อาหารนวัตกรรมใหม่จากผลิตผลทางการเกษตร

วีรวิชญ์ ภัทรยิ่งสกุล

ฝ่ายโภชนาการและสุขภาพ
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อีเมล : werawich.p@ku.th
รับเมื่อ 4 ตุลาคม 2566 **แก้ไขเมื่อ** 27 มกราคม 2567 **ตอบรับเมื่อ** 18 มีนาคม 2567

จุดเด่น

- กฎหมายที่นำมาใช้ควบคุมอาหารใหม่
- การเพิ่มความเครียดให้ผลิตผลทางการเกษตรหลังเก็บเกี่ยวเพื่อสร้างอาหารใหม่
- ตัวอย่างเทคโนโลยีการผลิตที่เข้าข่ายว่าเป็นการผลิตอาหารใหม่

บทคัดย่อ

อาหารใหม่เป็นอาหารที่ถูกพัฒนาขึ้นให้มีคุณประโยชน์ในอาหาร เช่น โปรตีน วิตามิน หรือ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพให้มีปริมาณที่สูงกว่าการบริโภคอาหารแบบดั้งเดิม เนื่องจากวัตถุดิบที่มาจากผลิตผลทางการเกษตรหรือของเหลือทิ้งทางการเกษตรมีราคาที่ต่ำจึงมักถูกเลือกนำมาศึกษาเพื่อเพิ่มมูลค่าและใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารใหม่ โดยนำไปผ่านกระบวนการที่สามารถมีการกระตุ้นให้เกิดการสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ต้องการรวมไปถึงผ่านเทคโนโลยีการผลิตในรูปแบบใหม่เพื่อที่จะรักษาคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญและลดปริมาณโปรตีนที่ก่อให้เกิดการแพ้ในอาหารได้ แต่อย่างไรก็ตามหากวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารไม่เคยมีประวัติการบริโภคมาก่อน รวมไปถึงเทคโนโลยีที่นำมาใช้นั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในอาหารและส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหารใหม่ก่อนที่จะมีการนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาด

คำสำคัญ : อาหารใหม่ เทคโนโลยีการผลิตอาหารใหม่ คุณค่าทางโภชนาการ

Novel innovative food from agricultural products

Werawich Pattaratingsakul

Department of Nutrition and Health,
Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University
E-mail : werawich.p@ku.th
Received 4 October 2023; **Revised** 27 January 2024; **Accepted** 18 March 2024

Highlights

- Laws and regulations of novel food
- Abiotic stresses on nutraceutical enhancement
- Novel technologies for developing novel food

Abstract

Novel foods are food products that have been developed to have nutritional benefits, such as proteins, vitamins, or bioactive substances, in higher quantities than traditional foods. Due to their low cost, raw materials from agricultural products or by-products are often chosen for study, with the aim of increasing their value and using them as ingredients in novel foods. To stimulate desired bioactive substances, the novel foods undergo processes through new production technologies. In addition, these new technologies can preserve their nutritional values, increase the quantities of essential bioactive compounds, and reduce the amount of allergenic proteins. However, if the raw materials used as ingredients in foods have not been widely consumed before, and the technologies used have an impact on the structural changes and nutritional value in the food, it is necessary to assess the safety of novel foods before introducing products to the market.

Keywords : novel food, novel food production technologies, nutritional benefits

บทนำ

การบริโภคอาหารที่มีคุณประโยชน์จะส่งผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภค ทำให้อาหารเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ผู้ผลิตจึงเริ่มมีการศึกษาวิธีการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหรือเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์และเกิดเป็นอาหารใหม่ (novel food) ขึ้น ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้เสริมในผลิตภัณฑ์อาหารมักจะเป็นพืชเนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และในบางกรณีก็มีการนำวัตถุดิบบางชนิดที่ไม่เคยปรากฏหลักฐานว่ามีการใช้เป็นส่วนผสมในอาหารหรือมีการบริโภคอย่างแพร่หลายมาก่อน[1] เช่น การนำสารสกัดจากพืชบางชนิดมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ให้กับอาหาร[2-4] (Table 1) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในผลิตผลทางการเกษตรให้มีปริมาณสูงขึ้นโดยสร้างความเครียดให้กับพืชหลังการเก็บเกี่ยวให้มีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาโดยไม่ได้สร้างความเครียด เช่น สารกลูโคซิโนเลตจากบรอกโคลีและกรดคลอโรจีนิกจากแคร์รอตสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดเบาหวานชนิดที่ 2[5] รวมไปถึงการศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอาหารเพื่อที่จะรักษาคุณค่าสารอาหาร เพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ และลดปริมาณโปรตีนที่ก่อให้เกิดการแพ้ เป็นต้น[6] (Table 1)

แม้ว่าอาหารใหม่จะถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุดิบชนิดใหม่ที่ไม่เคยมีประวัติการบริโภคมาก่อนหรือการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้โดยเทคโนโลยีนั้นไปมีผลต่อโครงสร้างอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้ข้อมูลด้านพิษวิทยาและความปลอดภัยหลังการบริโภคยังขาดความชัดเจน ดังนั้นองค์กรที่ทำหน้าที่ดูแลด้านความปลอดภัยทางอาหารของแต่ละประเทศจึงมีการออกกฎหมายมาควบคุมให้ผู้ผลิตหรือผู้ที่จะนำเข้าแสดงหลักฐานความปลอดภัยสำหรับการบริโภคจากห้องปฏิบัติการที่ได้การรับรองก่อนที่จะวางจำหน่าย[1]

Table 1 Categories of novel food ingredients from plants

Category	Description	References
Pure chemicals	New food additives extracted from fruit and vegetable such as longan seed and peel extract, oak tree extract, and papaya seed powder	(2-4)
Food processing by novel technologies	New processing methods that have the potential to change nutrition composition of food or may introduce toxic substances into food such as high hydrostatic pressure, pulse electric field, and cold plasma	(7)

อาหารใหม่ (novel food)

อาหารใหม่ (novel food) มักจะพัฒนามาจากพืช เช่น ส่วนต่าง ๆ ของพืช (เมล็ด ราก ลำต้น ใบ หรือ ดอก) ผักหรือผลไม้ที่ไม่มีประวัติการบริโภคในประเทศมาก่อน สมุนไพรจากต่างประเทศที่ไม่มีประวัติการใช้ภายในประเทศมาก่อน และสารสกัดจากพืช โดยกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดหลักการพิจารณาอาหารใหม่ไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 376 พ.ศ. 2559 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่องอาหารใหม่ (novel Food) ไว้ว่า ข้อ 1 (1) เป็นวัตถุที่ใช้เป็นอาหารหรือส่วนประกอบของอาหารที่ปรากฏหลักฐานทางวิชาการว่ามีประวัติการบริโภคเป็นอาหารน้อยกว่า 15 ปี หรือ (2) วัตถุที่ใช้เป็นอาหารหรือส่วนประกอบของอาหารที่ได้จากกระบวนการผลิตที่มิใช่กระบวนการผลิตโดยทั่วไปของอาหารนั้น ๆ ที่ทำให้ส่วนประกอบโครงสร้างของอาหาร รูปแบบของอาหารนั้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของสิ่งมีชีวิต (metabolism) หรือระดับของสารไม่พึงประสงค์ (level of undesirable substances) หรือ ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีวัตถุ (1) และ (2) เป็นส่วนประกอบ ทั้งนี้ไม่รวมถึงวัตถุเจือปนอาหารและอาหารที่ได้จากเทคนิคการดัดแปลงพันธุกรรม ดังนั้นอาหารใหม่ที่สอดคล้องกับนิยามในข้างต้นและไม่อยู่ในบัญชีรายชื่อวัตถุดิบที่ห้ามนำมาผลิตเป็นอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 424 (ยกเว้นกระท่อมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 430) และรายการดังแสดงใน Table 2 จำเป็นที่จะต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยจากหน่วยงานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาให้การรับรอง เช่น สำนักงานคุณภาพและความปลอดภัยอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม และศูนย์ประเมินความเสี่ยงประเทศไทย มูลนิธิส่งเสริมโภชนาการในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องมีการศึกษานั้นจะต้องประกอบไปด้วยข้อมูลทางโภชนาการ ลักษณะทางชีวเคมีที่อธิบายถึงการดูดซึม การเปลี่ยนแปลงของสารทางชีวเคมี และการขับออกจากร่างกาย รวมไปถึงข้อมูลด้านพิษวิทยาที่ศึกษาในสัตว์ทดลองหรือมนุษย์ เมื่ออาหารใหม่ถูกตรวจสอบและประเมินความปลอดภัยแล้วว่าสามารถนำมาบริโภคเป็นอาหารได้จึงนำผลการประเมินมาเป็นส่วนหนึ่งในการยื่นขออนุญาตต่อสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเพื่อที่จะผลิตและนำเข้าต่อไป ขณะที่อาหารใหม่ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมจะต้องมีการประเมินความปลอดภัยโดยศูนย์พันธุวิศวกรรมแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 431 พ.ศ. 2565 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ยกเว้นอาหารที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมตามรายชื่อในบัญชีหมายเลข 1 ตามประกาศฉบับนี้ เนื่องจากได้มีการตรวจสอบและผ่านการประเมินความปลอดภัยทางชีวภาพด้านอาหารแล้ว

Table 2 Plant-based materials that belong to the category of novel foods according to the Thai FDA[8]

No	Ingredient compounds
1	β-glucan from button mushroom (*Agaricus bisporus*)
2	Phytoene and phytofluene from tomato (*Lycopersicum esculentum*)
3	Larch arbinogalactan from *Larix laricina* and *Larix occidentalis*
4	Fiber from giant bamboo (*Dendrocalamus asper*)
5	*Tetraselmis chuii* extract
6	Chinese jujube (*Ziziphus jujuba*) extract
7	Tropical fern's leaves (*Polypodium leucotomos*) extract
8	Duckweed (*Lemma minor*) extract
9	English oak (*Quercus robur*) extract
10	Longan (*Dimocarpus longan*) peel or seed extract
11	Tiger milk mushroom (*Lignosus rhinocerotis*) extract

ทั้งนี้ในแต่ละประเทศก็ได้มีการนำกฎหมายมาใช้ควบคุมอาหารใหม่เพื่อที่จะคุ้มครองผู้บริโภค เช่น ในสหภาพยุโรปมีมาตรการการกำกับการดูแลอาหารใหม่โดยใช้ข้อบังคับ EC 2015/2283: Concerning novel foods and novel ingredients โดยได้กำหนดนิยามอาหารใหม่ไว้ว่าเป็นอาหารที่มีกระบวนการผลิตที่ต่างจากปกติ ซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างหรือองค์ประกอบทำให้มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารและอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมีในร่างกายได้ หรือเป็นอาหารที่ไม่มีประวัติการบริโภคเป็นอาหารก่อนวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2540 (ค.ศ. 1997) ขณะที่หากเป็นอาหารจากนอกสหภาพยุโรปจะต้องมีประวัติการบริโภคทั่วไปไม่น้อยกว่า 25 ปี โดยอาหารใหม่จะต้องถูกนำไปประเมินความปลอดภัยจาก European Food Safety Authority (EFSA)[9] เช่น ผำหรือไข่น้ำที่เป็นอาหารพื้นบ้านของประเทศไทยโดยได้รับการยอมรับเป็นอาหารใหม่จากสหภาพยุโรปเมื่อปี พ.ศ. 2564 เป็นต้น[10] ในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ ได้มีการออกมาตรการในการกำกับดูแลอาหารใหม่เช่นเดียวกันภายใต้ Food standard code: Standard 1.5.1 Novel Foods ที่อาหารใหม่จะต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยจากคณะกรรมการ Advisory Committee on Novel Foods (ACNF) รวมถึงมีการกำหนดปริมาณที่อนุญาตให้ใช้และการแสดงคำแนะนำในการบริโภคด้วย[11] สำหรับประเทศแคนาดาได้มีการออกกฎหมายมาเป็นการเฉพาะเพื่อควบคุมอาหารใหม่ภายใต้ข้อบังคับ Food and Drug Regulations, namely Division 28 of Part B โดยอาหารใหม่ที่ถูกผลิตหรือนำเข้าสู่แคนาดาจะต้องถูกพิจารณาความปลอดภัยก่อนที่จะวางจำหน่ายภายในประเทศ[11] เช่นเดียวกับหลายประเทศในข้างต้น ประเทศจีนก็ได้มีข้อกำหนดให้อาหารใหม่ที่ไม่เคยมีประวัติการบริโภคในประเทศจีนมาก่อนรวมไปถึงสารสกัดจาก

พืช สัตว์ จุลินทรีย์ ที่ส่งผลมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของวัตถุดิบจำเป็นที่จะต้องยื่นขออนุญาตต่อ PRC National Health and Family Planning Commission (NHFPC) ก่อนที่จะมีการวางจำหน่าย และเมื่อได้รับอนุญาตแล้วจะต้องแสดงข้อแนะนำการใช้และข้อมูลรับรองความปลอดภัยให้ชัดเจนในผลิตภัณฑ์[12] ขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกาไม่มีกฎหมายเฉพาะสำหรับอาหาร แต่จะใช้หลักการควบคุมสารที่ให้ใช้ในอาหารตามข้อกำหนด CFR-Code of Federal Regulations Title 21 โดยกำหนดสารที่ไม่เข้ากลุ่ม GRAS (Generally Recognized as Safe) ไว้ว่า เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารที่ไม่มีประวัติการใช้เป็นอาหารก่อนปี พ.ศ. 2501 (ค.ศ. 1958) รวมถึงสารสกัดและอาหารใหม่ที่ไม่มีประวัติการบริโภคมาก่อน และก่อนวางจำหน่ายจะต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยสำหรับการบริโภคจาก USFDA[11]

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า หลายประเทศได้ให้ความสำคัญกับความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับอาหารใหม่ เนื่องจากข้อมูลด้านความปลอดภัยต่อการบริโภคยังไม่มีความชัดเจน ทำให้แต่ละประเทศได้กำหนดให้มีการตรวจสอบและรับรองความปลอดภัยก่อนที่จะปล่อยออกสู่ตลาด รวมถึงมีการติดตามข้อมูลความปลอดภัยหลังออกสู่ตลาด[12]

ผลของการเพิ่มความเครียด (abiotic stress) ในผลิตผลทางการเกษตรหลังเก็บเกี่ยว

ในปัจจุบันวัตถุดิบที่ถูกผลิตโดยมีพื้นฐานมาจากพืชกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น แม้ว่าพืชจะได้รับการยอมรับว่าอุดมไปด้วยโปรตีน วิตามิน และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านอนุมูลอิสระหรือจุลชีพ[13-15] แต่อย่างไรก็ตาม ราคาของผลิตผลทางการเกษตรกลับสวนทางกับคุณประโยชน์ที่อยู่ภายใน แม้ว่าการดัดแปลงพันธุกรรมจะช่วยเพิ่มสารสำคัญในพืชได้แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีข้อจำกัดและการยอมรับของผู้บริโภค[16] ดังนั้นจึงมีการศึกษาหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการเพิ่มสารอาหารในผลิตผลทางการเกษตรให้สูงขึ้น และยังสามารถเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบดังกล่าวได้อีกด้วย

การสร้างความเครียด (abiotic stress) ให้กับผลิตผลทางการเกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นวิธีการหนึ่งที่มักจะถูกนำมาประยุกต์ใช้โดยการสร้างบาดแผล (wounding stress)[17-18] หรือการบ่มด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต (UV stress)[19-20] จะมีผลทำให้ผนังเซลล์ของพืชได้รับความเสียหายและเกิดภาวะเครียดออกซิเดชัน (oxidative stress) ขึ้นได้ โดยเซลล์ที่ได้รับความเสียหายจะมีการส่งสัญญาณ extracellular ATP (eATP) ไปยังเซลล์ข้างเคียง ทำให้เกิดการส่งสัญญาณ NOX-ROS-PAL และเกิดการสังเคราะห์สารในกลุ่มฟีนอลิก (phenolics) รวมไปถึงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของพืชจนเกิดเป็นสีน้ำตาลขึ้นได้[21-22] (Figure 1)

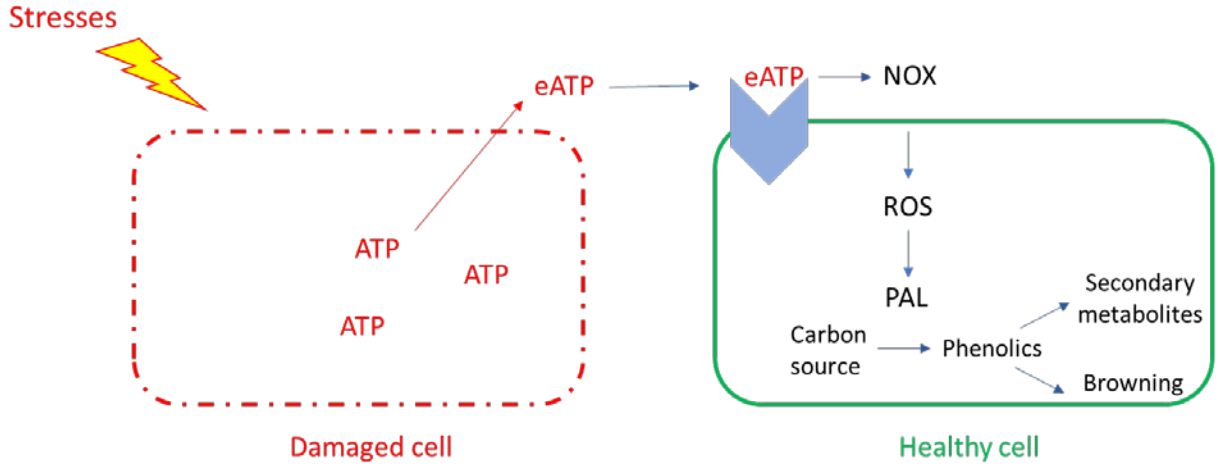

Figure 1 Oxidative stress response after exposure to abiotic stress. The 'NOX–ROS–PAL' axis is induced by eATP from injured cell and modulates the biosynthesis of phenolics and further secondary metabolites in plant tissues. ATP, adenosine triphosphate eATP, extracellular ATP NOX, nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NAPDH) oxidase enzyme ROS, reactive oxygen species, PAL, phenylalanine ammonia

Adapted from Cisneros-Zevellos et al.[5]

กรณีศึกษาของการเพิ่มสารออกฤทธิ์ที่สำคัญโดยเพิ่มความเครียด

การสร้างความเครียดถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระให้สูงขึ้นกับบรอกโคลีและแคร์รอตโดยการหั่นเพื่อสร้างแผลพบว่า เมื่อทำการหั่นบรอกโคลีและทำการบ่มด้วยเอทิลีน 1,000 ppm ควบคู่ไปกับเมทิลจัสโมเนต 250 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะสามารถเพิ่มปริมาณสารในกลุ่มกลูโคซิโนเลต (glucosinolates) เช่น กลูโคราฟานิน (glucoraphanin) และ 4-ไฮดรอกซีกลูโคบราสซิซิน (4-hydroxyglucobrassicin) ให้สูงขึ้นประมาณร้อยละ 52 และร้อยละ 223 ตามลำดับ[23] ทั้งนี้จากการศึกษาเบื้องต้นในกลุ่มตัวอย่างที่มีรับประทานสารสกัดกลูโคราฟานินจากบรอกโคลีพบว่าสามารถช่วยให้กลุ่มตัวอย่างนอนหลับได้ดีขึ้น เนื่องจากพบปริมาณฮอร์โมนเมลาโทนิน (melatonin) และโพสทาแกลนดิน ดี2 (prostaglandin D2) จากน้ำลายสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม[24] เช่นเดียวกันเมื่อทำการหั่นแคร์รอตออกเป็นชิ้นและบ่มไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะเป็นการสร้างบาดแผลส่งผลให้เกิดความเครียดและเกิดการสะสมของสารฟีนอลิก[25- 26] ก่อนที่จะนำไปลวกและบดเป็นผง โดยพบว่า มีสารฟีนอลิกเพิ่มขึ้นร้อยละ 195 และกรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) เพิ่มขึ้นร้อยละ 3,600[27] จากคุณประโยชน์ดังกล่าวสามารถจะนำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบในอาหารนวัตกรรมใหม่ได้ เช่น ผงน้ำผลไม้ ซุปข้น (puree) ส่วนผสมในแป้ง หรือผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์เพื่อเพิ่มสารอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้จากการศึกษาทางคลินิกพบว่า กรดคลอโรจีนิกมีคุณสมบัติช่วยป้องกันโรคอ้วน การเกิดเบาหวาน

ชนิดที่ 2 และความเสี่ยงในการเกิดความดันโลหิตสูงได้[28-29]

เทคโนโลยีการผลิตที่เข้าข่ายว่าเป็นการผลิตอาหารนวัตกรรมใหม่

กระบวนการผลิตอาหารโดยทั่วไปเป็นกระบวนการที่มีการใช้มาอย่างยาวนาน เช่น การทำลายจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อน หรือการสกัดน้ำมันโดยใช้การบีบอัดหรือสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ (Table 3) เพื่อที่จะรักษาคุณค่าทางโภชนาการ เพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญและลดปริมาณโปรตีนที่ก่อให้เกิดการแพ้ของสารที่ต้องการเพื่อใช้ทดแทนเทคโนโลยีแบบดั้งเดิม[30-31] แต่อย่างไรก็ตาม หากเทคโนโลยีใหม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบ โครงสร้างของอาหาร หรือคุณค่าทางโภชนาการของอาหารก็จำเป็นที่จะต้องได้รับการประเมินความปลอดภัยก่อนที่จะนำไปใช้ในการผลิตอาหาร ในบทความนี้จะยกตัวอย่างเทคโนโลยีที่เข้าข่ายและจำเป็นที่จะต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยจากสำนักคณะกรรมการอาหารและยาตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 376 ก่อนที่จะนำไปใช้ในการผลิตเป็นส่วนประกอบอาหารเพื่อจำหน่าย

เทคโนโลยีการแปรรูปด้วยความดันสูง (high hydrostatic pressure; HHP)

HHP เป็นกระบวนการหนึ่งที่ใช้ยืดอายุการเก็บรักษาอาหารและรักษาคุณค่าทางโภชนาการในผักหรือผลไม้โดยไม่ผ่านความร้อน[32] ซึ่งมักจะมีการใช้ความดันที่ 100-600 MPa โดยภายใต้สภาวะความดันสูงจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในอาหารได้[33-34] จากการศึกษาพบว่า โปรตีนบางชนิดจะมีการเสียสภาพส่งผลให้คุณสมบัติของโปรตีนเปลี่ยนไปขึ้นกับชนิดของโปรตีน เช่น เพิ่มระดับการย่อยได้ (degree of hydrolysis) ทำให้โปรตีนเกิดการแตกตัว รวมไปถึงเพิ่มความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระ[35-37]

pulsed electric field (PEF)

PEF เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารโดยไม่ใช้ความร้อน โดยจะมีการปล่อยสนามแม่เหล็กเป็นช่วงสั้น ๆ และใช้ความต่างศักย์ที่สูงได้มากถึง 50 kV ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องกำเนิดสนามไฟฟ้าพัลส์แรงสูง ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ กลิ่น รวมไปถึงโครงสร้างของโปรตีนที่มีการเปลี่ยนแปลงไปทำให้มีประสิทธิภาพการย่อยได้และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่สูงขึ้น[38-39]

พลาสมาเย็น (cold plasma)

พลาสมาเป็นสถานะหนึ่งของสสารในทางฟิสิกส์โดยเป็นการใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนแก๊สให้เป็นไอออน โดยไอออนที่เกิดขึ้นจะไปทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียส่งผลให้สารภายในเซลล์เกิดการรั่วไหลออกมารวมไปถึงทำลายสารพันธุกรรมทำให้สามารถทำลายแบคทีเรียบางชนิดที่ปนเปื้อนโดยไม่ใช้ความร้อนได้[40-42] อีกทั้งพลาสมาเย็นยังสามารถยับยั้งปฏิกริยาที่เกิดจากเอนไซม์

บางชนิด เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase) เพกตินเมทิล เอสเทอเรส (pectin methyl esterase) และเพอร์ออกซิเดส (peroxidase) ในผลิตผลทางการเกษตรหลังเก็บเกี่ยวได้ เนื่องจากมีการเสียสภาพของเอนไซม์จากไอออนที่อยู่ในพลาสมา[43-44] นอกจากนี้ยังพบว่า พลาสมาเย็นสามารถลดโปรตีนที่ทำให้เกิดการแพ้ในถั่วเหลืองได้มากถึงร้อยละ 89 เนื่องจากไอออนของพลาสมาส่งผลให้โปรตีนเสียสภาพได้[45]

ด้วยเหตุที่เทคโนโลยีดังกล่าวยังถูกจัดเป็นเทคโนโลยีใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหรือรูปแบบของอาหารไปอย่างมีนัยสำคัญซึ่งส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องผ่านการประเมินความปลอดภัยสำหรับการบริโภคก่อนที่จะนำไปผลิตและจำหน่ายสู่ผู้บริโภค

Table 3 Changes in nutritional value of the example of certain agricultural products using novel non-thermal technology

Technology	Product	Treatment condition	Effects	References
High hydrostatic pressure	Pineapple	PL: 300 mPa time: 20 min temp: 25°C storage: 8 days	Prior treatment total polyphenol: 53.9 mg/g vitamin C: 22.85 mg/g after treatment total polyphenol: 60.24 mg/g vitamin C: 30.78 mg/g	(46)
High hydrostatic pressure	Mango	PL: 80 mPa time: 10 min temp: 20°C storage: 10 days	Prior treatment vitamin C: 72.91 mg/g total carotenoid: 38.67 mg/kg total phenolic: 0.58 mg/g after treatment vitamin C: 99.91 mg/g total carotenoid: 48.14 mg/kg total phenolic: 0.57 mg/g	(47)
Pulsed electric fields	Fresh-cut apple	FS: 1.85 kV/cm EG: 1.8 cm Freq: 0.5 Hz PW: 10 μs	Prior treatment total phenolic content: 426.69 mg/100g after treatment total phenolic content: 792.68 mg/100g	(48)
Pulsed electric fields	Tomato	FS: 2 kV/cm EG: 10 cm Freq: 0.1 Hz PW: 4 μs	The lycopene content and carotenoids content increased significantly by 53% and 30%, respectively when tomatoes were treated	(49)

Table 3 (continued)

Technology	Product	Treatment condition	Effects	References
Cold plasma	Strawberry	V: 60 kV T: 15 min Freq: 50 Hz Equipment: In - package DBD plasma	After treated with cold plasma and seal storage for 5 days, the chlorogenic acid and rutin was increased to 81.3% and 41.6%, respectively	(50)
Cold plasma	Apple cube	V: 20 kV T: 15 min Freq: 600 Hz Equipment: In - package DBD plasma	After treated with cold plasma, the total phenolic content of apple cube was enhanced from 538.3 mg/g to 720 mg/g. In addition, plasma treatment partially inactivated polyphenol oxidase which is an antioxidant enzyme	(51)

Abbreviations : PL: Pressure Level; T: treatment time; Freq: Frequency; Temp: temperature; FS: Field Strength PW: Pulse Width; EG: Electrode gap; V: Voltage; DBD: dielectric barrier discharge plasma reactor

บทสรุป

แม้ว่าอาหารนวัตกรรมใหม่จะมีคุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารสำคัญที่เทียบเท่าหรือสูงกว่าอาหารที่ใช้ในการบริโภคทั่วไป รวมไปถึงเทคโนโลยีการผลิตใหม่ที่นำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในอาหาร แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นที่ได้มาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นหากจะนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์จำเป็นต้องศึกษาความปลอดภัยสำหรับการบริโภคเพื่อนำไปสู่อาหารนวัตกรรมใหม่ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพตามมาตรฐานที่กฎหมายได้กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

1. Hendrich S. Novel Foods. In: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F, editors. Encyclopedia of food and health. Oxford: Academic Press; 2016. p. 79-83.
2. Morales D. Oak trees (*Quercus* spp.) as a source of extracts with biological activities: A narrative review. Trends Food Sci Technol. 2021;109:116-25.
3. Rakariyatham K, Zhou D, Rakariyatham N, Shahidi F. Sapindaceae (*Dimocarpus longan* and *Nephelium lappaceum*) seed and peel by-products: Potential sources for phenolic compounds and use as functional ingredients in food and health applications. J Funct Foods. 2020;67:103846.
4. Abdel-Hameed SM, Abd Allah NAR, Hamed MM, Soltan OIA. Papaya fruit by-products as novel food ingredients in cupcakes. Ann Agric Sci. 2023;68(1):60-74.

5. Cisneros-Zevallos L, Maghoumi M, Lopez-Torres M, Beltran-Maldonado B. Transforming stressed plants into healthy foods. Curr Opin Biotechnol. 2023;83:102980.
6. Hewage A, Olatunde OO, Nimalaratne C, Malalgoda M, Aluko RE, Bandara N. Novel extraction technologies for developing plant protein ingredients with improved functionality. Trends Food Sci Technol. 2022;129:492-511.
7. Habinshuti I, Nsengumuremyi D, Muhoza B, Ebenezer F, Yinka Aregbe A, Antoine Ndisanze M. Recent and novel processing technologies coupled with enzymatic hydrolysis to enhance the production of antioxidant peptides from food proteins: A review. Food Chem. 2023;423:136313.
8. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. รายชื่อวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่เข้าข่ายเป็นอาหารใหม่ [เข้าถึงเมื่อ 30 กันยายน 2566]. เข้าถึงได้จาก: https://old.fda.moph.go.th/sites/food/FileNews/FAQ/65_List_of_materials.pdf
9. Crevel R. Novel Foods and Ingredients: Laws and Regulations Europe. In: Ferranti P, editor. Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach. Oxford: Elsevier; 2023. p. 65-74.
10. EFSA Panel on Nutrition NFFA, Turck D, Bohn T, Castenmiller J, De Henauw S, Hirsch-Ernst KI, et al. Safety of *Wolffia globosa* powder as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA J. 2021;19(12):e06938.
11. Brooke-Taylor S, Grinter K. Novel Food and Ingredients: Laws and Regulations Australia and New Zealand. In: Ferranti P, editor. Sustainable Food Science - A Comprehensive Approach. Oxford: Elsevier; 2023. p. 75-85.
12. de Boer A. Food safety requirements for novel foods. Reference Module in Food Science: Elsevier; 2023.
13. Habinshuti I, Chen X, Yu J, Mukeshimana O, Duhoranimana E, Karangwa E, Muhosa B., Zhang M., Xia S., Zhang X. Antimicrobial, antioxidant and sensory properties of Maillard reaction products (MRPs) derived from sunflower, soybean and corn meal hydrolysates. LWT. 2019;101:694-702.
14. Park S, Valan Arasu M, Lee M-K, Chun J-H, Seo JM, Lee S-W, et al. Quantification of glucosinolates, anthocyanins, free amino acids, and vitamin C in inbred lines of cabbage (*Brassica oleracea* L.). Food Chem. 2014;145:77-85.
15. Drabińska N, Ciska E, Szmatowicz B, Krupa-Kozak U. Broccoli by-products improve the nutraceutical potential of gluten-free mini sponge cakes. Food Chem. 2018;267:170-7.
16. Wunderlich S, Gatto KA. Consumer Perception of Genetically Modified Organisms and Sources of Information. Adv Nutr. 2015;6(6):842-51.
17. Jacobo-Velázquez DA, Martínez-Hernández GB, del C. Rodríguez S, Cao CM., Cisneros-Zevallos L. Plants as Biofactories: Physiological Role of Reactive Oxygen Species on the Accumulation of Phenolic Antioxidants in Carrot Tissue under Wounding and Hyperoxia Stress. J Agric Food Chem. 2011;59(12):6583-93.
18. Jacobo-Velázquez DA, González-Agüero M, Cisneros-Zevallos L. Cross-talk between signaling pathways: The link between plant secondary metabolite production and wounding stress response. Scientific Reports. 2015;5(1):8608.
19. Surjadinata BB, Jacobo-Velázquez DA, Cisneros-Zevallos L. Physiological role of reactive oxygen species, ethylene, and jasmonic acid on UV light induced phenolic biosynthesis in wounded carrot tissue. Postharvest Biol Technol. 2021;172:111388.
20. Rabelo MC, Bang WY, Nair V, Alves RE, Jacobo-Velázquez DA, Sreedharan S, et al. UVC light modulates vitamin C and phenolic biosynthesis in acerola fruit: role of increased mitochondria activity and ROS production. Scientific Reports. 2020;10(1):21972.
21. Cisneros-Zevallos L. The power of plants: how fruit and vegetables work as source of nutraceuticals and supplements. Int J Food Sci Nutr. 2021;72(5):660-4.

22. Denoya GI, Colletti AC, Vaudagna SR, Polenta GA. Application of non-thermal technologies as a stress factor to increase the content of health-promoting compounds of minimally processed fruits and vegetables. Cur Opin Food Sci. 2021;42:224-36.
23. Villarreal-García D, Nair V, Cisneros-Zevallos L, Jacobo-Velázquez DA. Plants as biofactories: postharvest stress-induced accumulation of phenolic compounds and glucosinolates in broccoli subjected to wounding stress and exogenous phytohormones. Front Plant Sci. 2016;7:45
24. Kikuchi M, Aoki Y, Kishimoto N, Masuda Y, Suzuki N, Takashimizu S, et al. Effects of glucoraphanin-rich broccoli sprout extracts on sleep quality in healthy adults: An exploratory study. J Funct Foods. 2021;84:104574.
25. Reyes LF, Cisneros-Zevallos L. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). J Agric Food Chem. 2003;51(18):5296-300.
26. Fernando Reyes L, Emilio Villarreal J, Cisneros-Zevallos L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. Food Chem. 2007;101(3):1254-62.
27. Jacobo-Velázquez DA. Transformation of carrots into novel food ingredients and innovative healthy foods. Appl Food Res. 2023;3(1):100303.
28. Santana-Gálvez J, Cisneros-Zevallos L, Jacobo-Velázquez DA. Chlorogenic Acid: Recent Advances on Its Dual Role as a Food Additive and a Nutraceutical against Metabolic Syndrome. Molecules [Internet]. 2017; 22(3).
29. Rodríguez-Cantú LN, Gutiérrez-Uribe JA, Arriola-Vucovich J, Díaz-De La Garza RI, Fahey JW, Serna-Saldivar SO. Broccoli (Brassica oleracea var. italica) Sprouts and Extracts Rich in Glucosinolates and Isothiocyanates Affect Cholesterol Metabolism and Genes Involved in Lipid Homeostasis in Hamsters. J Agric Food Chem. 2011;59(4):1095-103.
30. Chemat F, Abert Vian M, Ravi HK, Khadhraoui B, Hilali S, Perino S, et al. Review of Alternative Solvents for Green Extraction of Food and Natural Products: Panorama, Principles, Applications and Prospects. Molecules. 2019; 24(16).
31. Pojić M, Mišan A, Tiwari B. Eco-innovative technologies for extraction of proteins for human consumption from renewable protein sources of plant origin. Trends Food Sci Technol. 2018;75:93-104.
32. Pitino MA, Unger S, Doyen A, Pouliot Y, Aufreiter S, Stone D, et al. High hydrostatic pressure processing better preserves the nutrient and bioactive compound composition of human donor milk. The Journal of Nutrition. 2019;149(3):497-504.
33. López-Fandiño R. Functional Improvement of Milk Whey Proteins Induced by High Hydrostatic Pressure. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2006;46(4):351-63.
34. Piccolomini A, Iskandar M, Lands L, Kubow S. High hydrostatic pressure pre-treatment of whey proteins enhances whey protein hydrolysate inhibition of oxidative stress and IL-8 secretion in intestinal epithelial cells. Food Nutr Res. 2012;56(1):17549.
35. Akaberi S, Gusbeth C, Silve A, Senthilnathan DS, Navarro-López E, Molina-Grima E, et al. Effect of pulsed electric field treatment on enzymatic hydrolysis of proteins of Scenedesmus almeriensis. Algal Res. 2019;43:101656.
36. Zhou K, Sun S, Canning C. Production and functional characterisation of antioxidative hydrolysates from corn protein via enzymatic hydrolysis and ultrafiltration. Food Chem. 2012;135(3):1192-7.
37. Zhang T, Jiang B, Miao M, Mu W, Li Y. Combined effects of high-pressure and enzymatic treatments on the hydrolysis of chickpea protein isolates and antioxidant activity of the hydrolysates. Food Chem. 2012;135(3):904-12.
38. Bhat ZF, Morton JD, Mason SL, Bekhit AE-DA, Mungure TE. Pulsed electric field: Effect on in-vitro simulated gastrointestinal protein digestion of deer Longissimus dorsi. Food Res Int. 2019;120:793-9.
39. Gómez B, Munekata PES, Gavahian M, Barba FJ, Martí-Quijal FJ, Bolumar T, Campagnol P, Tomasevic I., Lorenzo J. Application of pulsed electric fields in meat and fish processing industries: An overview. Food Res Int. 2019;123:95-105.

40. Prasad P, Mehta D, Bansal V, Sangwan RS. Effect of atmospheric cold plasma (ACP) with its extended storage on the inactivation of Escherichia coli inoculated on tomato. Food Res Int. 2017;102:402-8.
41. Hosseini SM, Rostami S, Hosseinzadeh Samani B, Lorigooini Z. The effect of atmospheric pressure cold plasma on the inactivation of Escherichia coli in sour cherry juice and its qualitative properties. Food Sci Nutr. 2020;8(2):870-83.
42. Lee KH, Kim H-J, Woo KS, Jo C, Kim J-K, Kim SH, et al. Evaluation of cold plasma treatments for improved microbial and physicochemical qualities of brown rice. LWT. 2016;73:442-7.
43. Surowsky B, Fischer A, Schlueter O, Knorr D. Cold plasma effects on enzyme activity in a model food system. Innov Food Sci Emerg Technol. 2013;19:146-52.
44. Chutia H, Kalita D, Mahanta CL, Ojah N, Choudhury AJ. Kinetics of inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase in tender coconut water by dielectric barrier discharge plasma. LWT. 2019;101:625-9.
45. Meinlschmidt P, Ueberham E, Lehmann J, Reineke K, Schlüter O, Schweiggert-Weisz U, et al. The effects of pulsed ultraviolet light, cold atmospheric pressure plasma, and gamma-irradiation on the immunoreactivity of soy protein isolate. Innov Food Sci Emerg Technol. 2016;38:374-83.
46. Kundukulangara Pulissery S, Kallahalli Boregowda S, Suseela S, Jaganath B. A comparative study on the textural and nutritional profile of high pressure and minimally processed pineapple. J Food Sci Technol. 2021;58(10):3734-42.
47. Hu K, Peng D, Wang L, Liu H, Xie B, Sun Z. Effect of mild high hydrostatic pressure treatments on physiological and physicochemical characteristics and carotenoid biosynthesis in postharvest mango. Postharvest Biol Technol. 2021;172:111381.
48. Wiktor A, Sledz M, Nowacka M, Rybak K, Chudoba T, Lojkowski W, et al. The impact of pulsed electric field treatment on selected bioactive compound content and color of plant tissue. Innov Food Sci Emerg Technol. 2015;30:69-78.
49. González-Casado S, Martín-Belloso O, Elez-Martínez P, Soliva-Fortuny R. Enhancing the carotenoid content of tomato fruit with pulsed electric field treatments: Effects on respiratory activity and quality attributes. Postharvest Biol Technol. 2018;137:113-8.
50. Rana S, Mehta D, Bansal V, Shivhare US, Yadav SK. Atmospheric cold plasma (ACP) treatment improved in-package shelf-life of strawberry fruit. J Food Sci Technol. 2020;57(1):102-12.
51. Farias TRB, Rodrigues S, Fernandes FAN. Effect of dielectric barrier discharge plasma excitation frequency on the enzymatic activity, antioxidant capacity and phenolic content of apple cubes and apple juice. Food Res Int. 2020;136:109617.