

แนวโน้มของอาหารฟังก์ชันในศตวรรษที่ 21 Perspective on Functional food in the 21st Century

ไยแพร ชาตรี^{1*} และสายไหม ชาตรี²

Yaiprae Chatree^{1*} and Saimai Chatree²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

²วิทยาลัยแพทยศาสตร์ศรีสวางควัฒน ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author) E-mail: yaiprae@vru.ac.th

Received: October 18, 2023

Revised: December 6, 2023

Accepted: December 25, 2023

บทคัดย่อ

อาหารฟังก์ชัน คือ อาหารหรือสารอาหารที่อุดมไปด้วยสารสำคัญหรือวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ มีบทบาทหลักต่อสุขภาพในด้านการทำงานด้านต่าง ๆ ของร่างกาย สามารถแบ่งประเภทอาหารฟังก์ชันตามคุณสมบัติทางสรีรวิทยาได้ดังนี้ อาหารฟังก์ชันที่ส่งเสริมการทำงานของระบบการย่อยและการดูดซึมอาหาร ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบประสาทและการเรียนรู้ การชะลอวัย การต้านอนุมูลอิสระและการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ปัจจุบันอาหารฟังก์ชันที่มีวางจำหน่ายได้แก่ ผลิตภัณฑ์โปรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ ซินไบโอติกส์ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเสริมใยอาหาร ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นธัญพืช อาหารและเครื่องดื่มที่เสริมสารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินรวมและแร่ธาตุประเภทซีลีเนียมและแมงกานีส เครื่องดื่มที่เสริมสารสกัดจากผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ ผลิตภัณฑ์นมและโยเกิร์ตพร้อมดื่มที่เสริมโปรไบโอติกส์และสเตอรอลจากพืช เป็นต้น ประเทศไทยในปัจจุบันมีอาหารฟังก์ชันวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปและมีแนวโน้มด้านการตลาดที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต อย่างไรก็ตามส่วนแบ่งการตลาดยังคงเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องทั่วโลกทั้งในเอเชีย อเมริกาและยุโรป นอกจากนี้ยังได้รับความนิยมจากผู้บริโภคผู้รักสุขภาพแล้ว การบริโภคอาหารฟังก์ชันเหล่านี้เป็นประจำยังช่วยลดอัตราการป่วยที่ต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลอีกด้วย จึงกล่าวได้ว่าอาหารฟังก์ชันเป็นอาหารแห่งศตวรรษที่ 21

คำสำคัญ: อาหารฟังก์ชัน สารสำคัญ วิตามินและแร่ธาตุ

Abstract

Functional foods are defined as foods or nutrients contained in foods that are rich in active compounds or active vitamins and minerals. Active ingredients, or active functions of vitamins and minerals in functional foods, provide health benefits in order to promote human body systems. Functional foods can be classified according to their physiological effects, i.e., functional foods promote the digestive and absorption system, immune system, cardiovascular system, cognition and neurological system, anti-aging, antioxidants, and cancer prevention. Nowadays, many functional food products are available for sale in the market, such as probiotics, prebiotics, synbiotics, fiber-fortified beverage products, cereal products, drinks that are fortified with antioxidants or multivitamins and minerals, particularly selenium and manganese, drinks fortified with berry extracts, milk products, and ready-to-drink yogurt that is fortified with probiotics and plant sterols, etc. In Thailand, there are functional foods available on the general market, and the market trend

will continue to increase. However, market share continues to grow around the world, including in Asia, America, and Europe. Functional foods are also popular among health-conscious consumers. Moreover, regular consumption of these functional foods also reduces the rate of illnesses requiring hospital admission. Therefore, it can be stated that functional food is the food of the 21st century.

Keywords: Functional food, Active compounds, Vitamins and minerals

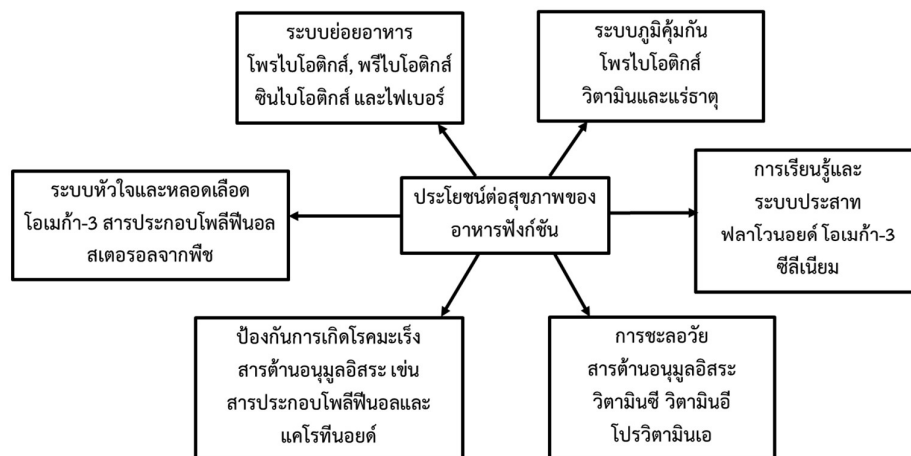
บทนำ

อาหารฟังก์ชัน (Functional Food) หมายถึง อาหารหรือส่วนประกอบของอาหารที่ให้ประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยที่ส่วนประกอบสำคัญเหล่านั้นไม่ได้ให้เพียงคุณค่าพื้นฐานทางโภชนาการแต่ยังส่งเสริมการทำงานของระบบต่างๆของร่างกาย (Committee on Opportunities in the Nutrition and Food Sciences and Nutrition Board, 1994) แนวคิดเริ่มแรกของอาหารฟังก์ชันเริ่มขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1980 ที่ประเทศญี่ปุ่น โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการลดค่าใช้จ่ายในขั้นตอนของการรักษาอาการป่วย โดยคิดค้นการใช้อาหารเพื่อสุขภาพในการส่งเสริมสุขภาพของประชาชนขึ้นมา โดยอาหารนั้นมีส่วนประกอบที่มีประโยชน์ต่อการทำงานของร่างกาย ลดความเสี่ยงในการเกิดการเจ็บป่วย ส่วนประกอบจากอาหารที่ส่งเสริมการทำงานของระบบต่างๆในร่างกายได้นั้นจึงถูกตั้งชื่อว่า อาหารฟังก์ชัน (Ashwell, 2004) ถึงแม้ว่าการรับประทานอาหารครบมาตรฐาน (Balanced diet) ตามความต้องการพลังงานและสารอาหารที่ร่างกายต้องการในแต่ละวัน จะส่งผลดีต่อพัฒนาการและการเจริญเติบโตของวัยเด็กและการดำรงไว้ซึ่งการทำงานของร่างกายที่ดีในวัยผู้ใหญ่ เมื่อโลกเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 คำนิยมของคำว่าสุขภาพ มิใช่เพียงการไม่มีโรค แต่หมายถึง การมีสุขภาพที่ดีทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ รวมถึงสุขภาพทางสังคม (Sartorius, 2006) ดังนั้น ความท้าทายด้านการพัฒนาอาหารฟังก์ชันและบทบาทของโภชนาการและการกำหนดอาหาร และวิทยาศาสตร์อาหาร จึงเป็นส่วนหนึ่งในการขับเคลื่อนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการส่งเสริมสุขภาพของมนุษย์ เพราะสารสำคัญในอาหารหรือส่วนประกอบสำคัญในอาหารมีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพภาพชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันอาหารฟังก์ชัน ที่มีวางจำหน่ายในท้องตลาดและให้ประโยชน์ต่อร่างกาย ทั้งในด้านการทำงานของระบบย่อยอาหาร ระบบหัวใจและหลอดเลือด ควบคุมการทำงานของระบบเมตาบอลิซึม สารต้านอนุมูลอิสระและการชะลอวัย การเรียนรู้และอารมณ์ สมรรถนะทางกาย ได้แก่ ซีเรียล โยเกิร์ต พรูโบโอติกส์ เครื่องดื่มเสริมวิตามินและเกลือแร่ เครื่องดื่มเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเพื่อความงามและสุขภาพ เยลลี่ส่งเสริมการนอนหลับ เป็นต้น สารสำคัญที่เป็นส่วนประกอบของอาหารฟังก์ชันเหล่านี้ เช่น โยอาหารที่ละลายน้ำได้และพรูโบโอติกส์ มีบทบาทสำคัญด้านการส่งเสริมการทำงานของระบบย่อยอาหารตลอดจนระบบภูมิคุ้มกัน ส่วนสารสำคัญที่เป็นวิตามินและแร่ธาตุรวมถึงสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในอาหารฟังก์ชันเหล่านี้มีอิทธิพลสำคัญด้านการส่งเสริมการทำงานของระบบต่างๆของร่างกายมนุษย์ รวมถึงการส่งเสริมการเรียนรู้และการป้องกันโรคมะเร็งและทิศทางการตลาดด้านอาหารเพื่อสุขภาพและอาหารฟังก์ชัน ยังคงเติบโตสูงขึ้นในยุคปัจจุบัน และยังมีการส่งเสริมจากภาครัฐและเอกชนให้มีการวิจัยด้านอาหารฟังก์ชัน ตั้งแต่ระดับห้องปฏิบัติการสู่การวิจัยขั้นคลินิกสู่การจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

ศักยภาพของอาหารฟังก์ชันด้านการส่งเสริมสุขภาพ

การบริโภคอาหารฟังก์ชัน มีผลต่อการตอบสนองการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกาย กลไกทางสรีรวิทยา และการส่งเสริมสุขภาพ เช่น ด้านการส่งเสริมการทำงานของระบบย่อยอาหาร ระบบภูมิคุ้มกัน ส่งเสริมการเรียนรู้และการทำงานของระบบประสาท การป้องกันการเกิดมะเร็ง ระบบหัวใจและหลอดเลือด และการชะลอวัย (ภาพที่ 1) ดังนั้นสามารถแบ่งประเภทของอาหารฟังก์ชันตามประโยชน์ของสารสำคัญในอาหารเหล่านั้นที่มีบทบาทในการส่งเสริมการทำงานตามกลไกทาง สรีรวิทยาของร่างกายมนุษย์ ได้แก่ โพรไบโอติกส์ พรีไบโอติกส์ และซินไบโอติกส์ เป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหารฟังก์ชันส่งเสริมการทำงานของระบบย่อยอาหารและระบบภูมิคุ้มกัน ในส่วนของวิตามินและแร่ธาตุ ทั้งที่เป็นแร่ธาตุหลักและจุลธาตุ (Trace

Elements) เหล่านี้ต่างให้ประโยชน์ด้านระบบการทำงานของระบบประสาท การเรียนรู้ และด้านการชะลอวัย สารสำคัญที่ให้ประโยชน์ด้านการชะลอวัยที่เป็นที่ยอมรับในวงการวิชาการอย่างแพร่หลาย ได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามินซีและวิตามินอี สารสำคัญเหล่านี้ยังให้ประโยชน์ในด้านการป้องกันโรคมะเร็งในแง่ของการลดการอักเสบและต้านอนุมูลอิสระได้ ตลอดจนสารสำคัญจากพืชชนิดไฟโตสเตอรอลสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้



ภาพที่ 1 ประโยชน์ของอาหารฟังกซ์ต่อสุขภาพและการทำงานของระบบต่างๆในร่างกาย
ดัดแปลงมาจาก (Aguiar, Geraldi, Betim Cazarin, & Maróstica Junior, 2019)

ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารฟังกซ์และระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่าย

ระบบย่อยอาหารถือเป็นระบบที่ใหญ่ที่สุดในร่างกาย นอกจากหน้าที่หลักในการย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหารแล้ว อวัยวะในระบบย่อยอาหารและลำไส้ยังทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันการติดเชื้อจากเชื้อก่อโรคในทางเดินอาหารอีกด้วย (Gatt, Reddy, & Macfie, 2007) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการจัดจำหน่ายอาหารเพื่อสุขภาพที่ส่งเสริมระบบการทำงานของระบบย่อยอาหาร หรืออาหารฟังกซ์ที่มีส่วนประกอบหลัก คือ โยอาหารทั้งชนิดที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ และยังมีการค้นพบว่าจุลินทรีย์ประจำถิ่นและผลพลอยได้จากกระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อประจำถิ่น มีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยและดูดซึมอาหาร มากไปกว่านั้นยังส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ (Sawicki et al., 2017) ดังนั้นอาหารฟังกซ์ที่มีส่วนประกอบของ โปรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ จึงถูกจัดอยู่ในกลุ่มอาหารฟังกซ์ที่ให้ประโยชน์ด้านการทำงานของระบบย่อยอาหาร (Gastrointestinal System) จุลินทรีย์ที่มีชีวิตหรือเชื้อประจำถิ่นบริเวณทางเดินอาหารหรือโปรไบโอติกส์ ได้แก่ จุลินทรีย์ แลคโตบาซิลัส สปีชีส์ และ บิฟิโดแบคทีเรียม สปีชีส์ มักจะถูกเติมเป็นส่วนประกอบของนมและผลิตภัณฑ์จากนม โยเกิร์ตพร้อมดื่ม เครื่องดื่มผักผลไม้และขนมปัง ปัจจุบันวางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อและห้างสรรพสินค้าทั่วไป เป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคทั้งในภูมิภาคเอเชียและยุโรป โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย (Day, Harper, Woods, Davies, & Heaney, 2019; S. H. Khan & Ansari, 2007) หรือแม้กระทั่งในสหรัฐอเมริกาที่มีการเจริญเติบโตทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ โปรไบโอติกส์ถึง 7 % ต่อปี (van den Nieuwboer, van de Burgwal, & Claassen, 2016) และคาดการณ์ว่าจะเติบโตได้ถึง 130 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ในปี 2030 (Vera-Santander, Hernández-Figueroa, Jiménez-Munguía, Mani-López, & López-Malo, 2023) โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีการกล่าวอ้างทางสุขภาพ (Health claim) ว่าให้ประโยชน์ด้านระบบการย่อยและการดูดซึมรวมถึงการขับถ่าย รักษาสมดุลในลำไส้ ลดอาการท้องเสียจากการใช้ยาปฏิชีวนะและอาการท้องเสียในนักเดินทาง และส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันบริเวณลำไส้ รวมไปถึงการส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันในผู้ป่วยที่มีการหลังโควิด-19 และลด

อาการหลังการป่วยได้ (Alenazy et al., 2022) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่ให้ประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหาร กำลังเป็นที่นิยมจากผู้บริโภคที่รักษาสุขภาพทั่วโลก

อาหารฟังก์ชันประเภทพรีไบโอติกส์ ได้แก่ อาหารที่มีส่วนประกอบสำคัญคือใยอาหารสายสั้นชนิดที่ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ อินนูลิน โอลิโกฟรุคโตส และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ สามารถพบได้ในแหล่งอาหาร ประเภท หัวหอม กระเทียม กล้วย แอปเปิ้ล ข้าวสาลี ต้นหอมญี่ปุ่น หน่อไม้ฝรั่ง ต้นพื้งสังโต เป็นต้น พรีไบโอติกส์มีประโยชน์ด้านการขับถ่าย การชะลอการดูดซึมน้ำตาล และยังเป็นแหล่งอาหารให้กับโพรไบโอติกส์หรือจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในทางเดินอาหาร (Kaur et al., 2021)

การได้รับพรีไบโอติกส์และโพรไบโอติกส์อย่างเหมาะสม จะส่งผลดีด้านการควบคุมสมดุลจำนวนจุลินทรีย์ในลำไส้และลดอาการที่ไม่พึงประสงค์จากความไม่สมดุลของจุลินทรีย์ประจำถิ่นและจุลินทรีย์ก่อโรคในลำไส้ (dysbiosis) จุลินทรีย์ โพรไบโอติกส์มีความสามารถในการผลิตกรดแลคติก (lactic acid) และกรดไขมันสายสั้น (short-chain fatty acids; SCFAs) กรดไขมันสายสั้นเหล่านี้มีความสามารถในการลดความเป็นด่างและเพิ่มความเป็นกรด จึงส่งผลต่อการควบคุมสมดุลกรดต่างในลำไส้ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ก่อโรคจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะด่าง ดังนั้นการบริโภคโพรไบโอติกส์จึงสามารถควบคุมสมดุลจำนวนจุลินทรีย์ประจำถิ่นหรือจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์และจุลินทรีย์ก่อโรคได้ การได้รับพรีไบโอติกส์อย่างเหมาะสมจะเป็นอาหารให้แก่จุลินทรีย์โพรไบโอติกส์และส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ได้ (Malik, Ahmad, Kalpana, Prakash, & Gupta, 2016) ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีการบรรจุทั้งจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์เข้าไว้ด้วยกัน เรียกผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ว่า ซินไบโอติกส์ (synbiotics)

ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารฟังก์ชันและระบบภูมิคุ้มกัน

ระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์มีหน้าที่ป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่จะเข้ามาก่อโรคหรือทำอันตรายต่อเซลล์ ส่วนประกอบหลักในอาหารฟังก์ชันที่ให้ผลดีต่อระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ โพรไบโอติกส์ เครื่องดื่มเสริมวิตามินและแร่ธาตุ วิตามินที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินบี12 วิตามินซี วิตามินอี ในกลุ่มของแร่ธาตุ ได้แก่ โฟเลต (Folate) ซิงค์ (Zn) ธาตุเหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) ซีลีเนียม (Se) และแมกนีเซียม (Mg) รวมถึงอาหารที่เสริมโอเมก้า-3 (Ω-3) และผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมกรดอะมิโนกลูตามีน (López-Varela, González-Gross, & Marcos, 2002)

จากการศึกษาวิจัยพบว่า การบริโภคจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ สายพันธุ์ *Lactobacillus acidophilus* ในคนสุขภาพดีสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันที่เยื่อเมือก (mucosal immune system) โดยเพิ่มการผลิตแอนติบอดีชนิดเอ (IgAs) ได้ ดังนั้นจึงป้องกันการเกาะติดของจุลินทรีย์ก่อโรคที่บริเวณผนังลำไส้ได้ (Vitigni et al., 2000) สอดคล้องกับผลของการบริโภคโพรไบโอติกส์ สายพันธุ์ *Bifidobacterium* ที่สามารถเพิ่มปริมาณ IgAs ได้และเพิ่มจำนวนเซลล์ของเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์ Regulatory T Cell (Treg) และเพิ่มการเปลี่ยนสภาพเป็นเซลล์ (differentiation) ให้เป็นเซลล์ลิมโฟไซต์ชนิด Treg ให้เป็นเซลล์ที่ทำงานได้ โดยที่บทบาทของ Treg จะจดจำเซลล์ของร่างกายตัวเองจึงสามารถป้องกันไม่ให้เม็ดเลือดขาวทำลายเซลล์ร่างกายของตัวเองได้ (Mazziotta, Tognon, Martini, Torreggiani, & Rotondo, 2023)

นอกจากนั้นจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ชนิดไบฟิโดแบคทีเรียม (Bifidobacterium) สายพันธุ์ *Bifidobacterium animalis* ชนิดแยกย่อย (subspecies) lactis ผสมด้วยเส้นใยอาหารสายสั้น Xylo-oligosaccharide เป็นเวลา 8 กรัมต่อวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 21 วัน ในอาสาสมัครที่สุขภาพดี ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณ IgA ในน้ำลาย (Childs et al., 2014) ผลการศึกษาสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rizzardini และคณะในปี 2012 รายงานว่า การได้รับเม็ดแคปซูล *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* (BB-12) ร่วมกับเครื่องดื่มที่มี *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* (L. casei 431) เป็นเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มปริมาณ IgA, IgG, และ IgM ในน้ำลายของอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีได้ (Rizzardini et al., 2012) แสดงให้เห็นว่า การบริโภคโพรไบโอติกส์ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันในมนุษย์ได้ โดยกลไกการกระตุ้นการสร้างสารแอนติบอดีของโพรไบโอติกส์สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อจุลินทรีย์โพรไบโอติกส์ทำอันตรกิริยา (interaction) กับเซลล์ผนังลำไส้ (Intestinal epithelial cells; IECs) หรือเซลล์ภูมิคุ้มกันที่ lamina propria ผ่าน Toll-like receptors และเหนี่ยวนำให้มีการผลิต

cytokines หรือ chemokines ที่บริเวณเซลล์ผนังลำไส้จะผลิต macrophage chemoattractant protein 1 ส่งสัญญาณให้กับเซลล์ภูมิคุ้มกันกระตุ้นเยื่อเมือก ให้ผลิต immunoglobulin A และกระตุ้น T cells และ regulatory T cells ให้ผลิต IL-10 ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการสร้างสารภูมิคุ้มกัน (Maldonado Galdeano, Cazorla, Lemme Dumit, Vélez, & Perdigón, 2019)

การบริโภคเครื่องดื่มเสริมวิตามินและแร่ธาตุที่มีการระบุประโยชน์บนฉลากโภชนาการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ที่วางขายอย่างแพร่หลาย ได้แก่ เครื่องดื่มผสมวิตามินซี ซึ่งประโยชน์ของวิตามินซีด้านการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันมีข้อมูลรายงานมาอย่างยาวนาน จากผลการศึกษาวิจัยว่าวิตามินซีมีความสามารถในการส่งเสริมการสร้างคอลลาเจนในชั้นผิวหนังและสร้างความสมบูรณ์ของชั้นเยื่อ (integrity of epithelial barriers) ของเซลล์ที่ถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ (free radical) ได้ (Maggini, Beveridge, Sorbara, & Senatore, 2008) วิตามินซียังมีบทบาทสำคัญในการป้องกันความเสียหายของเซลล์ที่เกิดจากกระบวนการอักเสบและผลของการหลั่งสารกระตุ้นกระบวนการอักเสบ (pro-inflammatory cytokines) และการกระตุ้นการส่งสัญญาณ NF- κ B (Cárcamo et al., 2004) นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาวิจัยว่าวิตามินซีมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการแสดงออกของโปรตีน HIF-1 α และการรอดชีวิตของเซลล์เม็ดเลือดขาว (neutrophil viability) ภายใต้สภาวะออกซิเจนต่ำ (hypoxia) ในเซลล์ (Hirota & Semenza, 2005) ดังนั้นการได้รับวิตามินซีอย่างเพียงพอสามารถป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระและลดกระบวนการอักเสบในเซลล์ได้ จึงสามารถลดอาการแสดงที่เกิดจากติดเชื้อไวรัสได้ อย่างไรก็ตามความต้องการวิตามินซีต่อวัน อ้างอิงตามปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย (DIETARY REFERENCE INTAKE FOR THAIS 2020) ในผู้ใหญ่ อายุ 19-70 ปี อยู่ที่ 70 มิลลิกรัมต่อวันในผู้หญิง และ 80 มิลลิกรัมต่อวันในผู้ชาย (คณะกรรมการและคณะทำงานปรับปรุงข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย, 2563)

เครื่องดื่มผสมวิตามินรวม (Multivitamin drinks) ประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินบี6 วิตามินบี12 วิตามินซี วิตามินดี รวมถึงแร่ธาตุ ประเภท Trace elements ได้แก่ ซิงค์ ซีลีเนียม คอปเปอร์ และ แมกนีเซียม การได้รับวิตามินและแร่ธาตุอย่างเพียงพอจะให้ประโยชน์แก่การทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน คงสภาพการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน (functional integrity) ของเกราะป้องกันทางกายภาพ ได้แก่ ผิวหนัง เยื่อเมือก ลดความไวต่อการติดเชื้อ ส่งเสริมการทำงานของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial proteins) และ Chemotaxis ของเซลล์ภูมิคุ้มกันโดยกำเนิด (innate cells) มากไปกว่านั้น การได้รับวิตามินและแร่ธาตุจะช่วยส่งเสริมกระบวนการ phagocytosis และ killing activities ของ neutrophils และ macrophages (Pecora, Persico, Argentiero, Neglia, & Esposito, 2020)

เครื่องดื่มผสมแร่ธาตุ เช่น ซีลีเนียม แมงกานีส และโพแทสเซียม ให้ประโยชน์ต่อร่างกายด้านการเป็นตัวช่วยการทำงานของเอนไซม์ (Co-enzyme) และกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ซีลีเนียมมีบทบาทในการส่งเสริมการเพิ่มจำนวนเซลล์และกระตุ้นการทำงานของ T-cells ชนิด cytotoxic lymphocytes และปรับปรุงการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด NK-cells ซีลีเนียมยังส่งผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันกำเนิด (innate immune system) และระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ (adaptive immune system) การขาดซีลีเนียมจะส่งผลในการลดระดับความสามารถของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด ลิมโฟไซต์ (lymphocyte) ในการแบ่งตัวขณะตอบสนองต่อสารกระตุ้นที่ไม่จำเพาะ (mitogen) และลดระดับความสามารถของกระบวนการเคลื่อนที่ของเม็ดเลือดขาวในการตอบสนองต่อสิ่งแปลกปลอม (neutrophil chemotaxis) รวมถึงการสังเคราะห์ leukotriene B4 ที่น้อยลงด้วย เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการกระตุ้นการเคลื่อนที่และการจับกินสิ่งแปลกปลอม (phagocytosis) ของเซลล์มาโครฟาจ (macrophage) ลดน้อยลง (Saeed et al., 2016) การขาดซีลีเนียมยังส่งผลต่อการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะ ชนิดการตอบสนองโดยใช้สารน้ำ (humeral system) โดยส่งผลต่อสัตว์ทดลองและมนุษย์ดังนี้ คือ ระดับการสร้างแอนติบอดีชนิด IgM, IgG และ IgA จะลดลงในหนูทดลอง และระดับแอนติบอดี IgG และ IgM จะลดลงในมนุษย์ (Abe, Akbar, Matsuura, Horike, & Onji, 2003)

ประโยชน์ของแมงกานีสด้านการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน แมงกานีส (Mn^{2+}) เป็นตัวช่วยการทำงานของเอนไซม์ (co-enzyme) หลายชนิด และเป็น co-enzyme ที่สำคัญของเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD) ที่มีบทบาทสำคัญใน

กระบวนการต้านอนุมูลอิสระ และแมงกานีสยังสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันกำเนิด โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด myeloid cells และเพิ่มการทำงานของ NK cells (Wu, Mu, Xia, Min, & Wang, 2021). จากผลการศึกษาการตอบสนองของเซลล์เม็ดเลือดขาว (human monocyte-derived macrophages) ต่อการให้แมงกานีสในห้องปฏิบัติการ พบว่าจำนวนการผลิต cytokines IL-1 β , IL-6, IL-8, IFN- γ , TNF- α เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแมงกานีสมีบทบาทในการเป็นสารปรับปรุงภูมิคุ้มกันในร่างกาย (immunomodulators) (Mokgobu et al., 2015)

มีรายงานถึงประโยชน์ของซีลีเนียม (Selenium) ต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายในผู้ป่วยโรคโควิด-19 พบว่าการได้รับซีลีเนียมควบคู่ไปกับสังกะสี (Zinc) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราการรอดชีวิตในผู้ป่วยโควิด-19 เช่นเดียวกับการเพิ่มการตอบสนองต่อวัคซีนไขหวัดใหญ่ ซึ่งทำการศึกษาทางคลินิกแบบสุ่มเป็นเวลา 12 สัปดาห์ (randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial) โดยพบปริมาณแอนติบอดีในกลุ่มอาสาสมัครที่ฉีดวัคซีนและได้รับซีลีเนียมมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าซีลีเนียมเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการตอบสนองต่อภูมิคุ้มกันจากการได้รับวัคซีนไขหวัดใหญ่ (Ivory et al., 2017) ดังนั้นแนวโน้มของผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่มีการกล่าวอ้างถึงการส่งเสริมการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โพรไบโอติกส์และพรีไบโอติกส์ อาหารและเครื่องดื่มที่มีการเสริมวิตามินและแร่ธาตุ และผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกที่เสริมโยอาอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ และกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย

ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารฟังก์ชันกับการเรียนรู้และระบบประสาท

โรคที่เกิดจากความเสื่อมด้านการทำงานของระบบประสาท (Neurodegenerative diseases; ND) ส่งผลต่อความเสื่อมด้านความจำ (memory impairment) ปัญหาด้านอารมณ์และพฤติกรรม (emotional and behavioral problem) และการเรียนรู้ที่ลดลง (cognitive defects) การทำงานของระบบประสาทมีการผลิตอนุมูลอิสระออกมาในระดับสูง ทำให้เซลล์ประสาทเป็นเซลล์ที่มีความเสี่ยงต่อการสัมผัสอนุมูลอิสระสูง ประกอบกับเซลล์ประสาทมีความเปราะบางต่อการสัมผัสอนุมูลอิสระและความเสียหายของเซลล์จากความเครียดระดับเซลล์ (oxidative stress) (Aguilar et al., 2019) ดังนั้นอาหารฟังก์ชันในกลุ่มสารต้านอนุมูลอิสระ แร่ธาตุซีลีเนียม และกรดไขมันโอเมก้า-3 จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการทำงานของระบบประสาท จากผลการศึกษาทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่า อาหารเมดิเตอร์เรเนียน และอาหารที่อุดมไปด้วยสารโพลีฟีนอลซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ มีผลในการป้องกันโรคที่เกี่ยวข้องกับความเสื่อมด้านการทำงานของระบบประสาท เช่น โรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) (Letenneur, Proust-Lima, Le Gouge, Dartigues, & Barberger-Gateau, 2007) จากการศึกษาระยะยาวแบบไปข้างหน้า (prospective cohort study) เป็นระยะเวลา 10 ปี พบว่ากลุ่มคนที่มีการบริโภคฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอล มีคะแนนประเมินด้านจิตวิญญาณ (Mini-Mental State Examination) ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่บริโภคฟลาโวนอยด์ในระดับต่ำ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการบริโภคอาหารที่อุดมไปด้วยฟลาโวนอยด์ ส่งผลต่อระดับการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Casadesus และคณะในปี 2004 ที่รายงานว่าหนูทดลองสูงอายุที่ได้รับอาหารที่เสริมบลูเบอร์รี่ 20 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ติดต่อกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพด้านความจำที่ดีกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (Casadesus et al., 2004) อย่างไรก็ตามผลไม้ตระกูลเบอร์รี่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารในกลุ่มโพลีฟีนอล ได้แก่ สารฟลาโวนอยด์ประเภทฟลาโวนอยด์ โดยที่ปริมาณฟลาโวนอยด์ ประเภทฟลาโวนอยด์และแอนโทไซยานิน ในผลไม้ตระกูลบลูเบอร์รี่ เช่น บลูเบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ ลินคอบเบอร์รี่ และสตอร์วเบอร์รี่ สูงถึง 80% ของฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Liu, Hefni, & Witthöft, 2020) ปัจจุบันมีการผสมสารสกัดจากผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่มและเครื่องดื่มน้ำผลไม้วางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารฟังกซ์กับการชะลอวัย สารต้านอนุมูลอิสระ และการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง

ในชีวิตประจำวันของมนุษย์จะสัมผัสอนุมูลอิสระ (free radicals) ได้จาก 2 แหล่ง ได้แก่ อนุมูลอิสระที่ถูกผลิตจากภายในร่างกาย และ อนุมูลอิสระที่ถูกผลิตจากสิ่งแวดล้อม เช่น มลภาวะ แสงแดด และสารซีโนไบโอติกส์ (Xenobiotics) อนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของการเกิดริ้วรอยแห่งวัย กระบวนการของความแก่ (aging process) ความเสียหายระดับเซลล์ การอักเสบ และความเสียหายที่เกิดจากการทำลายสารพันธุกรรมชนิดดีเอ็นเอ (DNA damage) อาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งได้ในที่สุด

สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant compounds) จะทำหน้าที่ยับยั้งการทำลายสารชีวโมเลกุลจากอนุมูลอิสระ ส่งผลให้ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นและป้องกันการเกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคอัลไซเมอร์ โรคความดันโลหิตสูง โรคต่อกระจุก และโรคแทรกซ้อนจากเบาหวาน เป็นต้น (Phaniendra, Jestadi, & Periyasamy, 2015) ดังนั้นการรับประทานอาหารฟังกซ์ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ เช่น อาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินซี วิตามินอี สารประกอบโพลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์ และสารแคโรทีนอยด์ ที่ได้จากผักผลไม้ จะช่วยลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสารชีวโมเลกุลเนื่องจากผลของความเครียดระดับเซลล์ (Oxidative stress) ในการทำงานและระบบเมตาบอลิซึมของเซลล์

อาหารและสารอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี โพรวิตามินเอ เช่น เบต้า-แคโรทีน แอสต้าแซนธิน และลูทีน สารประกอบโพลีฟีนอล ประกอบไปด้วยสองประเภท ได้แก่ ประเภทที่เป็นฟลาโวนอยด์และสารที่ไม่ใช่ฟลาโวนอยด์ สารฟลาโวนอยด์ ได้แก่ แอนโทโรไซยานิน เควอซีติน อีพิจเนนิน นารินจิน คาเทิน และโอโซฟลาโวน ส่วนสารที่ไม่ใช่ฟลาโวนอยด์ ได้แก่ กรดฟีนอลิก เช่น กรดแกลลิก กรดคาเฟอิก และสารประเภทสติลบิน ได้แก่ เรสเวอราทรอล (Rasines-Perea & Teissedre, 2017b) จากรายงานการวิจัยทางคลินิก (Clinical Trial) พบว่าการบริโภคอาหารที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้ เช่น เควอซีติน เรสเวอราทรอล เคอควมิน วิตามินซีและวิตามินอี ถึงความสัมพันธ์กับการเกิดโรคมะเร็ง ได้แก่ มะเร็งต่อมลูกหมาก มะเร็งปากมดลูก มะเร็งเต้านม มะเร็งไขกระดูกมัยโอโลมา สามารถที่นำมาใช้ในการบำบัดมะเร็งทางการแพทย์ (Cancer Therapy) (Luo et al., 2022) อธิบายกลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระในกระบวนการป้องกันการเกิดมะเร็งได้ด้วยกลไกการต้านความเสียหายระดับเซลล์จากอนุมูลอิสระที่ทำให้เกิดความเสียหายของสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ทั้งโปรตีน เยื่อหุ้มเซลล์ จากปฏิกิริยาออกซิเดชันและการทำลายดีเอ็นเอ (DNA damage) (Didier et al., 2023)

ความสัมพันธ์ระหว่างอาหารฟังกซ์กับระบบหัวใจและหลอดเลือด

โรคหัวใจและหลอดเลือด หมายความว่ารวมถึง กลุ่มของโรคที่แสดงความผิดปกติในส่วนหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อหัวใจรวมถึงการไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงเซลล์ โดยอาจมีสาเหตุจากการเกิดภาวะลิ่มเลือดหรือไขมันสะสมอุดตันการไหลเวียนของเลือด ดังนั้นอาหารฟังกซ์ที่มีส่วนประกอบสำคัญด้านการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด เช่น เครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของคอเลสเตอรอลจากพืช และอาหารที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ จากผลการศึกษาทางคลินิกแบบสุ่ม (Randomized control trial) ทำการศึกษาในผู้ป่วยที่เป็นโรคอ้วนลงพุง (metabolic syndrome) แสดงผลให้เห็นว่าการได้รับสารสกัดจากเมล็ดองุ่น 150 มิลลิกรัมต่อวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 12 สัปดาห์ สามารถลดระดับความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวได้ทั้งในอาสาสมัครเพศหญิงและเพศชาย และการบริโภคสารสกัดจากเมล็ดองุ่น 300 มิลลิกรัมต่อวัน ติดต่อกันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลต่อการลดระดับออกซิไลซ์แอลดีแอล (ox-LDL) ที่ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ (Sivaprakasapillai, Edirisinghe, Randolph, Steinberg, & Kappagoda, 2009) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการรายงานผลว่า การบริโภคอาหารที่อุดมไปด้วยสารประกอบโพลีฟีนอล เช่น สารสกัดจากเปลือกองุ่นแดงและสารสกัดจากเมล็ดองุ่น จะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยสามารถลดระดับความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัวและความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวได้ และการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำองุ่นแดง ติดต่อกันตั้งแต่ 3 สัปดาห์ขึ้นไป สามารถปรับปรุงระดับของไขมันในเลือดที่เป็นต้นเหตุของโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ ได้แก่ การลดระดับคอเลสเตอรอลทั้งหมด แอลดีแอลคอเลสเตอรอล โปรตีน apo-B100 และระดับออกซิไลซ์แอลดีแอล (ox-LDL) (Rasines-Perea & Teissedre, 2017a)

โอเมกา-3 จากปลาและน้ำมันปลา ที่มีกรดไขมันชนิด Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acids (DHA) ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (atherosclerosis) จากผลการศึกษาอย่างมีระบบ (meta-analysis) วิเคราะห์ผลการศึกษามากกว่า 38 การศึกษา ในอาสาสมัครที่เป็นผู้ใหญ่มากกว่า 149,000 คน พบว่าการบริโภค EPA และ DHA หรือการบริโภค EPA เพียงอย่างเดียว สามารถลดระดับไขมัน แอลดีแอลคอเลสเตอรอลและไขมันไตรกลีเซอไรด์ในเลือด ที่เป็นความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด การบริโภคกรดไขมันโอเมกา-3 มีความสัมพันธ์กับการลดความเสี่ยงการตายด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยแสดงเป็นค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 0.93 (Relative Risk; RR = 0.93, 95% CI 0.88 – 0.98, $p=0.01$) (S. U. Khan et al., 2021) ถึงแม้ว่าอาหารประเภทปลาทะเลน้ำลึก ได้แก่ ปลาแซลมอน ปลาแมคเคอเรล และปลาซาดีน จะอุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมกา-3 ปัจจุบันมีการเสริมกรดไขมันโอเมกา-3 ในไข่ไก่ มีวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

สเตอรอลจากพืช (Plant sterols, Phytosterols) สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ 10-15% โดย แนวทางปฏิบัติสำหรับการจัดการภาวะไขมันในเลือดผิดปกติที่กำหนดโดยสมาคมหัวใจและหลอดเลือดแดงแข็งแห่งยุโรป (ESC/EAS dyslipidemia guidelines, 2019) ได้แนะนำให้ผู้ป่วยที่มีระดับคอเลสเตอรอลในเลือดอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง บริโภคสเตอรอลจากพืช 2 กรัมต่อวัน ร่วมกันกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม พบว่าผู้ป่วยที่มีระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูงสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้และลดการใช้ยาในกลุ่ม statin ที่ใช้สำหรับลดระดับคอเลสเตอรอลได้ (Makhmudova, Schulze, Lütjohann, & Weingärtner, 2021) สเตอรอลจากพืชในอาหารธรรมชาติจะพบอยู่ในรูปของ campesterol, β -sitosterol และ 5 α -saturated stanols เมื่อรับประทานคอเลสเตอรอลจากสัตว์และสเตอรอลจากพืช โมเลกุลเหล่านี้จะถูกดูดซึมในรูปแบบของไมเซลล์ (micelles) ที่ผนังลำไส้ ด้วยโปรตีนตัวพา Niemann-Pick C1-like protein 1 (NPC1L1) หลังจากนั้นทั้งสองโมเลกุลจะรวมตัวกันเป็นไมเซลล์ที่ซับซ้อนโดยโปรตีน ATP binding cassette transporter G5 and G8 (ABCG5/8) และโปรตีนตัวนี้จะทำหน้าที่หลังไมเซลล์รวมของคอเลสเตอรอลจากสัตว์และสเตอรอลจากพืชออกสู่ลำไส้เพื่อขับถ่ายออก ดังนั้นการบริโภคสเตอรอลจากพืชจึงสามารถลดการดูดซึมคอเลสเตอรอลจากสัตว์และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ (Lee et al., 2001) อาหารที่เป็นแหล่งของสเตอรอลจากพืชได้แก่ ธัญพืช ถั่วพิสตาชิโอ อัลมอนต์ วอลนัท เม็ดมะม่วงหิมพานต์ หัวหอม และกล้วย ปัจจุบันเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของสเตอรอลจากพืชมีวางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อทั่วไป

สรุป

อาหารฟังก์ชัน คือ อาหารที่อุดมไปด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญ หรือวิตามินและแร่ธาตุที่ส่งผลดีด้านการทำงานของระบบต่างๆของร่างกาย สามารถแบ่งออกได้เป็น 6 กลุ่มตามการส่งเสริมกลไกการทำงานของร่างกาย ทั้งระบบการย่อยและดูดซึมอาหาร ระบบภูมิคุ้มกัน ระบบหัวใจและหลอดเลือด การเรียนรู้และการทำงานของระบบประสาท การชะลอวัย และการต้านอนุมูลอิสระและการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง การบริโภคอาหารฟังก์ชันเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอในปริมาณที่เหมาะสมตามคำแนะนำปริมาณสารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย จะช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคและลดความเสี่ยงการเกิดโรคได้ ทั้งนี้ปัจจุบันอาหารฟังก์ชันมีวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปและมีการเข้าถึงผู้บริโภคอย่างกว้างขวางมากขึ้น รวมถึงมีพัฒนาผลิตภัณฑ์และการศึกษาวิจัยทั้งในระดับห้องปฏิบัติการไปจนถึงระดับคลินิกสู่การนำเสนอข้อมูลที่น่าเชื่อถือแก่ผู้บริโภค ผู้บริโภคควรใช้หลักการความสะอาดและปลอดภัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชันที่วางจำหน่ายในท้องตลาด โดยเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานอาหารและแสดงฉลากโภชนาการไว้อย่างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

Abe, M., Akbar, F., Matsuura, B., Horiike, N., & Onji, M. (2003). Defective antigen-presenting capacity of murine dendritic cells during starvation. *Nutrition*, 19(3), 265-269. doi:10.1016/s0899-9007(02)00854-7

- Aguiar, L. M., Geraldi, M. V., Betim Cazarin, C. B., & Maróstica Junior, M. R. (2019). Chapter 11 - Functional Food Consumption and Its Physiological Effects. In M. R. S. Campos (Ed.), *Bioactive Compounds* (pp. 205-225): Woodhead Publishing.
- Alenazy, M. F., Aljohar, H. I., Alruwaili, A. R., Daghestani, M. H., Alonazi, M. A., Labban, R. S., Balto, H. A. (2022). Gut Microbiota Dynamics in Relation to Long-COVID-19 Syndrome: Role of Probiotics to Combat Psychiatric Complications. *Metabolites*, 12(10). doi:10.3390/metabo12100912
- Ashwell, M. (2004). Concepts of Functional Food. *Nutrition & Food Science*, 34(1), 47-47. doi:10.1108/nfs.2004.34.1.47.3
- Cárcamo, J. M., Pedraza, A., Bórquez-Ojeda, O., Zhang, B., Sanchez, R., & Golde, D. W. (2004). Vitamin C is a kinase inhibitor: dehydroascorbic acid inhibits I κ B kinase beta. *Mol Cell Biol*, 24(15), 6645-6652. doi:10.1128/mcb.24.15.6645-6652.2004
- Casadesus, G., Shukitt-Hale, B., Stellwagen, H. M., Zhu, X., Lee, H. G., Smith, M. A., & Joseph, J. A. (2004). Modulation of hippocampal plasticity and cognitive behavior by short-term blueberry supplementation in aged rats. *Nutr Neurosci*, 7(5-6), 309-316. doi:10.1080/10284150400020482
- Childs, C. E., R  yti  , H., Alhoniemi, E., Fekete, A. A., Forssten, S. D., Hudjec, N., Gibson, G. R. (2014). Xylo-oligosaccharides alone or in synbiotic combination with Bifidobacterium animalis subsp. lactis induce bifidogenesis and modulate markers of immune function in healthy adults: a double-blind, placebo-controlled, randomised, factorial cross-over study. *British Journal of Nutrition*, 111(11), 1945-1956. doi:10.1017/S0007114513004261
- Committee on Opportunities in the Nutrition and Food Sciences and Nutrition Board. (1994). Opportunities in the nutrition and food sciences: research challenges and the next generation of investigators. Special Committee of the Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, National Academy of Sciences. In *The Journal of Nutrition* (1994/06/01 ed., Vol. 124, pp. 763-769).
- Day, R. L., Harper, A. J., Woods, R. M., Davies, O. G., & Heaney, L. M. (2019). Probiotics: current landscape and future horizons. *Future Sci OA*, 5(4), Fso391. doi:10.4155/fsoa-2019-0004
- Didier, A. J., Stiene, J., Fang, L., Watkins, D., Dworkin, L. D., & Creeden, J. F. (2023). Antioxidant and Anti-Tumor Effects of Dietary Vitamins A, C, and E. *Antioxidants*, 12(3), 632. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/3/632>
- Gatt, M., Reddy, B. S., & Macfie, J. (2007). Review article: bacterial translocation in the critically ill – evidence and methods of prevention. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 25(7), 741-757. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2006.03174.x
- Hirota, K., & Semenza, G. L. (2005). Regulation of hypoxia-inducible factor 1 by prolyl and asparaginyl hydroxylases. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 338(1), 610-616. doi:https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.08.193
- Ivory, K., Prieto, E., Spinks, C., Armah, C. N., Goldson, A. J., Dainty, J. R., & Nicoletti, C. (2017). Selenium supplementation has beneficial and detrimental effects on immunity to influenza vaccine in older adults. *Clin Nutr*, 36(2), 407-415. doi:10.1016/j.clnu.2015.12.003

- Kaur, A. P., Bhardwaj, S., Dhanjal, D. S., Nepovimova, E., Cruz-Martins, N., Kuča, K., Kumar, D. (2021). Plant Prebiotics and Their Role in the Amelioration of Diseases. *Biomolecules*, 11(3). doi:10.3390/biom11030440
- Khan, S. H., & Ansari, F. A. (2007). Probiotics—the friendly bacteria with market potential in global market. *Pak J Pharm Sci*, 20(1), 76-82.
- Khan, S. U., Lone, A. N., Khan, M. S., Virani, S. S., Blumenthal, R. S., Nasir, K., Bhatt, D. L. (2021). Effect of omega-3 fatty acids on cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis. *eClinicalMedicine*, 38. doi:10.1016/j.eclinm.2021.100997
- Lee, M. H., Lu, K., Hazard, S., Yu, H., Shulenin, S., Hidaka, H., Patel, S. B. (2001). Identification of a gene, ABCG5, important in the regulation of dietary cholesterol absorption. *Nat Genet*, 27(1), 79-83. doi:10.1038/83799
- Letenneur, L., Proust-Lima, C., Le Gouge, A., Dartigues, J. F., & Barberger-Gateau, P. (2007). Flavonoid intake and cognitive decline over a 10-year period. *Am J Epidemiol*, 165(12), 1364-1371. doi:10.1093/aje/kwm036
- Liu, J., Hefni, M. E., & Witthöft, C. M. (2020). Characterization of Flavonoid Compounds in Common Swedish Berry Species. *Foods*, 9(3), 358. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/3/358>
- López-Varela, S., González-Gross, M., & Marcos, A. (2002). Functional foods and the immune system: a review. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(3), S29-S33. doi:10.1038/sj.ejcn.1601481
- Luo, M., Zhou, L., Huang, Z., Li, B., Nice, E. C., Xu, J., & Huang, C. (2022). Antioxidant Therapy in Cancer: Rationale and Progress. *Antioxidants (Basel)*, 11(6). doi:10.3390/antiox11061128
- Maggini, S., Beveridge, S., Sorbara, P., & Senatore, G. (2008). *Feeding the immune system: the role of micronutrients in restoring resistance to infections* (Vol. 2008): CABI International.
- Makhmudova, U., Schulze, P. C., Lütjohann, D., & Weingärtner, O. (2021). Phytosterols and Cardiovascular Disease. *Curr Atheroscler Rep*, 23(11), 68. doi:10.1007/s11883-021-00964-x
- Maldonado Galdeano, C., Cazorla, S. I., Lemme Dumit, J. M., Vélez, E., & Perdigón, G. (2019). Beneficial Effects of Probiotic Consumption on the Immune System. *Ann Nutr Metab*, 74(2), 115-124. doi:10.1159/000496426
- Malik, J. K., Ahmad, A. H., Kalpana, S., Prakash, A., & Gupta, R. C. (2016). Chapter 57 - Synbiotics: Safety and Toxicity Considerations. In R. C. Gupta (Ed.), *Nutraceuticals* (pp. 811-822). Boston: Academic Press.
- Mazziotta, C., Tognon, M., Martini, F., Torreggiani, E., & Rotondo, J. C. (2023). Probiotics Mechanism of Action on Immune Cells and Beneficial Effects on Human Health. *Cells*, 12(1). doi:10.3390/cells12010184
- Mokgobu, M. I., Cholo, M. C., Anderson, R., Steel, H. C., Motheo, M. P., Hlatshwayo, T. N., Theron, A. J. (2015). Oxidative induction of pro-inflammatory cytokine formation by human monocyte-derived macrophages following exposure to manganese in vitro. *Journal of immunotoxicology*, 12(1), 98-103.
- Pecora, F., Persico, F., Argentiero, A., Neglia, C., & Esposito, S. (2020). The Role of Micronutrients in Support of the Immune Response against Viral Infections. *Nutrients*, 12(10). doi:10.3390/nu1203198
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., & Periyasamy, L. (2015). Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian J Clin Biochem*, 30(1), 11-26. doi:10.1007/s12291-014-0446-0

- Rasines-Perea, Z., & Teissedre, P.-L. (2017a). Grape Polyphenols' Effects in Human Cardiovascular Diseases and Diabetes. *Molecules*, 22(1). doi:10.3390/molecules22010068
- Rasines-Perea, Z., & Teissedre, P.-L. (2017b). molecules Grape Polyphenols' Effects in Human Cardiovascular Diseases and Diabetes. *Molecules*, 22, 1-19. doi:10.3390/molecules22010068
- Rizzardini, G., Eskesen, D., Calder, P. C., Capetti, A., Jespersen, L., & Clerici, M. (2012). Evaluation of the immune benefits of two probiotic strains *Bifidobacterium animalis ssp. lactis*, BB-12® and *Lactobacillus paracasei ssp. paracasei*, L. casei 431® in an influenza vaccination model: a randomised, double-blind, placebo-controlled study. *British Journal of Nutrition*, 107(6), 876-884. doi:10.1017/S000711451100420X
- Saeed, F., Nadeem, M., Ahmed, R. S., Tahir Nadeem, M., Arshad, M. S., & Ullah, A. (2016). Studying the impact of nutritional immunology underlying the modulation of immune responses by nutritional compounds – a review. *Food and Agricultural Immunology*, 27(2), 205-229. doi:10.1080/09540105.2015.1079600
- Sartorius, N. (2006). The meanings of health and its promotion. *Croat Med J*, 47(4), 662-664.
- Sawicki, C. M., Livingston, K. A., Obin, M., Roberts, S. B., Chung, M., & McKeown, N. M. (2017). Dietary Fiber and the Human Gut Microbiota: Application of Evidence Mapping Methodology. *Nutrients*, 9(2). doi:10.3390/nu9020125
- Sivaprakasapillai, B., Edirisinghe, I., Randolph, J., Steinberg, F., & Kappagoda, T. (2009). Effect of grape seed extract on blood pressure in subjects with the metabolic syndrome. *Metabolism*, 58(12), 1743-1746. doi:https://doi.org/10.1016/j.metabol.2009.05.030
- van den Nieuwboer, M., van de Burgwal, L. H. M., & Claassen, E. (2016). A quantitative key-opinion-leader analysis of innovation barriers in probiotic research and development: Valorisation and improving the tech transfer cycle. *PharmaNutrition*, 4(1), 9-18. doi:https://doi.org/10.1016/j.phanu.2015.09.003
- Vera-Santander, V. E., Hernández-Figueroa, R. H., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2023). Health Benefits of Consuming Foods with Bacterial Probiotics, Postbiotics, and Their Metabolites: A Review. *Molecules*, 28(3). doi:10.3390/molecules28031230
- Vitiñi, E., Alvarez, S., Medina, M., Medici, M., de Budeguer, M. V., & Perdigón, G. (2000). Gut mucosal immunostimulation by lactic acid bacteria. *Biocell*, 24(3), 223-232.
- Wu, Q., Mu, Q., Xia, Z., Min, J., & Wang, F. (2021). Manganese homeostasis at the host-pathogen interface and in the host immune system. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 115, 45-53. doi:https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2020.12.006
- สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2563). ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2563. สืบค้นจาก <https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/dri>