีอายุการเก็บ ที่ยาวนานขึ้น และมีคุณค่าทางโภชนาการหรือ คุณสมบัติเชิงหน้าที่เทียบเท่ากับไข่จริง ๆ

### แรงจูงใจในการเปลี่ยนไปใช้ไข่เทียมจากพืช

แรงจูงใจในการเปลี่ยนจากการใช้ไข่มาเป็น ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชนั้นเกิดจากปัจจัย หลากหลายประการ โดยสามารถแบ่งออกเป็น แรงจูงใจจาก 2 มุมมองหลักคือ กลุ่มผู้บริโภคและกลุ่ม ผู้ผลิตอาหาร ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แรงจูงใจในการเปลี่ยนไปใช้ไข่ทดแทนจากพืช

ที่มา : Grizio and Specht (2021)

- แรงจูงใจจากมุมมองของผู้บริโภคมีดังนี้
  - โภชนาการและสุขภาพ (nutrition and health) ส่วนหนึ่งเป็นผลสืบเนื่องจากในปัจจุบันกระแสการบริโภคอาหารจากโปรตีนพืชนั้นกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุผลว่าการรับประทานโปรตีนจากพืชนั้นมีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีความยั่งยืน ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม

- สารก่อภูมิแพ้ (food allergies) ไข่ประกอบไปด้วยสารก่อภูมิแพ้ โดยมีการพบอาการแพ้ไข่ในเด็กประมาณ 0.5-2.5% ซึ่งจะทำให้มีอาการตั้งแต่ผื่นเล็ก ๆ ไปจนถึงภูมิแพ้ ดังนั้นพระราชบัญญัติการติดฉลากสารก่อภูมิแพ้ในอาหารและการคุ้มครองผู้บริโภค (Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act : FALCPA) จึงได้กำหนดให้ไข่เป็น 1 ใน 8 อาหารหลักที่มีสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร ดังนั้นผู้ผลิตอาหารต้องมีการประกาศหรือชี้แจงเพื่อเตือนผู้บริโภคว่าอาหารนั้น ๆ มีไข่เป็นองค์ประกอบ

- ความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) ไข่อาจจะมีการปนเปื้อนแบคทีเรียซัลโมเนลลา ซึ่งอาจจะเกาะอยู่ที่บริเวณผิวของเปลือกไข่โดยมีแม่ไก่เป็นพาหะ อีกทั้งยังอาจจะมีการตกค้างของยาปฏิชีวนะในฟาร์มเลี้ยงไก่อีกด้วย

- แรงจูงใจจากมุมมองของผู้ผลิตอาหารมีดังนี้
  - การจัดการและการเก็บรักษา (handling and storage) เนื่องจากไข่มักถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แต่จะเน่าเสียง่าย และมีอายุการเก็บรักษาสั้น จึงต้องเก็บด้วยการแช่เย็นหรือแช่แข็ง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทไข่ทดแทนในรูปแบบผง หรือ egg replacer จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากการจัดเก็บที่ง่ายและมีอายุการเก็บที่นานกว่า

- การแยกสารก่อภูมิแพ้และการทำความสะอาด (allergen segregation and cleaning) ดังที่ทราบกันดีว่า ไข่ไม่มีสารก่อภูมิแพ้บางชนิด ดังนั้นการเลือกไข่

ไข่เทียมจากพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนจากสารก่อภูมิแพ้ในอาหาร อีกทั้งยังสะดวกในการผลิต การจัดเก็บ ประหยัดเวลา และประหยัดเงินอีกด้วย

- มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่เพิ่มขึ้น (enhanced functionality) ในบางกรณีผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชอาจจะมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่มากกว่าไข่ เช่น คุณสมบัติการยึดเกาะที่ดีขึ้น คุณสมบัติการทำให้เกิดอิมัลชัน คุณสมบัติการคงตัวของโฟม และการเพิ่มรสชาติ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการใช้งานกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่และลูกกวาด

- ราคา (price) เนื่องจากราคาของไข่นั้นมีความผันผวนที่เกี่ยวข้องกับฤดูกาล และสถานะที่เกิดการโรคระบาด เช่นในอดีตที่มีการแพร่ของไข้หวัดนกทำให้ราคาไข่สูงขึ้น ดังนั้นหากสามารถใช้ไข่เทียมจากพืชมาทดแทนอาจจะทำให้สามารถควบคุมราคาและต้นทุนในการผลิตได้

- ความยั่งยืน (sustainability) ในขั้นตอนของการเลี้ยงไก่เพื่อให้ได้ไข่นั้น ต้องมีการใช้ทรัพยากรเป็นจำนวนมาก เช่น ที่ดิน น้ำ หรืออาหารสัตว์ซึ่งต้องมีการเพาะปลูก ทำให้เกิดเป็นขยะในปริมาณมาก อีกทั้งยังก่อให้เกิดการปล่อยแก๊สแอมโมเนีย ก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นของเสียเป็นมลพิษที่เป็นปัญหาต่อสุขภาพ หากหันไปใช้ไข่เทียมจากพืชก็จะช่วยลดปัญหานี้ได้ (Grizio and Specht, 2021)

### วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตไข่เทียมจากพืช

ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันนั้นผลิตจากวัตถุดิบหลากหลายชนิดซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารที่แตกต่างกันออกไป เช่น โปรตีน แป้ง โยเกิร์ต รวมไปถึงส่วนผสมที่มีประโยชน์อื่น ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางโภชนาการหรือคุณสมบัติเชิงหน้าที่เท่ากับไข่

โปรตีนจากพืชที่มักจะนำมาเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ถั่วพี ถั่วเลนทิล ถูปิน และถั่วชิกพี ซึ่งโปรตีนที่ใช้นั้นสามารถใช้ได้หลากหลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็น แป้ง โปรตีนคอนเซนเทรท หรือโปรตีนไอโซเลท อย่างไรก็ตามโปรตีนจากพืชประเภทถั่วอาจจะยังขาดคุณสมบัติบางอย่าง เช่น การมีกรดอะมิโนในกลุ่มที่มีหมู่ R เป็นสารประกอบซัลเฟอร์อยู่น้อย ดังนั้นอาจจะต้องการผสมกับโปรตีนพืชจากธัญพืช การมีคุณสมบัติด้านการละลายที่ไม่ดีซึ่งอาจจะต้องมีการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์เพื่อทำให้การละลายของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น นอกจากนี้อาจจะมีการใช้กระบวนการทางความร้อน การหมัก และการใช้เอนไซม์เข้ามาช่วยเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชัน คุณสมบัติการเกิดเจล และความสามารถในการเกิดโฟม นอกจากนี้แล้วก็เป็นที่ยอมรับกันว่าพืชตระกูลถั่ว นั้นจะมีกลิ่นเฉพาะตัวเป็นกลิ่นถั่ว (beany หรือ green flavor) เกิดจากสารซาโปนิน (saponins) คีโตน (ketones) และสารประกอบแอลดีไฮด์ (aldehyde compounds) ซึ่งอาจจะมี การเติมสารเพื่อลดกลิ่นเฉพาะตัวของถั่วที่เรียกว่า masking agent นอกจากนี้ แป้งในถั่ว นั้นยังมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่เป็นตัวผสาน (binding) และเป็นสารเพิ่มความข้นหนืด (thickening) ซึ่งอาจจะมี การเสริมแป้งจำพวกแป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโพดเพื่อเพิ่มคุณสมบัติในด้านดังกล่าว

สารไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืช ได้แก่ คาราจีแนน เพคติน และกัวกัม ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มคุณสมบัติเชิงหน้าที่ เช่น คุณสมบัติการเกิดโฟม ความข้นหนืด รวมถึงช่วยเรื่องความรู้สึกในปาก

โยอาหารก็เป็นอีกส่วนผสมที่สำคัญซึ่งมีหน้าที่ในการช่วยในเรื่องของความข้นหนืด และเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ โดยโยอาหารจากธรรมชาติที่ได้รับ

ความนิยมในการผลิตผลิตภัณฑ์ไข่เทียมได้แก่ โยอาหารจากแอปเปิล ชีตีส และข้าวโอ๊ต

นอกจากนี้แล้วเมล็ดพืชที่มีน้ำมัน เช่น ถั่วเหลือง ทั้งในรูปแบบที่เป็นแป้ง นมถั่วเหลือง ก็ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเนื่องจากมีโปรตีนสูง ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็น ซึ่งเทียบเท่ากับโปรตีนจากสัตว์ อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองยังคงมีสารก่อภูมิแพ้ จึงมีโปรตีนจากแหล่งอื่น ๆ ที่มักจะถูกนำมาใช้ทดแทนถั่วเหลือง เช่น ข้าวโอ๊ต ถั่วเขียว ถั่วเลนทิล และถั่วฟาวา เป็นต้น

น้ำมันพืช เช่น น้ำมันคาโนลาและน้ำมันดอกทานตะวัน ก็เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์เช่นกัน ช่วยในการสร้างโครงสร้างให้มีเนื้อสัมผัส กลิ่น และความรู้สึกในปากให้ใกล้เคียงกับไข่มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีสำหรับส่วนผสมอื่น ๆ อีก เช่น เครื่องเทศ (ผงกระเทียม น้ำตาล และเกลือ) บัฟเฟอร์ (เช่น ไบคาร์บอเนตหรือฟอสเฟต) และสารกันบูด (Boukid and Gagaoua, 2022)

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์โปรตีนทดแทนไข่

งานวิจัยของ Chin และคณะ (2022) ได้มีการคิดค้นพัฒนาผลิตภัณฑ์ plant-based ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับคุณสมบัติการทำให้เกิดอิมัลชันของไข่ โดยใช้กระบวนการหมักจากเชื้อจุลินทรีย์ (microbial fermentation) คือ *Rhizopus oligosporus* ควบคู่กับกระบวนการสกัดโปรตีนด้วยเทคนิคการผสมกันระหว่าง ethanolic กับ alkali ซึ่งงานวิจัยนี้มีการใช้ผลพลอยได้ (by-product) จากกระบวนการผลิตเบียร์ที่เรียกว่า Brewers' spent grain หรือ BSG มาเป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นโปรตีน 30–50% นอกจากนี้แล้วยังมีสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญ ได้แก่

กรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid) และ กรดพี-คูมาริก (p-coumaric acid) ผลการวิจัยพบว่า BSG ที่ผ่านกระบวนการหมักมีคุณสมบัติด้านการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) เพิ่มมากขึ้น รวมถึงมีความสามารถที่ทำให้เกิดอิมัลชัน (emulsifying abilities) คุณสมบัติการเกิดโฟมและความคงตัว (foaming properties/ stability) และคุณสมบัติการจับกับน้ำและไขมัน (water/oil binding capacities) ที่ดี และการใช้โปรตีนสกัดจากการหมัก BSG (fermented BSG protein หรือ FBSGP) มาเป็น

อิมัลซิไฟเออร์ในการพัฒนาสูตรมายองเนสทดแทนการใช้ไข่ นั้นมีความเป็นไปได้ดังรูปที่ 2 แสดงลักษณะปรากฏของมายองเนสที่ผลิตจากไข่แดง (ก) ไข่ทั้งฟอง (ข) เปรียบเทียบกับมายองเนสที่ผลิตจาก FBSGP (ค) และพบว่าความคงตัว ลักษณะของการเกิดครีม ลักษณะโครงสร้างภายใน และความหนืดของมายองเนสจาก FBSGP นั้นมีความเป็นไปได้ที่จะนำ FBSGP มาใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในการแปรรูปอาหาร หรือในอุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง อีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระและปลอดภัยต่อผู้บริโภค



รูปที่ 2 ลักษณะปรากฏของมายองเนสที่ผลิตจาก (ก) ไข่แดง (ข) ไข่ทั้งฟอง และ (ค) FBSGP  
ที่มา : Chin et al. (2022)

นอกจากนี้เมื่อเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2022 นักวิทยาศาสตร์ชาวฟินแลนด์จากกลุ่มวิจัย The Future Sustainable Food System ณ The University of Helsinki ร่วมกับสถาบันวิจัย VTT Technical Research Center ได้มีการคิดค้นไข่ขาวทางเลือกที่ผลิตจากการหมักเชื้อรา (Fungi-based

egg white) ซึ่งลดการใช้พื้นที่โรงเรือนได้มากถึง 90% และลดก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 55% เมื่อเทียบกับการเลี้ยงไก่เพื่อให้ได้ไข่ไก่มาบริโภค โดยเชื้อราที่ใช้ในกระบวนการหมักมีชื่อว่า *Trichoderma reesei* เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายไข่ขาวของไข่ไก่ และทำให้อยู่ในรูปแบบผงที่สามารถนำไปใช้ต่อใน

อุตสาหกรรมอาหาร ช่วยลดความเสี่ยงจากการปนเปื้อนจากเชื้อซาลโมเนลลาและยาปฏิชีวนะที่พบว่ามักจะมีการปนเปื้อนในไข่ไก่ (Vegconomist, 2022)



รูปที่ 3 ไข่ขาวทางเลือกที่ผลิตจากการหมักเชื้อรา (Fungi-based egg white)

ที่มา : Vegconomist (2022)

### ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนั้น เกิดขึ้นเพื่อทดแทนไข่ซึ่งเป็นวัตถุดิบประจำบ้านที่หลาย ๆ คนขาดไม่ได้ ผลิตจากพืชที่นำไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ ให้เหมือนไข่ที่สุด แล้วนำมาบรรจุในรูปแบบของหรือขวด นำไปปรุงอาหารได้ทั้งคาวหวาน เช่น ออมเล็ต เฟรนช์โทสต์ วาฟเฟิล ข้าวผัด หรือนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชมีดังนี้

**JUST EGG** จากแบรนด์ Eat Just Inc. บริษัทอาหารทางเลือกจากสหรัฐอเมริกา โดยแนวคิดเกิดจากผลการศึกษาจาก University of Oviedo ประเทศสเปนได้รายงานไว้ว่า อุตสาหกรรมปศุสัตว์อย่างการเลี้ยงไก่ นั้นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ด้าน เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง การทำลายหน้าดิน รวมไปถึงสารเคมีบางส่วนยังย้อนกลับมาทำลายสุขภาพของผู้เลี้ยงด้วย เพราะการเลี้ยงไก่ในระบบอุตสาหกรรมจะเน้นปริมาณของไข่มากกว่าการ

มีสุขภาพที่ดีในการเลี้ยง ดังนั้นไก่จำนวนมากจึงต้องเบียดกันในกรงขนาดเล็ก อีกทั้งยังมีปัญหาในเรื่องของการใช้ยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการเร่งโต ไก่ตัวผู้ที่โดนฆ่าตายเพราะไร้ประโยชน์ รวมไปถึงเรื่องแรงงานในฟาร์มอีกด้วย ดังนั้นผู้บริหารและทีมงานของบริษัท จึงร่วมกันพัฒนาโปรตีนทดแทนไข่ที่อร่อยเทียบเท่าไข่ โดยที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ต้องการรับประทานไข่เทียมจากพืช (เอม, 2019)

ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากถั่วเขียวที่ผ่านกระบวนการบดละเอียด นำไปสกัดแยกโปรตีนและทำแห้งในรูปแบบผง จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องผสมวัตถุดิบ เติมน้ำมันคาโนลาที่ได้จากเมล็ดของต้นคาโนลาหอมหัวใหญ่บดละเอียด และขมิ้น ผสมเข้าด้วยกัน โดยใช้อุณหภูมิสูง ก่อนทำให้เย็นลงในขั้นตอนสุดท้าย ก่อนบรรจุลงในขวด ได้เป็นผลิตภัณฑ์ไข่คนพร้อมปรุง ที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง เมื่อจะนำมารับประทานต้องให้ความร้อนในกระทะได้เป็นผลิตภัณฑ์ไข่กวนจากพืช

**HOBOTAMA** หรือ แปลเป็นภาษาอังกฤษได้ว่า “Almost Egg” ของบริษัทคิพี (Kewpie) จากประเทศญี่ปุ่น ได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่คน (scramble egg) ออกมาจำหน่าย เพื่อตอบโจทย์ตลาดความต้องการอาหารทางเลือกจากเนื้อสัตว์ที่มากขึ้น เนื่องจากปัญหาการแพ้อาหารบางชนิด และความตระหนักด้านสุขภาพที่เพิ่มสูงขึ้น รวมไปถึงการคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม **HOBOTAMA** เป็นไข่คนที่วัตถุดิบส่วนใหญ่ทำมาจากนมถั่วเหลืองแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมทานที่บรรจุในถุง มีลักษณะเหมือนไข่คน มีสีเหลือง ต้องนำไปอุ่นให้ร้อนก่อนรับประทานมีเนื้อสัมผัส และรสชาติเหมือนกับไข่คนจริง ๆ เหมาะสำหรับบริโภคที่แพ้อู หรือผู้ที่ใส่ใจสุขภาพและชอบทานอาหารที่มาจากพืช (Marumura, 2021)

**เป็นเอก (PEN EGG : Plant-based Entirely Nonallergenic EGG)** เป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมาโดยวิทยาลัยนวัตกรรมเกษตรและเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต เป็นผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากข้าวไทยและผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปข้าวไร้สารก่อภูมิแพ้ มีโปรตีนและแร่ธาตุเทียบเท่าไข่ไก่จริง แต่มีไขมันต่ำกว่า 14 เท่า ใยอาหารสูงกว่า 4 เท่า มีโซเดียมเพียง 0.8 มิลลิกรัม และให้พลังงานน้อยกว่าไข่ไก่จริง อีกทั้งยังอุดมไปด้วยสารยับยั้งเอนไซม์ ACE สาร DSL สารโพลีฟีนอล สารต้านอนุมูลอิสระ และกาบา เป็นแหล่งวิตามินเอ ซี อี และมีวิตามินบีสูง โดยมีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโซเดียมต่ำ มีการปรุงแต่งด้วยสีธรรมชาติจากข้าวมอลต์แดงร่วมกับผงฟักทองและเปลือกแก้วมังกร มีใช้ข้าวมอลต์เป็นตัวช่วยในการสร้างเนื้อสัมผัสและให้รสหวาน ใช้โปรตีนข้าวไฮโดรไลเสตเป็นแหล่งโปรตีนและทำหน้าที่ทดแทนการใช้โอมีลซิฟายเออร์และสารก่อโฟม และใช้โปรตีนข้าวโอโซเลทเป็นสารที่ให้กลิ่นรสกำมะถันของไข่ นอกจากนี้ยังใช้ยีสต์แห้งจากการหมักสาโทเป็นแหล่งวิตามินบี 12 เหล็ก สังกะสี และเบต้ากลูแคน ใช้ผงไบโอเซลลูโลสจากชาข้าวหมักทดแทนสารโมดิฟายเซลลูโลส โดยผลิตภัณฑ์ไข่เทียมเป็นเอกนี้มีลักษณะเป็นผงสามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลายเมนูและเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติได้นาน 16 เดือน (นิรนาม, 2021)

**Ener-G Egg Replacer** จากแบรนด์ Ener-G เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไข่ขาว และไข่แดงในรูปแบบผงเหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ขนมอบที่ไม่ต้องการไข่ในสูตร โดยผลิตจากวัตถุดิบหลักที่เป็นพืช เช่น แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง ผลิตภัณฑ์นี้ปราศจากกลูเตน ไข่ นม ถั่วเปลือกแข็ง และถั่วเหลือง ซึ่งเป็นสารก่อภูมิแพ้ในผู้บริโภคบางกลุ่ม (Ener-G Food, 2022)

**Bob's Red Mill Egg Replacer** จากแบรนด์ Bob's Red Mill Natural Foods เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนไข่ในรูปแบบผงที่ในผลิตภัณฑ์ขนมอบต่าง ๆ เช่น มัฟฟิน คุกกี้ หรือขนมปัง เป็นต้น ผลิตจากแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง เบกกิ้งโซดา และใยอาหาร โดยไม่ใช้ธัญพืช ถั่วเหลือง กลูเตน ใช้งานง่ายเพียงเติมน้ำในปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับว่าต้องการทดแทนไข่ขาว ไข่แดง หรือไข่ทั้งฟองในสูตรขนม (Bob's Red Mill, 2022)

**Peggs** จากบริษัท Peggs Food เป็นผลิตภัณฑ์ไข่เทียมจากพืชที่อยู่ในรูปแบบผงเช่นเดียวกัน สามารถนำมาประกอบอาหารได้ทั้งคาวหวาน เช่น ไข่เจียว ไข่คน คุกกี้ หรือขนมอบต่าง ๆ ผลิตจากวัตถุดิบที่ปราศจากสารก่อภูมิแพ้ ได้แก่ โปรตีนจากถั่วลูกไก่ แป้งมันฝรั่ง เป็นต้น เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับบริโภคที่ต้องการหลีกเลี่ยงสารก่อภูมิแพ้ (Peggs, 2022)

### บทสรุป

ตลาดผลิตภัณฑ์โปรตีนทดแทนเนื้อสัตว์ในปัจจุบันนั้นกำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ไข่เทียมจากพืชก็เป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกระแสอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารมังสวิรัตแบบยืดหยุ่น อีกทั้งยังมีความยั่งยืนในด้านของการลดการทำลายสิ่งแวดล้อม ในกระบวนการผลิต และยังช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของสารก่อภูมิแพ้ที่มีในไข่ โดยผลิตภัณฑ์ไข่เทียมทั้งที่อยู่ในระหว่างการวิจัย และที่มีจำหน่ายในท้องตลาดนั้นล้วนผลิตจากโปรตีนพืชเป็นหลัก โดยยังสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสได้ใกล้เคียงกับไข่ และที่สำคัญยังสามารถรักษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของไข่ไว้ได้ดีอีกด้วย

### เอกสารอ้างอิง

- นิรนาม. 2021. ไข่เทียมพร้อมเสิร์ฟ “เป็นเอก : ไข่เทียมจากพืชไร้สารก่อภูมิแพ้”. <https://www2.rsu.ac.th/sarnrangsit-online-detail/News-Penegg>. [29 เมษายน 2065].
- เอม มฤคทัต. 2019. JUST Egg ไข่จากถั่วเขียวที่อร่อยเหมือนไข่ แต่ไม่ต้องเลี้ยงไก่แล้ว!. <https://www.greenery.org/articles/just-egg/>. [15 April 2022].
- Bob’s Red Mill. 2022. Gluten Free Egg Replacer. <https://www.bobsredmill.com/gluten-free-vegan-egg-replacer.html>. [29 April 2022].
- Boukid F and Gagaoua M. 2022. Vegan Egg : A Future-Proof Food Ingredient?. *Foods*. 11(2) : 161.
- Chin YL, Chai KF and Chen WN. 2022. Upcycling of brewers’ spent grains via solid-state fermentation for the production of protein hydrolysates with antioxidant and techno-functional properties. *Food Chemistry*. X(13) : 100184.
- Ener-G Food. 2022. Egg Replacer. <https://www.ener-g.com/products/egg-replacer>. [29 เมษายน 2065].
- Grizio M and Specht L. 2021. Plant-based egg alternatives : Optimizing for functional properties and applications. The Good Food Institute. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/02/Plantbasedeggalternatives.pdf>. [15 April 2022].
- Marumura. 2021. ไข่ป่วนวางขาย Scrambled eggs ที่แม้แต่คนแพ้ไข่ก็สามารถกินได้. <https://www.marumura.com/scrambled-eggs-hobotama/> [15 เมษายน 2065].
- Peggs. 2022. Eggs made by chickpeas, not chicks. <https://peggs.us/products/peggs?variant=39622608289988>. [29 April 2022].
- Vegconomist. 2022. Scientists in Finland Develop Fungi-Based Egg White. <https://vegconomist.com/food-and-beverage/egg-alternatives/fungi-based-egg-white/> [15 April 2022].



# การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด ด้วยวิธีการในครัวเรือนและการใช้สารเคมี

## Decontamination of microorganisms and pesticides on fresh fruits and vegetables with household processes and chemical reagents

 เขมพ์ษ ตริสุวรรณ (Khemmapas Treesuwan)

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ (Department of Applied Microbiology)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

### จุดเด่น

- ❖ การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด
- ❖ การใช้กระบวนการในครัวเรือนเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง
- ❖ ความสามารถในการใช้สารเคมีเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

### Highlights

- ❖ Decontamination of microorganisms and pesticides on fresh fruits and vegetables
- ❖ Using the household processes to reduce microorganisms and pesticides contamination on fresh fruits and vegetables
- ❖ The ability of using chemical reagents to reduce microbial contamination on fresh fruits and vegetables

### บทคัดย่อ

ผักผลไม้สดเป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการแม้ในปริมาณน้อย แต่ร่างกายจำเป็นต้องใช้วิตามินและแร่ธาตุในการช่วยทำให้กลไกการทำงานของร่างกายดำเนินไปตามปกติจึงเป็นเหตุผลที่ร่างกายขาดวิตามินและแร่ธาตุไม่ได้ ปัจจุบันมีการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคผักและผลไม้สดที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะและยาฆ่าแมลง มีการรายงานการเจ็บป่วยจากการบริโภคอาหารที่มีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้บริโภครายกลุ่มที่รับประทานผักและผลไม้สดที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะ เช่น *Salmonella* spp., *Escherichia coli* และ *Listeria monocytogenes* เป็นต้น ในขณะที่เกษตรกรใช้ยาฆ่าแมลงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งยาฆ่าแมลงนี้จะมีการสะสมสารเคมีที่เป็นอันตรายตกค้างอยู่บริเวณพื้นผิวของผักและผลไม้สด เป็นผลให้เมื่อผู้บริโภครับประทานผักผลไม้ที่มีสารเคมีตกค้างติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพได้ เช่น มะเร็ง ทารกมีความผิดปกติตั้งแต่แรกเกิดตลอดจนการพัฒนาระบบประสาทมีการ

ทำงานผิดปกติ ซึ่งขณะนี้สินค้าผักและผลไม้สดที่จำหน่ายในซูเปอร์มาร์เก็ต มีการผ่านกระบวนการในการป้องกันหรือการจัดการเกิดการระบอบ โดยการจัดการเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและสารเคมีที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น การล้าง การใช้สารทำความสะอาด และเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์และสารเคมีจากยาฆ่าแมลงที่ตกค้าง กระบวนการทำความสะอาดในครัวเรือนโดยทั่วไปยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีจากยาฆ่าแมลงตกค้าง ในขณะที่การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เทคโนโลยีโคลด์พลาสมา การรมควันด้วยก๊าซโอโซน การใช้ความดัน เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีตกค้างได้มากกว่ากระบวนการที่ครัวเรือนใช้กันโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามการผลิตผักและผลไม้สดในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลางยังมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเทคโนโลยีที่มีมูลค่าสูง บทความนี้จึงมีการแนะนำการใช้กระบวนการที่ทำงานร่วมกันระหว่างกระบวนการทำความสะอาดผักผลไม้สดแบบครัวเรือนและการใช้สารเคมีที่สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีอันตรายจากยาฆ่าแมลง

**คำสำคัญ :** ผักผลไม้สด เชื้อจุลินทรีย์ ยาฆ่าแมลง การกำจัด การเก็บรักษา

**Keywords :** fresh fruits and vegetables, microorganisms, pesticides, decontamination, storage

## บทนำ

ผักผลไม้สดมีบทบาทที่สำคัญของการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยแหล่งของสารพฤกษเคมีส่วนมากได้มาจากผักและผลไม้ โดยจากการศึกษาพบว่า สารพฤกษเคมีมีสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน เป็นต้น องค์การอนามัยโลกหรือ World Health Organization (WHO) แนะนำให้บริโภคผักผลไม้ในปริมาณ 400 กรัมต่อวัน เพื่อป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็ง เบาหวาน โรคอ้วน และโรคหัวใจ (Agudo, 2005) นอกจากนี้ Brookie และคณะ (2018) ได้กล่าวว่า ผักผลไม้สดมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าผักผลไม้ที่ผ่านความร้อน อย่างไรก็ตามการบริโภคผักผลไม้สดยังคงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและสารเคมีตกค้างที่ปนเปื้อนมากับผักผลไม้สด (Callejon *et al.*, 2015) ต่อมาในปี ค.ศ. 2018 ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ Centers for Disease Control and Prevention (CDC) มีการรายงานว่

พบผู้ป่วยทั่วโลกโดยเฉลี่ย 48 ล้านรายต่อปี โดยพบว่า 250 ราย มาจากการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะและสารเคมีตกค้าง ซึ่งจากรายงานระบุว่า ปัญหาการเกิดการเจ็บป่วยส่วนมากมาจากการติดเชื้อทางเดินอาหาร ได้แก่ *Salmonella* spp., Norovirus, *Staphylococcus aureus*, *Shigella* sp. และ *Campylobacter* spp. ในส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะที่เกิดจาก *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria* spp. และ *Vibrio* spp. นั้น มีการรายงานว่ามีระดับความรุนแรงสูงเนื่องจากมีอาการตั้งแต่ท้องเสีย ลำไส้อักเสบ ไปจนถึงมีผลต่อระบบประสาทและเสียชีวิตได้ (Kirk *et al.*, 2015) การปนเปื้อนของผักและผลไม้สดมักพบแหล่งการปนเปื้อนตั้งแต่ในฟาร์มจนถึงมือผู้บริโภค เชื่อกันว่าจุดที่มีการปนเปื้อนระหว่างเชื้อจุลินทรีย์และผลิตผลสดนั้น น่าจะมาจากในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว คือ ตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการเพาะปลูก ดิน และศัตรูพืช ไปจนถึงกระบวนการหลัง

การเก็บเกี่ยว ตั้งแต่เครื่องมือ เครื่องจักรที่สัมผัสกับ ผลผลิตสด การเกิดการปนเปื้อนข้ามจากเชิง การขนส่งตลอดจนการจัดการที่ไม่เหมาะสม ซึ่งความต้องการที่จะผลิตอาหารประเภทผักผลไม้สดที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่การใช้ยาฆ่าแมลงในไร่นาเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลให้เกิดสารเคมีตกค้างทั้งในดิน น้ำ อากาศ เช่นเดียวกับกับบนพื้นผิวของผักผลไม้สด (Bai *et al.*, 2006) นอกจากนี้ยาฆ่าแมลงบางชนิดมีส่วนประกอบของสารเคมีหลายชนิดที่มีจุดประสงค์เพื่อการกำจัด ศัตรูพืชหลายชนิด รวมถึงสารยับยั้งการเจริญของ แบคทีเรีย รา และวัชพืช เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกษตรกรมีการใช้สารเคมีดังกล่าวมากเกินไปเป็นเวลานาน ติดต่อกัน จะนำไปสู่การสะสมบนบริเวณพื้นผิวผักผลไม้ โดยอาจจะเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ได้ (Fenik *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามแม้ว่ามีรายงานความเสี่ยงจากการบริโภคผักและผลไม้สดที่มีการปนเปื้อน แต่บุคลากรทางการแพทย์และนักโภชนาการยังคงเชื่อว่า ผักและผลไม้สดมีประโยชน์ต่อสุขภาพที่ขาดไม่ได้ (Nyachuba, 2010) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการ ปรับปรุงกรรมวิธีที่สามารถควบคุมความปลอดภัยของ อาหารด้วยการใช้เทคโนโลยีใหม่มาช่วยเพื่อป้องกัน และกำจัดจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง ซึ่งก่อนหน้านี้มีความเชื่อกันว่า การล้างผักและผลไม้สดสามารถกำจัด สิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตผลสดได้เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามมีผู้ศึกษากันอย่างแพร่หลายว่า การล้าง ทำความสะอาดผลิตผลสดเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ ในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย จุลินทรีย์ก่อโรค และยาฆ่าแมลง

กรรมวิธีการล้างทำความสะอาดทั่วไปที่ใช้ในครัวเรือน ยกตัวอย่างเช่น การล้าง การปอกเปลือก การต้ม การลวก ถูกศึกษากันอย่างกว้างขวาง แนวทาง สมัยใหม่ในการทำทำความสะอาดผักและผลไม้สด จะ

เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อน เช่น การรมควันด้วย ก๊าซโอโซน (ozonation) เทคโนโลยีการใช้คลื่นเหนือ เสียง (ultrasonication) เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร ด้วยความดันสูง (high hydrostatic pressure) การ ล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรไลซ์ (electrolyzed water) การใช้รังสีแกมมา และการใช้เทคโนโลยีพลาสมา (cold plasma) เป็นต้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็น กระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนและสามารถหลีกเลี่ยง การเกิดคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์ของผักผลไม้ได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีการล้างทำความสะอาดผัก ผลไม้สดด้วยสารเคมี พบว่า วิธีการสมัยใหม่เป็น กรรมวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพ สูงที่อุณหภูมิปกติ (Pereira and Vicente, 2010) วิธีการทำความสะอาดผักผลไม้ที่ไม่ใช้ความร้อน ส่วนมากเป็นกระบวนการสร้างอนุมูลอิสระ (oxidation) ซึ่งสามารถช่วยในการทำลายสารพิษจาก ยาฆ่าแมลงที่ตกค้างรวมถึงการยับยั้งการเจริญของ เชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้วิธีการที่ไม่ใช้ความร้อน สมัยใหม่ยังเป็นวิธีการที่ไม่มีผลกระทบต่อรสชาติและ เนื้อสัมผัสของผลิตผลสดอีกด้วย ในบทความนี้จะมี การบรรยายถึงความปลอดภัยของผักผลไม้สดจากการ ลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง โดยการ ใช้เทคนิคทั่วไปในครัวเรือนและกระบวนการที่ใช้ เทคโนโลยีสมัยใหม่

### **กระบวนการทำความสะอาดผักผลไม้สดทั่วไปใน ครัวเรือน**

การทำทำความสะอาดผักผลไม้สดด้วยวิธีการ ทั่วไปที่ใช้ในครัวเรือนเป็นวิธีการกำจัดทำลายจุลินทรีย์ และยาฆ่าแมลงบนพื้นผิวของผักผลไม้ก่อนการ รับประทาน ซึ่งกระบวนการทำความสะอาดผักผลไม้ สดในครัวเรือนส่วนมาก ได้แก่ การล้าง การลวก การ ปอกเปลือก การต้ม และการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ

### การล้าง

การล้างในครัวเรือนส่วนมากจะเป็นการล้างด้วยน้ำประปาเพื่อทำความสะอาดผักและผลไม้สดก่อนการบริโภค เป็นวิธีที่ถูกใช้กันมานานนับศตวรรษ Han และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาการล้างผักผลไม้สดด้วยน้ำประปาพบว่า การล้างผักผลไม้สดด้วยน้ำเพียงอย่างเดียวสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ในช่วง 0.5-2 log CFU/g ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการล้าง แต่อย่างไรก็ตามการล้างในระยะเวลาที่ยาวนานอาจทำให้ผักผลไม้เกิดการช้ำได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การล้างผักผลไม้สดด้วยน้ำประปามีประสิทธิภาพด้อยกว่าการรมควันด้วยก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ ในส่วนของประสิทธิภาพการกำจัดยาฆ่าแมลงในผักผลไม้ด้วยน้ำเพียงอย่างเดียวขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายน้ำของยาฆ่าแมลงและแรงตึงผิวของผักผลไม้สดนั้น ๆ (Guardia-Rubio *et al.*, 2007) Soliman (2001) รายงานการล้างมันฝรั่งด้วยน้ำประปาว่า มีประสิทธิภาพน้อยมากเพียงแค่ 11.1-23.7% ในการกำจัดยาฆ่าแมลงที่ตกค้างของ dimethoate, pirimiphos-methyl และ malathion อย่างไรก็ตามการลดลงของสาร imidacloprid, chlorpyrifos, thiabendazole, diphenylamine, imazalil, fludioxonil และ pyrimethanil มีประสิทธิภาพสูงถึง 40-88% หลังจากการล้างด้วยน้ำประปา

### การปกปิดเปลือก

การปกปิดเปลือกถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและง่ายในการกำจัดยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่บนพื้นผิวของผลไม้สด มีการรายงานว่าการปกปิดเปลือกมันฝรั่งสามารถกำจัดและลดการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงในกลุ่ม dimethoate, pirimiphos-methyl และ malathion ได้สูงถึง 75% (Soliman, 2001) ต่อมา

Randhawa และคณะ (2007) รายงานว่าสามารถกำจัดยาฆ่าแมลงในกลุ่ม chlorpyrifos ออกจากดอกกะหล่ำ มะเขือเทศ และหน่อไม้ฝรั่ง ได้ทั้งหมดหลังจากทำการปกปิดเปลือก เป็นที่รู้กันดีว่าการปกปิดเปลือกผักผลไม้สด สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการทางกายภาพมาตรฐานที่หลีกเลี่ยงการเน่าเสียของพื้นผิวของผักผลไม้สดได้

### การลวก

การลวกเป็นวิธีการให้ความร้อนแก่ผักผลไม้ด้วยน้ำร้อน ใช้น้ำร้อน ที่อุณหภูมิในช่วง 70-105 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งการลวกจะมีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ลดลงและสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การลวกเป็นกระบวนการที่ใช้ในครัวเรือนที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ได้ (Mozzoni *et al.*, 2009) ซึ่งในปี ค.ศ. 2009 Mozzoni รายงานว่า ความร้อนจากการลวกสามารถกำจัดจุลินทรีย์บนพื้นผิวของผักผลไม้ได้ ซึ่งวิธีการลวกนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดยาฆ่าแมลงในกลุ่ม diethoate, pirimiphos-methyl และ malathion ออกจากผิวของของมันฝรั่งได้ถึง 22-46% Radwan และคณะ (2004) ได้รายงานว่าการลวกเป็นเวลา 5 นาทีมีประสิทธิภาพในการกำจัดสาร profenofos, pirimiphos-methyl ได้สูงถึง 98-100%

### การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

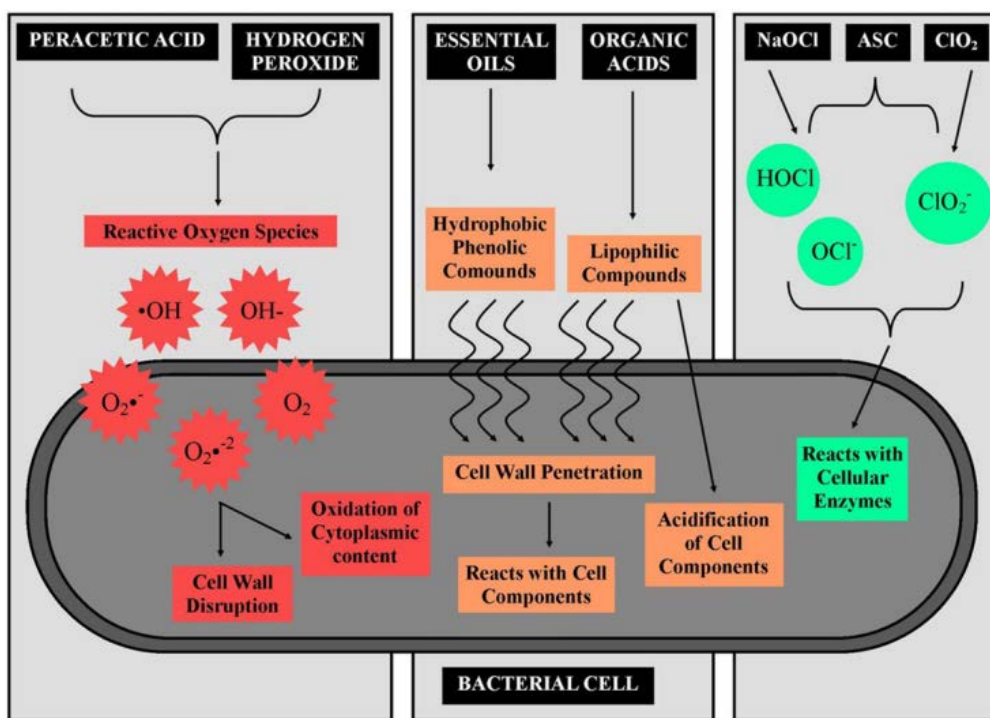
การเก็บรักษาผักผลไม้สดด้วยความเย็นเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความนิยมมากที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักและผลไม้สด ซึ่งการสลายตัวของยาฆ่าแมลงขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารเคมีในยาฆ่าแมลงและสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้ว

การสลายตัวของยาฆ่าแมลงเป็นผลมาจากน้ำ (ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส) แสง (ปฏิกิริยาโฟโตไลซิส) ออกซิเจน (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) หรืออาจถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ พืช หรือสัตว์ เป็นต้น (Racke *et al.*, 1996) ซึ่งภายหลัง Golash และ Gogate (2012) แนะนำว่า อุณหภูมิในช่วงกลาง ๆ ที่ไม่เย็นหรือร้อนเกินไปเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสลายยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด ซึ่งเป็นไปได้

ยากที่การเก็บรักษาผักผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำจะเป็นปัจจัยส่งเสริมในการเกิดการสลายตัวของยาฆ่าแมลง การศึกษาของ Zhang และคณะ (2007) รายงานว่า กะหล่ำปลีที่มีการจำลองการปนเปื้อน p,p-dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), chlorpyrifos, chlorothalonil และ cypermethrin และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดยาฆ่าแมลงดังกล่าวได้เลย

### กระบวนการทำความสะอาดด้วยสารเคมี

กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ  
ที่มา : Bhilwadikar *et al.* (2019)

### สารประกอบคลอรีน

คลอรีน (chlorine) เป็นสารอนินทรีย์ในกลุ่มแฮโลเจน ที่ใช้สำหรับเป็นสารฆ่าเชื้อ ซึ่งนิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค การใช้คลอรีนมีความปลอดภัยสูงและสามารถ

สลายตัวได้รวดเร็วในธรรมชาติ ราคาถูก แต่ขณะเดียวกันข้อเสียของคลอรีน คือ มีกลิ่นและมีความเป็นด่างจึงทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2565)

คลอรีนที่ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในโรงคัดบรรจุผัก และผลไม้และโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร มีรูปแบบการใช้ดังนี้

### 1. แก๊สคลอรีน (Cl<sub>2</sub>)

มีราคาถูก แต่เหมาะกับการใช้ปริมาณมาก จึงเหมาะกับการอุตสาหกรรมอาหารขนาดใหญ่ เพราะการใช้แก๊สคลอรีน ต้องการระบบควบคุมความปลอดภัยสูง ต้องมีระบบควบคุม ระบบจ่ายก๊าซอัตโนมัติ และการควบคุม pH แบบ on-line ซึ่งแก๊สคลอรีนลดค่า pH ของน้ำให้ต่ำกว่า 6.5 มักใช้กับการฆ่าเชื้อ โดยผสมกับน้ำล้างวัตถุดิบ

### 2. โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl)

โซเดียมไฮโปคลอไรต์ หรือคลอรีนน้ำ เป็นประเภทของคลอรีนที่นิยมใช้กันสำหรับเป็นน้ำยาซักผ้าขาว มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น อาหารทะเลแช่เยือกแข็ง โซเดียมไฮโปคลอไรต์พบอยู่ในรูปสารละลาย เพราะโซเดียมไฮโปคลอไรต์ในรูปของแข็งดูดความชื้นจากอากาศได้รวดเร็ว และจะสลายตัวเป็นแก๊สคลอรีน สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์มีความเข้มข้นของคลอรีนออกฤทธิ์ 5.25% หรือ 12.75%

### 3. คลอรีนไดออกไซด์ (ClO<sub>2</sub>)

คลอรีนไดออกไซด์เกิดจาก 7.5% sodium chlorite (NaClO<sub>2</sub>) ผสมกับ 9% hydrochloric acid (HCl) ในอัตราส่วน 1:1 สมการการเกิดปฏิกิริยา คือ  $5\text{NaClO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 5\text{NaCl} + 4\text{ClO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

#### การออกฤทธิ์ของคลอรีน

คลอรีน มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง เมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำ เมื่อไฮโปคลอไรต์ละลายในน้ำจะแตกตัวให้ hypochlorite ion (OCl<sup>-</sup>) และ hypochlorous acid (HOCl) ซึ่ง HOCl จะออกฤทธิ์ได้รุนแรงกว่า OCl<sup>-</sup> ประมาณ 80-200 เท่า (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2565)

สารประกอบคลอรีนสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ สามารถทำให้พันธะเคมีในโมเลกุลของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์แตกออก และเกิดเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ จึงช่วยเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพในการทำมาสะอาดและสามารถใช้เป็นสารฟอกสี (bleaching agent)

#### ปัจจัยที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อของคลอรีน

1. ค่า pH ของน้ำ น้ำที่มีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) OCl<sup>-</sup> จะเปลี่ยนไปเป็น hypochlorous acid (HOCl) มากขึ้น และจะเปลี่ยนไปเป็น hypochlorous acid ทั้งหมดที่ค่า pH ต่ำกว่า 5 ลงมา โดยทั่วไปแล้วคลอรีนจะออกฤทธิ์ได้ดีในช่วงค่า pH 6-7 และออกฤทธิ์ได้ดีขึ้นเมื่อค่า pH ของน้ำต่ำลง

2. สิ่งสกปรก ได้แก่ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหรือบนพื้นผิวของพื้นผิวที่ต้องการฆ่าเชื้อ เช่น ดินที่ปนเปื้อนมากับผักผลไม้ โปรตีน เช่น เศษเนื้อเลือด คาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง น้ำตาล สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนก่อน ได้เป็นสารประกอบคลอรีนที่มีฤทธิ์การฆ่าเชื้อลดลง และสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง

3. ความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ทำความสะอาดผักผลไม้ คลอรีนจะออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้ดี ควรมีความเข้มข้นที่เหมาะสมในช่วง 50-200 ppm

4. อุณหภูมิ ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

#### กรดเพอร์ออกซีอะซิติก (peroxyacetic acid)

สารละลายกรดเพอร์ออกซีอะซิติก หรือ PAA เป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์กับกรดอะซิติกหรือกรดอะซิติกแอนไฮไดรต์ในรูปของตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟิวริก (Kitis, 2004) นิยม

ใช้เป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ รวมถึงลดกลิ่นเหม็น และที่สำคัญถูกใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ สำหรับการทำความสะอาดอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ของ PAA เกิดจากการปล่อย reactive oxygen species (ROS) ซึ่งจะมีฤทธิ์ทำลาย DNA และไขมันของเชื้อจุลินทรีย์ (Small *et al.*, 2007) นอกจากนี้ PAA ยังมีฤทธิ์ทำให้โปรตีนและเอนไซม์เสียสภาพและเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของสารในผนังเซลล์โดยการออกซิไดซ์พันธะซัลไฟด์และไดซัลไฟด์ (Small *et al.*, 2007) นอกจากนี้ PAA ยังมีส่วนในการรบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์และขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในการส่งถ่ายสารภายในเซลล์จุลินทรีย์ด้วย (Koivunen and Heinonen-Tanski, 2005)

### กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ เช่น กรดแล็กติก กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดฟumaric และอื่น ๆ เป็นสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติและถือได้ว่าเป็นสารที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่ามีความปลอดภัย (U.S. FDA) ซึ่งประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับค่า pKa กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของกรดอ่อนมีประสิทธิภาพดีกว่ากรดแก่ เนื่องจากกรดอ่อนสามารถแตกตัวได้หลายครั้ง เมื่อกรดเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์จะเกิดการแตกตัวและสามารถแทรกตัวเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ได้ง่ายกว่ากรดแก่ กรดอินทรีย์สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์และการสะสมไอออนลบ และส่งผลให้สภาวะภายในเซลล์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นตลอดจนการยับยั้งกิจกรรมภายในเซลล์ มีการค้นพบว่า การใช้กรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญ

ของเชื้อจุลินทรีย์ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์โดยกรดอินทรีย์จะเข้าไปรบกวนระบบการขนส่งสารอาหารหยุดชะงักของเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึมที่นำไปสู่การรั่วของเซลล์และหยุดชะงักการสังเคราะห์ระดับโมเลกุล (Beuchat, 1998; Brula and Coot, 1999) ซึ่งปัจจุบันโรงงานผลิตอาหารโดยเฉพาะโรงงานคัดบรรจุผักและผลไม้เริ่มมีการใช้กรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์กันอย่างกว้างขวาง

### บทสรุป

ความต้องการการบริโภคผักและผลไม้สดเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ ซึ่งนำไปสู่ความจำเป็นในการค้นหาวิธีการทางสุขาภิบาลที่ดีขึ้นและมีความน่าเชื่อถือ โดยที่ผลผลิตที่ผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสมสามารถรับประกันความปลอดภัยได้ เช่นเดียวกันกับกรรมวิธีการล้างทำความสะอาดผักผลไม้เบื้องต้นในครัวเรือนต้องเป็นกรรมวิธีที่ผู้บริโภคสามารถล้างทำความสะอาดเองได้ที่บ้านก่อนนำมารับประทาน ในบทความนี้ได้กล่าวถึงวิธีการในการทำความสะอาดและวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงเบื้องต้นผู้อ่านสามารถเลือกปฏิบัติตามได้เองที่บ้านเพื่อสามารถเป็นแนวทางในการนำไปใช้ของผู้บริโภค


## เอกสารอ้างอิง

- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนพานนท์. 2565. คลอรีน. <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2210/chlorine-คลอรีน>. [24 มิถุนายน 2565].
- Agudo A. 2005. Measuring intake of fruit and vegetables. Background paper for the joint FAO/WHO workshop on fruits and vegetables for health. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Retrieved from [https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/f&v\\_intake\\_measurement.pdf](https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/f&v_intake_measurement.pdf).
- Bai Y, Zhou L and Wang J. 2006. Organophosphorus pesticide residues in market foods in Shaanxi area, China. *Food Chemistry*. 98(2) : 240-242.
- Beuchat LR. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw : A review. Geneva, Switzerland : World Health Organization.
- Bhilwadikar T, Pounraj S, Manivannan S, Rastogi N and Negi P. 2019. Decontamination of microorganisms and pesticides from fresh fruits and vegetables : A comprehensive review from common household processes to modern techniques. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 18(4) : 1003-1038.
- Brookie KL, Best GI and Conner TS. 2018. Intake of raw fruits and vegetables is associated with better mental health than intake of processed fruits and vegetables. *Frontiers in Psychology*. 9 : 487.
- Brula S and Coote P. 1999. Preservative agents in foods: Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*. 50(1-2) : 1-17.
- Callejón RM, Rodríguez-Naranjo MI, Ubeda C, Hornedo-Ortega R, Garcia-Parrilla MC and Troncoso AM. 2015. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union : trends and causes. *Foodborne pathogens and disease*. 12(1) : 32-38.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2018. Food borne illnesses and germs. Retrieved from <https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html>.
- Fenik J, Tankiewicz M and Biziuk M. 2011. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. *Trends in Analytical Chemistry*. 30(6) : 814-826.
- Golash N and Gogate PR. 2012. Degradation of dichlorvos containing wastewaters using sonochemical reactors. *Ultrasonics Sonochemistry*. 19(5) : 1051-1060.
- Guardia-Rubio M, Ayora-Canada MJ and Ruiz-Medina A. 2007. Effect of washing on pesticide residues in olives. *Journal of Food Science*. 72(2) : 139-143.
- Han Y, Sherman DM, Linton RH, Nielsen SS and Nelson PE. 2000. The effects of washing and chlorine dioxide gas on survival and attachment of Escherichia coli O157 : H7 to green pepper surfaces. *Food Microbiology*. 17(5) : 521-533.
- Kirk MD, Pires SM, Black RE, Caipo M, Crump JA, Devleeschauwer B and Hall AJ. 2015. World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 22 foodborne bacterial, protozoal, and viral diseases, 2010: A data synthesis. *PLoS Medicine*. 12(12) : e1001921.
- Kitis M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid : A review. *Environment International*. 30 : 47-55.
- Koivunen J and Heinonen-Tanski H. 2005. Peracetic acid (PAA) disinfection of primary, secondary and tertiary treated municipal wastewaters. *Water Research*. 39(18) : 4445-4453.
- Mozzoni LA, Chen P, Morawicki RO, Hettiarachchy NS, Brye KR and Mauromoustakos A. 2009. Quality attributes of vegetable soybean as a function of boiling time and condition. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(11) : 2089-2099.
- Nyachuba DG. 2010. Foodborne illness : Is it on the rise? *Nutrition Reviews*. 68(5) : 257-269.
- Pereira R and Vicente A. 2010. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Research International*. 43(7) : 1936-1943.
- Racke KD, Steele KP, Yoder RN, Dick WA and Avidov E. 1996. Factors affecting the hydrolytic degradation of chlorpyrifos in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44(6) : 1582-1592.
- Radwan M, Shiboob M, Abu-Elamayem M and Abdel-Aal A. 2004. Pirimiphos-methyl residues on/in some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and kitchen processing. *International Journal of Agriculture and Biology*. 6(6) : 1026-1029.
- Randhawa MA, Anjum FM, Ahmed A and Randhawa MS. 2007. Field incurred chlorpyrifos and 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. *Food Chemistry*. 103(3) : 1016-1023.
- Small DA, Chang W, Toghrol F and Bently WE. 2007. Comparative global transcription analysis of sodium hypochlorite, peracetic acid, and hydrogen peroxide on Pseudomonas aeruginosa. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 76 : 1093-1105.
- Soliman KM. 2001. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. *Food and Chemical Toxicology*. 39(8) : 887-891.
- Zhang ZY, Liu XJ and Hong XY. 2007. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. *Food Control*. 18(12) : 1484-1487.



# จากเครื่องเทศและสมุนไพรสู่เครื่องแกงที่มากด้วยคุณประโยชน์

## High benefits of spices and herbs in curry paste

 วาสนา นาราศรี (Wassana Narasri)

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ (Department of Nutrition and Health)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

เครื่องเทศและสมุนไพรเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ในชีวิตประจำวันและสังคมไทยตลอดมา ด้วยการนำมาใช้ประกอบอาหารคาวและหวาน เพื่อให้อาหารมีกลิ่นและรสชาติที่ดี โดยเฉพาะการใช้เป็นส่วนผสมสำคัญของเครื่องแกงในอาหารไทย ซึ่งในแต่ละเมนูอาหารจะใช้เครื่องเทศและสมุนไพรแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นเมนูอาหารหลากหลายจึง

มีเอกลักษณ์ที่ชัดเจน นอกจากนี้เครื่องเทศและสมุนไพรยังอุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ จึงใช้เป็นยารักษาโรค ผลิตภัณฑ์เสริมความงาม มีสมบัติช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นแหล่งของสีจากธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นแหล่งของกลิ่นรสและน้ำมันหอมระเหย

ตารางที่ 1 การใช้เครื่องเทศและสมุนไพรเป็นส่วนประกอบในเมนูอาหารต่าง ๆ

อาหาร	เครื่องเทศและสมุนไพรที่ใช้เป็นส่วนประกอบ
แกงส้ม	พริกแห้ง หอมแดง กระเทียม กระชาย
แกงเหลือง	พริกขี้หนูแห้ง พริกขี้หนูแดง ขมิ้น กระเทียม หอมแดง มะนาว
แกงเขียวหวาน	พริกขี้พ้าเขียว พริกขี้หนูเขียว ข่า ตะไคร้ หอมแดง กระเทียม รากผักชี ลูกผักชี ยี่หระ พริกไทย ลูกมะกรูด ใบมะกรูด ใบโหระพา
แกงมัสมั่น	พริกขี้พ้าแห้ง กระเทียม หอมแดง ข่า ตะไคร้ รากผักชี ลูกผักชี ยี่หระ พริกไทย ลูกกระวาน ใบกระวาน กานพลู
ต้มยำ	ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมแดง พริกขี้หนู มะนาว ผักชีฝรั่ง
แกงป่า	พริกขี้หนูแห้ง กระเทียม หอมแดง ตะไคร้ พริกไทย ขมิ้น
ยำต่าง ๆ	พริกขี้หนู หอมแดง ผักชี หอมใหญ่ ต้นหอม มะนาว ขึ้นฉ่าย มะเขือเทศ
แกงเลียง	หอมแดง พริกไทย ผักพินบ้าน
เมี่ยงคำ	ข่า ขิง พริกขี้หนู หอมแดง ถั่วลิสง ใบชะพลู
ส้มตำ	พริกขี้หนู กระเทียม มะเขือเทศ ถั่วลิสง
ลาบ น้ำตก	พริกขี้หนูแห้ง มะนาว สารระแห่น ผักชีฝรั่ง ใบโหระพา ผักเครื่องเคียงต่าง ๆ
สะเดาน้ำปลาหวาน	สะเดา พริกขี้หนูแห้ง มะขามเปียก หอมแดง
ขนมขอม่วง	ดอกอัญชัน
ข้าวเหนียวเหลือง	ขมิ้น ใบมะกรูด

ที่มา : ดัดแปลงจากมณฑา (2554)

## ประโยชน์ของเครื่องเทศและสมุนไพร

1. เป็นยารักษาโรคและบำรุงสุขภาพ เครื่องเทศและสมุนไพรถูกนำมาใช้เป็นยารักษาโรคมีทั้งแบบใช้โดยตรงทำการสกัดด้วยการต้ม บีบ หรือคั้นเพื่อนำไปดื่ม และการใช้แบบเป็นสารสกัดเข้มข้น ทำเป็นผง เช่น ยาแคปซูล เครื่องเทศและสมุนไพรที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ขิงทำเป็นน้ำขิงช่วยบรรเทาอาการไอ สมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยหรือมีกลิ่นหอม เช่น หอมแดง มะกรูด ตะไคร้ พริกไทย และข่า สำหรับบรรเทาอาการหวัด เวียนศีรษะ และภูมิแพ้ เม็ดผักชีและกานพลูบรรเทาอาการปวดฟัน เป็นต้น

2. เป็นแหล่งของสีจากธรรมชาติ เครื่องเทศและสมุนไพรบางชนิดเป็นแหล่งของเม็ดสีจากธรรมชาติที่ดี ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารที่มีการใช้สีสังเคราะห์ ทำให้มีความเสี่ยงสูงที่จะทำให้เกิดโรคต่อผู้บริโภค เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจ ภูมิแพ้ ภาวะเลือดเป็นกรด และภาวะต่อมไทรอยด์ทำงานต่ำ แต่เม็ดสีจากธรรมชาติมีความคงตัวต่ำ (มีการเปลี่ยนแปลงจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ออกซิเจน ความร้อน และแสง) การละลายต่ำ รสชาติผิดปกติ และต้นทุนสูง ในกระบวนการผลิตอาหารจึงใช้สีจากธรรมชาติเท่าที่จำเป็น ในปัจจุบันมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ช่วยแก้ไขคุณภาพเม็ดสีจากธรรมชาติให้ดีขึ้น โดยการใช้เอนไซม์ จุลินทรีย์ การใช้ของไหลวิกฤตยิ่งยวดของคาร์บอนไดออกไซด์ การแยกด้วยเมมเบรน และวิธีการห่อหุ้มสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก เพื่อปรับปรุงการละลายและความคงตัวของเครื่องเทศและสมุนไพรที่ส่วนมากนิยมนำมาใช้เป็นแหล่งของสี ได้แก่ ขมิ้นให้สีเหลือง พริกแดงให้สีแดง ใบเตยให้สีเขียว ดอกอัญชันให้สีน้ำเงิน เป็นต้น

3. เป็นแหล่งของกลิ่นรสและน้ำมันหอมระเหยจากธรรมชาติ ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารจำนวนมาก

มากให้ความสนใจในการใช้กลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติในการผลิตอาหาร โดยในเครื่องเทศและสมุนไพรที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีสารประกอบหลักที่ให้กลิ่นรสและน้ำมันหอมระเหย ดังนี้

3.1 พริก มีสารแคปไซซิน (capsaicin) เป็นส่วนประกอบอยู่ในบริเวณรก (placenta) ของผลพริกให้รสเผ็ด แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- กลุ่ม *Capsicum frutescens* เป็นพริกกลุ่มที่มีความเผ็ดมาก ได้แก่ พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูไทยและพริกเหลือง

- กลุ่ม *Capsicum annuum* เป็นพริกกลุ่มที่มีความเผ็ดน้อย ได้แก่ พริกหยวก พริกขี้ฟ้า และพริกหวาน



3.2 กระเทียม มีสารประกอบที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ทำให้กระเทียมมีกลิ่นรสเฉพาะตัวและมีกรดอะมิโนอาร์จินีน (arginine), oligosaccharides, flavonoid และ selenium ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ

3.3 ข่า เป็นเครื่องเทศที่ใช้ในการประกอบอาหารมี 2 ชนิด คือ ข่าหยวกและข่าเหลือง โดยข่าแต่ละชนิดจะมีรสชาติเผ็ดร้อน และมีกลิ่นหอมเฉพาะ ดังนั้นจึงใช้ปรุงรสในอาหารและแต่งกลิ่นในเครื่องแกง นอกจากนี้ยังใช้เพื่อดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ต่าง ๆ ในการประกอบอาหาร เพราะข่ามีน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) หลายชนิด คือ เมททิล ซินนามเมต (methyl cinnamate) ซีนิเออล (cineol) การบูร (camphor) และยูจีนอล (eugenol)

**3.4 ตะไคร้** มีกลิ่นเฉพาะที่เกิดจากน้ำมันหอมระเหย โดยมี citral เป็นสารระเหยในปริมาณมากที่สุด และบริเวณที่มีสารระเหยสูง คือ โคนต้น ประมาณ 10-15 เซนติเมตร นอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่มีสารระเหยให้กลิ่นอีกหลายชนิด เช่น myrcene, geraniol, citronellal และ limonene ดังนั้นจึงควรตัดตะไคร้ให้ยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร

**3.5 มะกรูด** กลิ่นหอมของมะกรูด เกิดจากน้ำมันหอมระเหยที่ผิวของมะกรูดมากที่สุด ปริมาณร้อยละ 4 โดยน้ำหนัก มีสารเบต้าไพเนน ( $\beta$ -pinene) เป็นสารระเหยหลัก ส่วนที่ใบมะกรูดมีน้ำมันหอมระเหยปริมาณร้อยละ 0.08-1.00 โดยมีสารซิโตรเนลลาล (citronellal) เป็นหลัก

**3.6 ขมิ้น** หรือขมิ้นชันมีสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ เคอร์คูมิน (curcumin) ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีสีเหลือง ส้ม และมีน้ำมันหอมระเหย ดังนั้นขมิ้นจึงถูกใช้เป็นเครื่องเทศในเครื่องแกงใช้แต่งสี แต่งกลิ่น และรสของอาหาร เช่น แกงเหลือง แกงไตปลา โดยใช้เหง้าขมิ้น หรือลำต้นจริงที่อยู่ใต้ดิน และมีแง้ที่แตกแขนงเป็นทรงกระบอกทั้ง 2 ด้านจากเหง้า

**3.7 พริกไทย** เป็นเครื่องเทศที่มีน้ำมันหอมระเหยที่เรียกว่า น้ำมันพริกไทย ในปริมาณร้อยละ 2-4 โดยมีสารพิเพอริน (piperine) และพิเพอรานีน (piperanine) เป็นองค์ประกอบสำคัญทำให้เกิดกลิ่นฉุนและรสที่เผ็ดร้อน ซึ่งพริกไทยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

- พริกไทยดำ (black pepper) เป็นผลพริกไทยที่โตเต็มที่แล้ว เก็บมาทำให้แห้ง ซึ่งมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยและกลิ่นฉุนกว่าพริกไทยขาว

- พริกไทยขาว หรือพริกไทยอ่อน (white pepper) เป็นผลพริกไทยที่สุกแล้ว นำมาแช่น้ำเพื่อลอกเปลือกชั้นนอกออก แล้วนำไปทำให้แห้ง

**3.8 สมุนไพรอื่น ๆ** ได้แก่ กานพลูมีสาร eugenol และ eugenyl acetate ใบโหระพามีสาร methylchavicol, linalool และ methyl eugenol และอบเชยมีสาร cinnamaldehyde และ eugenol



### บทสรุป

เครื่องเทศและสมุนไพรมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสารประกอบที่ให้กลิ่นรสและน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด จึงมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้กับอาหารไทย โดยนำมาใช้เป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องแกงในอาหาร ซึ่งอาหารในแต่ละภูมิภาค หรืออาหารประจำท้องถิ่นจะใช้เครื่องเทศและสมุนไพรในชนิดและปริมาณที่แตกต่างกัน อาหารในแต่ละเมนูจึงมีความโดดเด่นและเป็นที่ชื่นชอบของคนไทยรวมถึงชาวต่างชาติ สำหรับบทความนี้ขอนำเสนอเมนูหอมกปลากราย และแกงเหลืองฟัก

## ห่อหมกปลาทราย (สำหรับ 5 เสิร์ฟ)



### พริกแกง

พริกชี้ฟ้าแห้ง	5.5	กรัม
พริกชี้หนูแห้ง	1.5	กรัม
กระเทียม	20	กรัม
หอมแดง	15	กรัม
ตะไคร้ ซอย	6	กรัม
ข่าแก่ ซอย	2	กรัม
ผิวมะกรูด	1.5	กรัม
รากผักชี ซอย	2.5	กรัม
กะปิ	6	กรัม
เกลือ	3	กรัม
พริกไทยขาวป่น	0.4	กรัม
กระชาย	30	กรัม
Δ น้ำหนักพริกแกงที่ได้	85	กรัม

### กะทิสำหรับหยอดหน้าห่อหมก

กะทิ	180	กรัม
แป้งข้าวเจ้า	5	กรัม
เกลือ	0.75	กรัม

### ห่อหมกปลาทราย

เนื้อปลาทรายขุด	200	กรัม
พริกแกง	85	กรัม
กะทิ	200	กรัม
น้ำปลา	14	กรัม
น้ำตาลปีบ	6	กรัม

ใบมะกรูดหั่นฝอย	1	กรัม
ไข่ไก่	100	กรัม
กะหล่ำปลี ซอย	100	กรัม
ใบโหระพา	10	กรัม

### วิธีทำ

1. เตรียมพริกแกง โดยโขลกส่วนผสมของพริกแกง ทั้งหมดเข้าด้วยกันจนละเอียด จะได้ประมาณ 85 กรัม
2. เตรียมกะทิสำหรับหยอดหน้าห่อหมก โดยผสมกะทิ กับแป้งข้าวเจ้าและเกลือ คนให้เข้ากัน แล้วนำไป ตั้งไฟพอขึ้น พักไว้
3. ผัดพริกแกงกับกะทิให้มีกลิ่นหอม แล้วใส่กะทิส่วนที่เหลือ คนให้ทั่ว
4. พอเดือดปรุงรสด้วยน้ำปลาและน้ำตาลปีบ พอเดือด อีกครั้งใส่ใบมะกรูดหั่นฝอย คนให้เข้ากัน จะได้ น้ำแกงประมาณ 240 กรัม
5. นำเนื้อปลาทรายขุดผสมกับน้ำแกงและไข่ไก่ คนให้เข้ากัน จากนั้นตักส่วนผสมใส่ในกระทงที่มี กะหล่ำปลี และใบโหระพาจัดวางอยู่ ¼ ของกระทง ที่เตรียมไว้
6. นำไปนึ่งในน้ำเดือดโดยใช้ไฟปานกลาง นาน 10 นาที หยอดหน้าด้วยกะทิ พริกชี้ฟ้าแดงหั่นฝอย และใบมะกรูดหั่นฝอย หรือใบผักชี นึ่งต่ออีกครั้ง นาน 5 นาที จัดเสิร์ฟ

### คุณค่าทางโภชนาการ (ต่อเสิร์ฟ 160 กรัม)

พลังงาน	169	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	8.0	กรัม
โปรตีน	10.9	กรัม
ไขมัน	10.4	กรัม
โซเดียม	696	มิลลิกรัม

### แกงเหลืองผัก (สำหรับ 6 เสิร์ฟ)

#### พริกแกง

พริกชี้หนูแห้ง	7	กรัม
พริกชี้หนูสวน หั่นหยาบ	10	กรัม
กระเทียม	15	กรัม

ตะไคร้ หั่นฝอย	5	กรัม
ข่า หั่นฝอย	1.5	กรัม
ขมิ้น หั่นฝอย	3.5	กรัม
เกลือป่น	6	กรัม
กะปิ	9	กรัม

### แกงเหลือง

พริกแกง	50	กรัม
พริกเขียว หั่นชิ้นพอคำ	300	กรัม
ปลากะพง	200	กรัม
น้ำมะขามเปียก	50	กรัม
น้ำปลา	30	กรัม
น้ำตาลมะพร้าว	15	กรัม
น้ำมะนาว	15	กรัม
น้ำสต็อกไก่	550	กรัม



### วิธีทำ

1. เตรียมพริกแกง โดยโขลกส่วนผสมของพริกแกงทั้งหมดเข้าด้วยกันให้ละเอียด
2. นำพริกแกงละลายกับน้ำสต็อกในหม้อ ตั้งไฟให้เดือด และมีกลิ่นหอมเครื่องแกง ใส่ผักเขียวลงต้มให้สุก
3. ปูรสด้วยน้ำมะขามเปียก น้ำปลา น้ำตาลปี๊บ คนให้เข้ากัน
4. พอเดือดอีกครั้งใส่ปลา และต้มจนปลาสุก เติมน้ำมะนาว ยกลง จัดเสิร์ฟ

### คุณค่าทางโภชนาการ (ต่อเสิร์ฟ 160 กรัม)

พลังงาน	77	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	8.0	กรัม
โปรตีน	8.2	กรัม
ไขมัน	1.4	กรัม
โซเดียม	970	มิลลิกรัม

**คำสำคัญ :** เครื่องเทศและสมุนไพร เครื่องแกง อาหารไทย

**Keywords :** spices and herbs, curry paste, Thai food

### บรรณานุกรม

- ข่า. <http://www.thaifoodtoworld.com/home/ingredientdetail>. [20 เมษายน 2565].
- จันทนา กาญจนภมร. 2554. รายงานการวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการชักนำการเกิดเหง้าของข่าและหน่อกะลาในหลอดทดลอง. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- มณฑา ลิ้มปิยะประพันธ์. 2554. การผลิตพืชสมุนไพร. สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยุคชั่น. กรุงเทพมหานคร.
- Ewa M, Mariola K, Eliza GS, Dorota K and Katarzyna T. 2019. Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Essential Oil : Extraction, Composition, Bioactivity and Uses for Food Preservation-a review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 69(4) : 327-341.
- Sadar P, Dande P, Kulkarni N and Pachori R. 2017. Evaluation of toxicity of synthetic food colors on human normal flora and yeast. International Journal of Health Sciences and Research. 7 : 110-114.
- Galaffu N, Bortlik K and Michel M. 2015. An industry perspective on natural food colour stability. In : Colour Additives for Foods and Beverages. Cambridge, United Kingdom : Woodhead Publishing Limited. 91-130.
- Rodriguez-Amaya DB. 2016. Natural food pigments and colorants. Current Opinion in Food Science. 7 : 20-26.

## คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

**วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร** เป็นวารสารของสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดออกทุก 3 เดือน วัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่วิทยาการและเสนอข่าวสารด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและโภชนาการ ส่งเสริมการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมากขึ้น และเป็นสื่อกลางด้านธุรกิจอุตสาหกรรมอาหารระหว่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ ผู้บริโภคและหน่วยงานของรัฐ วารสารนี้เผยแพร่ในรูปแบบหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book)

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

## เรื่องและผู้เขียนจะส่งมาพิมพ์ในวารสารแยกเป็น 2 ประเภท

### 1. บทความวิจัย (Research article)

- 1.1 Research article : เป็นงานเสนอผลการวิจัย ที่ผู้เขียนและคณะเป็นผู้ดำเนินการศึกษาวิจัย
- 1.2 Review article : บทความลักษณะการรวบรวมและทบทวนวรรณกรรม รวมถึงการวิเคราะห์สังเคราะห์ข้อมูล และนำเสนออภิปรายผลการทบทวนวรรณกรรม

### 2. บทความ (Article)

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

## การเตรียมต้นฉบับบทความวิจัยเพื่อลงพิมพ์ในวารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร

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

## 7. เนื้อหา (Text) ควรประกอบด้วยหัวข้อดังนี้

- 7.1 บทนำ (Introduction) เพื่ออธิบายถึงปัญหาและวัตถุประสงค์ อารวมการตรวจเอกสาร (literature review) เข้าไว้ด้วย
- 7.2 อุปกรณ์ และวิธีการ (Material and method) ประกอบด้วยวัตถุดิบ สารเคมี เครื่องมือ และวิธีการที่ใช้ในการทดลอง
- 7.3 ผลการทดลอง (Result) เป็นการเสนอผลการทดลอง ถ้ามีตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพ ให้เขียนคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ
- 7.4 วิจารณ์ (Discussion) เป็นการวิจารณ์ผลการทดลองให้เห็นถึงสาเหตุ ที่มาของผล หลักการที่แสดงถึงผลการทดลอง ทั้งนี้สามารถรายงานผลการทดลองและการวิจารณ์ผลการทดลองรวมกันได้ โดยใช้หัวข้อ ผลการทดลองและวิจารณ์ (Result and discussion)
- 7.5 สรุป (Conclusion) เป็นการสรุปสาระสำคัญและแนวทางที่จะนำผลไปใช้ประโยชน์ รวมถึงคำแนะนำเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยในอนาคต

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

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้นอกวงเล็บ 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

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

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

- 7.8.2 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่ง 2 คน มีรูปแบบดังนี้

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

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

- 7.8.3 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน มีรูปแบบดังนี้

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

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

7.8.4 อ้างอิงเอกสารที่ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ให้ใช้คำว่า นิรนาม สำหรับเอกสารภาษาไทย และคำว่า Anonymous สำหรับเอกสาร ภาษาอังกฤษ แทนชื่อผู้แต่งดังนี้

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

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

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

7.8.6 อ้างอิงหนังสือพิมพ์ กรณีอ้างข่าวทั่วไป ให้ระบุชื่อหนังสือพิมพ์และปีที่พิมพ์ดังนี้

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

7.8.7 อ้างอิงทรัพย์สินทางปัญญา ให้ระบุชื่อผู้จดสิทธิบัตร และปีที่จดสิทธิบัตรดังนี้

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

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

### การเตรียมต้นฉบับบทความอื่น ๆ

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



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

อ้างอิงข้อมูลในตารางและรูปภาพ ให้ระบุชื่อผู้แต่งไว้นอกวงเล็บ และระบุปีที่พิมพ์ไว้ในวงเล็บ ตรงที่มาใต้ตารางและรูปภาพดังนี้

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

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

Source : Burr *et al.* (2009)

Source : The Graduate School Kasetsart University (2009)

6.2 คำภาษาอังกฤษที่ใช้บรรยายในเนื้อความ ให้ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ คำย่อ ถ้าคำภาษาอังกฤษในตาราง ให้ใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น ตัวอักษรอื่น ๆ ใช้ตัวพิมพ์เล็ก ยกเว้นคำเฉพาะ

6.3 กรณีที่มีการอ้างอิงในส่วนเนื้อหาเพื่อระบุแหล่งที่มาของข้อมูล ให้ใช้รูปแบบดังนี้

6.3.1 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งคนเดียว มีรูปแบบดังนี้

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

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

6.3.2 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่ง 2 คน มีรูปแบบดังนี้

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

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

6.3.3 อ้างอิงเอกสารหนึ่งเรื่องที่มีผู้แต่งตั้งแต่ 3 คน มีรูปแบบดังนี้

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

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

6.3.4 อ้างอิงเอกสารที่ไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง ให้ใช้คำว่า นิรนาม สำหรับเอกสารภาษาไทย และ

คำว่า Anonymous สำหรับเอกสาร ภาษาอังกฤษ แทนชื่อผู้แต่งดังนี้

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

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

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

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

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

6.3.6 อ้างอิงหนังสือพิมพ์ กรณีอ้างข่าวทั่วไป ให้ระบุชื่อหนังสือพิมพ์และปีที่พิมพ์ดังนี้

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

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

### 6.3.7 อ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศทางปัญญา ให้ระบุชื่อผู้จัดสิทธิบัตร และปีที่จัดสิทธิบัตรดังนี้

พัชรี (2556) ....

Fraser (2017) .....

..... (พัชรี, 2556)

..... (Fraser, 2017)

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

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

8.1 เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในตัวบทความ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านสามารถไปค้นหามาได้

8.2 บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านควรอ่านเพิ่มเติม

9. บทความควรมีภาพประกอบเป็นฟิล์ม สไลด์ รูปภาพ หรือไฟล์ข้อมูล รูปภาพควรมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 200 จุดต่อนิ้ว

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

### การเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม สามารถเขียนได้ 2 แบบ คือ

1. เอกสารอ้างอิง เป็นเอกสารที่ผู้เขียนได้อ้างไว้ในบทความ ซึ่งผู้อ่านสามารถไปสืบค้นเอกสารที่มาได้

2. บรรณานุกรม เป็นเอกสารประกอบการเขียนบทความที่ไม่มีการอ้างอิงในบทความโดยตรง ซึ่งผู้อ่านสามารถอ่านเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบภูมิหลัง หรือเข้าใจบทความได้ละเอียดขึ้น

ก. การเรียงลำดับเอกสาร ไม่ต้องมีเลขกำกับ ให้เรียงลำดับชื่อผู้แต่ง หรือผู้รายงานตามตัวอักษร เริ่มด้วยเอกสารภาษาไทยก่อน แล้วต่อด้วยเอกสารภาษาต่างประเทศ

ข. การเขียนชื่อผู้เขียน เอกสารภาษาไทยให้ใช้ชื่อเต็ม โดยใช้ชื่อตัวหน้า ตามด้วยชื่อสกุล ถ้าเป็นเอกสารภาษาต่างประเทศ ให้เขียนชื่อสกุลขึ้นก่อน ตามด้วยชื่ออื่น ๆ โดยชื่อสกุลให้เขียนเต็ม ส่วนชื่อต้นและชื่อกลางให้เขียนเป็นชื่อย่อใช้อักษรตัวแรกและไม่ต้องใส่จุดที่อักษรย่อ เอกสารอ้างอิงใดที่ไม่มีชื่อผู้แต่ง ให้ใช้ชื่อหน่วยงานขึ้นต้น หรือถ้าไม่มีชื่อหน่วยงาน ให้ใช้ชื่อเรื่องของบทความขึ้นต้นแทน

- ชื่อหน่วยงานขึ้นต้น

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

- ชื่อเรื่องขึ้นต้น

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

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

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

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

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

### รูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง/ บรรณานุกรม มีดังนี้

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

(ชื่อวารสารภาษาอังกฤษให้ใช้ชื่อย่อและใส่จุด พิมพ์ด้วยอักษรตัวตรง)

ภาษาไทย:

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

ภาษาอังกฤษ:

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

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

(หากใช้หนังสืออ้างอิงทั้งเล่มไม่ต้องระบุจำนวนหน้า)

ภาษาไทย:

จรัญ จันทลักษณ์ และ อนันต์ชัย เชื้ออนธรรม. 2535. สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพมหานคร. หน้า 30-35.

ภาษาอังกฤษ:

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

Phillips SJ and Whisnant JP. 1995. Hypertension and stroke. In: Laragh JH and Brenner BM. (eds.) Hypertension: pathophysiology, diagnosis, and management. 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:

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

ภาษาอังกฤษ:

Bengtsson S and Solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security in medical informatics. In: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE and Richhoff O. (eds.) Proceedings of the 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 พิทยานุกุล. 2543. วิธีสืบค้นวัสดุสารสนเทศ. <http://www.lib.buu.ac.th> [16 กันยายน 2558].

ผลิตภัณฑ์ได้วางแขนอันตราย. 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](http://www.mojones.com/MOTHER_JONES/MJ_95/viviano.html) [17 July 2015].

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

ตัวอย่าง:

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

#### 5. ทรัพย์สินทางปัญญา

ผู้จดสิทธิบัตร. ปีที่จดสิทธิบัตร. ชื่อสิ่งประดิษฐ์. ประเทศที่จดสิทธิบัตร หมายเลขของสิทธิบัตร.

ตัวอย่าง

พัชรี ตั้งตระกูล. 2556. โยเกิร์ตพร้อมดื่มจากข้าวกล้องงอก. เลขที่ 8776.

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

## การใช้รูปภาพจากบทความ

ผู้เขียนต้องตรวจสอบลิขสิทธิ์ก่อนการใช้งานทุกรูปภาพที่มีการอ้างอิง โดยตรวจสอบจากสัญญาอนุญาตครีเอทีฟคอมมอนส์ ดังนี้

- Attribution CC – BY ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มา



- Attribution CC – BY -SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตเดียวกัน



- Attribution CC – BY -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มา แต่ห้ามดัดแปลง



- Attribution CC- BY -NC ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ ห้ามใช้เพื่อการค้า



- Attribution CC- BY – NC – SA ให้เผยแพร่ ดัดแปลง โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามใช้เพื่อการค้าและต้องเผยแพร่งานดัดแปลงโดยใช้สัญญาอนุญาตชนิดเดียวกัน



- Attribution CC- BY – NC -ND ให้เผยแพร่ โดยต้องระบุที่มาแต่ห้ามดัดแปลงและห้ามใช้เพื่อการค้า



### หมายเหตุ:

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



JFRPD (online)