

บทปริทัศน์

พรีไบโอติก: อาหารส่งเสริมสุขภาพ

ประภานต์ ฤดีกุลธำรง*, จารุณี ควรพิบูลย์**

บทคัดย่อ

พรีไบโอติก (prebiotics) จัดเป็นฟังก์ชันนัลฟู้ดชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ที่ลำไส้เล็ก จึงผ่านเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ พรีไบโอติกทำหน้าที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เฉพาะเจาะจงกับจุลินทรีย์ที่มีผลดีต่อสุขภาพ (probiotics) เช่น แลคโตแบซิลัส บิฟิโดแบคทีเรีย แต่ทำให้จุลินทรีย์ชนิดที่มีผลเสียต่อสุขภาพลดจำนวนลง ดังนั้น พรีไบโอติกจึงส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค เช่น ช่วยบรรเทาอาการท้องผูก ลดการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ป้องกันภาวะภูมิไวเกิน ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เพิ่มการดูดซึมแคลเซียม และลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ เป็นต้น พรีไบโอติกตามธรรมชาติพบได้ในอาหารหลายชนิด เช่น ในผัก ผลไม้ และธัญพืชบางชนิด

ในทางการค้าพรีไบโอติกส่วนใหญ่ผลิตขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยเอนไซม์จากแบคทีเรีย เช่น เอนไซม์ทรานสโกลูโคซิเดส แอมิโลมอสเทส และเดกซ์ทรานซูเครส เป็นต้น ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตที่สูงกว่า และสามารถควบคุมความยาวของสายโอลิโกแซ็กคาไรด์ได้ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ โยเกิร์ต นมผงสำหรับเลี้ยงทารก นมยิมพรีไบโอติกและโพรไบโอติก รวมทั้งกัน โดยเรียกชื่อใหม่ว่า ซินไบโอติก (synbiotics) ซึ่งมีส่วนสำคัญในการปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร

คำสำคัญ: พรีไบโอติก, โพรไบโอติก, ซินไบโอติก, มอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์, ไอโซมอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น ในแง่ของคุณค่าทางอาหาร ความปลอดภัย และผลของสารอาหารต่อสุขภาพ จึงเป็นจุดกำเนิดของผลิตภัณฑ์อาหารที่เรียกว่า ฟังก์ชันนัลฟู้ด (functional food) ซึ่งเป็นอาหารที่มีผลต่อการทำหน้าที่ต่างๆ ในร่างกาย ให้มีผลดีต่อสุขภาพโดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงและอัตราในการเกิดโรค สารอาหารหลายชนิดจัดเป็นฟังก์ชันนัลฟู้ด และพบได้ในชีวิตประจำวันโดยเฉพาะกลุ่มพรีไบโอติก (prebiotics) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่จะช่วยกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มโพรไบโอติก (probiotics) ในลำไส้ใหญ่ เช่น lactic acid bacteria และ bifidobacteria ปรกติแล้วพรีไบโอติกและโพรไบโอติกจะทำงานร่วมกัน และมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ช่วยบรรเทาอาการท้องผูก ป้องกันการเกิดอาการท้องเสียท้องเดิน ช่วยเผาผลาญไขมัน เพิ่มการดูดซึมแคลเซียม ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ป้องกันมะเร็งลำไส้ และป้องกันภาวะภูมิไวเกิน เป็นต้น^{๑,๒} สารพรีไบโอติกที่ได้รับความนิยมในการประยุกต์ใช้ในอาหารส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสารประเภทโอลิโกแซ็กคาไรด์ เนื่องจากสามารถใช้เป็นสารให้ความหวาน ที่ให้พลังงานต่ำหรือไม่ให้พลังงาน เพราะไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร จึง

สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยเบาหวาน หรือผู้บริโภคที่มีความจำเป็นต้องควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด

๑. แหล่งที่มาของพรีไบโอติก

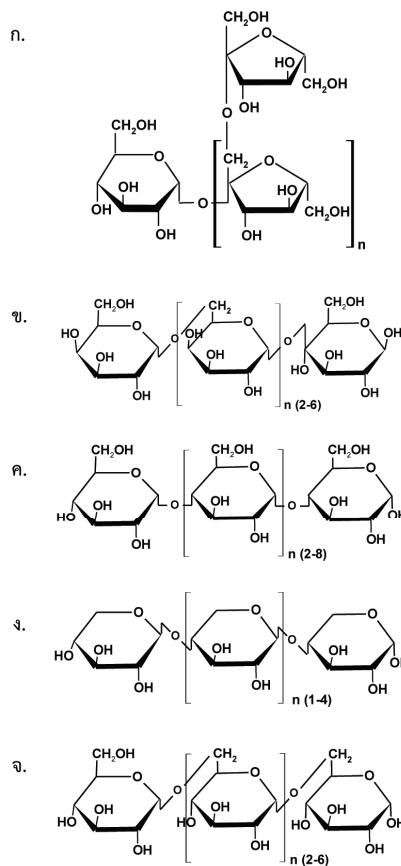
ได้มาจาก ๓ แหล่งหลักๆ^๓ คือ

๑.๑ สกัดจากแหล่งผลิตตามธรรมชาติได้จากพืช เช่น ถั่วเหลือง หัวบีท และหัวอาร์ทิโชค ได้แก่ พรีไบโอติกจำพวก soybean oligosaccharides, raffinose, inulin และ non-starch polysaccharides ได้แก่ เพ็กติน และเซลลูโลส เป็นต้น

๑.๒ สังเคราะห์จากเอนไซม์ด้วยการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส และทรานสโกลูโคซิเลชันของเอนไซม์ดัดแปรคาร์โบไฮเดรต ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เอนไซม์จากแบคทีเรีย ได้แก่ ฟรุคโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (fructo-oligosaccharides, FOS) กาแล็กโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (galacto-oligosaccharides, GOS) มอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (malto-oligosaccharides, MOS) ซิโลโอลิโกแซ็กคาไรด์ (xylo-oligosaccharides, XOS) และ ไอโซมอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (isomalto-oligosaccharides, IMO) (รูปที่ ๑) รวมทั้งพอลิแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกชนิด resistant starch และโปรตีนพรีไบโอติก

* ภาควิชาชีวเคมี วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า

** สาขาชีวเคมี สถาบันวิทยาศาสตร์พระคณิศร คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



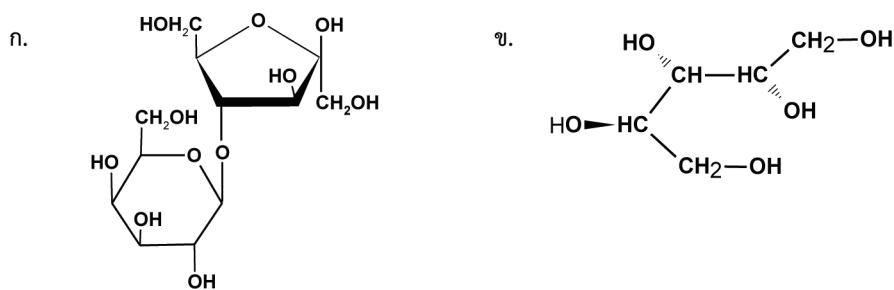
รูปที่ ๑ โครงสร้างของพรีไบโอติกประเภทออลิโกแซ็กคาไรด์ชนิดต่างๆ

- ก. ฟรุคโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (FOS)
 ข. กาแล็กโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (GOS)
 ค. มอลโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (MOS)
 ง. ไชลออลิโกแซ็กคาไรด์ (XOS)
 จ. ไอโซมอลโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (IMO)

๑.๓ สังเคราะห์จากปฏิกิริยาเคมี เช่น lactulose และ alcohol sugar (รูปที่ ๒) โดยทั่วไปการสังเคราะห์พรีไบโอติกจากการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรียมีข้อดีกว่าพรีไบโอติกที่สกัดมาจากพืช ในด้านปริมาณผลผลิตที่สูงกว่า ต้นทุนการสังเคราะห์ถูกกว่า และสามารถควบคุมชนิดและความยาวของสายออลิโกแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกที่สังเคราะห์ขึ้นได้

ปัจจุบันความต้องการในการบริโภคอาหารกลุ่มฟังก์ชันนัลออลิโกแซ็กคาไรด์มีสูงขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่ม MOS และ IMO โดยมีการผสมพรีไบโอติกเหล่านี้ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่มสุขภาพ นมผงสำหรับทารก อาหารสำหรับผู้ป่วย นมเปรี้ยว โยเกิร์ต เป็นต้น อย่างไรก็ตามพรีไบโอติกทั้งสองชนิดนี้ ที่มีขายเชิงพาณิชย์ยังมีขีดจำกัดทั้ง

ในด้านปริมาณที่ผลิตได้ทำให้ราคาขายค่อนข้างสูง และขนาดความยาวของออลิโกแซ็กคาไรด์ มักประกอบด้วยหน่วยกลูโคสต่อกัน ๒-๔ หน่วยเท่านั้น โดยอาศัยการเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์ α -amylase, MOS-forming amylase หรือ pullulanase/ isoamylase^{๕๖} สำหรับผลิตภัณฑ์ MOS และเอนไซม์ β -amylase ร่วมกับ α -glucosidase^๗ สำหรับผลิตภัณฑ์ IMO และจากการศึกษาคุณสมบัติทางชีวภาพของพรีไบโอติกพบว่าพรีไบโอติกสายยาวสามารถทนอยู่ในทางเดินอาหารของสิ่งมีชีวิตได้นานกว่า และสามารถกระตุ้นโพรไบโอติกได้ดีกว่า^๘



รูปที่ ๒ โครงสร้างของ ก. Lactulose และ ข. Alcohol sugar (Xylitol)

๒. ประเภทของพรีไบโอติก^{๒,๔}

๒.๑ น้ำตาลและออลิโกแซ็กคาไรด์ (sugar and oligo-saccharides)
 เป็นพรีไบโอติกกลุ่มใหญ่ที่สุด จัดเป็นพวก short-chain oligosaccharide ที่เป็น non-digestible oligosaccharide (NDO) ประกอบด้วยน้ำตาลตั้งแต่ ๒-๒๐ หน่วย ตัวอย่างเช่น raffinose, stachyose, FOS, GOS, MOS, XOS, และ IMO

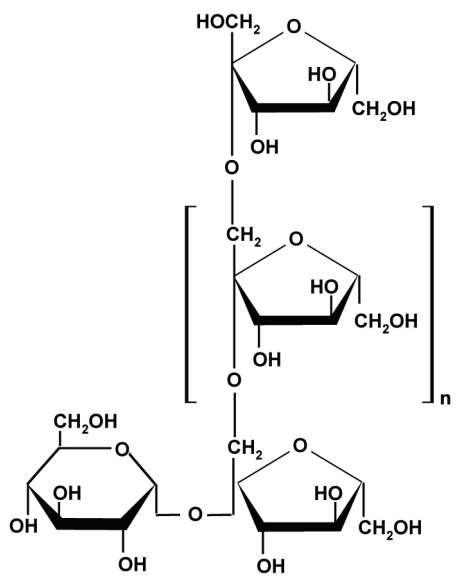
๒.๒ น้ำตาลแอลกอฮอล์ (alcohol sugar)
 เป็นออลิโกแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกที่มีค่าดัชนีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ (degree of polymerization) เพียง ๑-๒ ตัว ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ ได้แก่ maltitol, sorbitol, isomalt และ xylitol เป็นต้น ในบางครั้งสามารถเรียกน้ำตาลแอลกอฮอล์ว่า "polyol" ใช้เป็นสารให้ความหวาน ที่มีระดับความหวานเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำตาลซูโครส น้ำตาลแอลกอฮอล์ จะถูกดูดซับในลำไส้เล็กได้ช้ากว่าน้ำตาลซูโครส จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ นิยมใช้เป็นสารให้ความ

หวานในผลิตภัณฑ์ประเภท diet food

๒.๓ Resistant starch
 จัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกที่ไม่ถูกย่อย และดูดซึมในทางเดินอาหารของมนุษย์ เนื่องจากเป็นแป้งที่มีองค์ประกอบของอะมิโลเพกติน (amylopectin) มากกว่าร้อยละ ๒๐-๒๕

๒.๔ Non-starch polysaccharides (NSPs)
 จัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกที่ได้รับจากพืช ได้แก่ เพ็กติน (pectin), เซลลูโลส (cellulose), เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses), guar gum และ ไชแลน (xylan)

๒.๕ อินนูลิน (Inulin) (รูปที่ ๓)
 จัดเป็นพอลิแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกที่พืชเก็บไว้เป็นอาหารพบในพืชมากมายหลายชนิด เช่น รากชิคอรี่ หัวอาร์ทิโชค หัวหอม หัวกระเทียม เห็ด กล้วย และหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น



รูปที่ ๓ โครงสร้างของอินนูลิน (n = พรุโกโตล = ~๓๕ หน่วย)

๒.๖ Related mucopolysaccharides

เป็นพอลิแซ็กคาไรด์โครงสร้างของสัตว์ไม่มีการแตกกิ่งก้าน ประกอบด้วยสายของคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำตาลอะมิโนพวกเฮกโซซามีน (hexosamine) และกรดยูโรนิก ลักษณะเด่นที่พบได้ในโครงสร้างของน้ำตาลมิวโคพอลิแซ็กคาไรด์คือ น้ำตาลในหน่วยซ้ำไดแซ็กคาไรด์ของมิวโคพอลิแซ็กคาไรด์อย่างน้อย ๑ หน่วย มีหมู่ซัลเฟตหรือหมู่คาร์บอกซิเลตที่แสดงประจุลบ ดังนั้นจึงจัดเป็นโปรตีน-คาร์โบไฮเดรตพอลิแซ็กคาไรด์พรีไบโอติก ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดย goblet cells ที่อยู่ในเยื่อบุผิวลำไส้ เป็นสารตั้งต้นหลักสำหรับการหมักในลำไส้ ตัวอย่างเช่น คอนดรอยตินซัลเฟต (chondroitin sulfate), เฮปาริน (heparin), สารคัดหลั่งจากตับอ่อน (pancreatic secretion) และ สารคัดหลั่งจากแบคทีเรีย (bacterial secretion)

๒.๗ โปรตีนและเปปไทด์ (Proteins and peptides)

พรีไบโอติกกลุ่มนี้ได้จากสารอาหารกลุ่มโปรตีน และภายหลังเกิดการตัดแปรด้วยเอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร (digestive enzymes) จนได้เป็นสายเปปไทด์สั้นๆ แต่พบได้น้อยกว่าพรีไบโอติกในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต

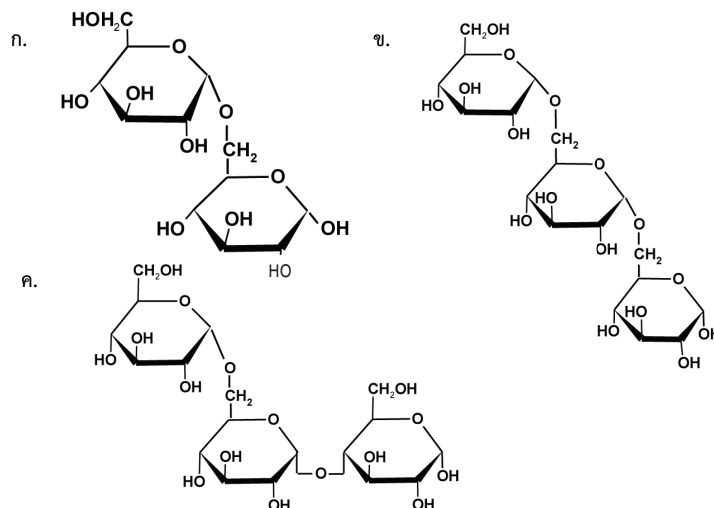
๓. การสังเคราะห์พรีไบโอติกประเภท ออลิโกแซ็กคาไรด์จากเอนไซม์

๓.๑ การประยุกต์ใช้เอนไซม์ในการผลิตมอลโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (MOS)

MOS จัดเป็นฟังก์ชันนัลออลิโกแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยส่วนผสมที่มีหน่วยย่อยกลูโคส ๑-๘ หน่วยที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 ไกลโคซิดิก ปัจจุบัน MOS ได้รับความสนใจมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (non-digestible

oligosaccharides, NDOs) แต่สามารถเป็นอาหารของโพรไบโอติกในลำไส้ใหญ่ ซึ่งสามารถย่อย MOS ให้เป็น short chain fatty acid (SCFA) เช่น acetate, propionate, butyrate และ lactate รวมทั้งก๊าซ H₂, CO₂, CH₄ และ SCFA ที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ค่า pH ที่ลำไส้ใหญ่ลดลงมีผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรค (pathogenic bacterial)^{๑,๒} ด้วยเหตุผลต่างๆ เหล่านี้จึงได้มีการผสม MOS ลงไปในอาหารหลายชนิด เพื่อเพิ่มคุณค่า หรือปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร จากรายงานของ Sako และคณะในปี ค.ศ. ๑๙๙๙^๓ พบว่า มอลโทออลิโกแซ็กคาไรด์โดยเฉพาะชนิด maltotetraose (G₄) ได้ถูกใช้อย่างกว้างขวางในภาคอุตสาหกรรมอาหาร มีการผลิตขึ้นในรูป Fuji-Oligo G₄ #450 and #470 โดยบริษัท Nihon Shokuhin Kako Co., Ltd. จากการเร่งปฏิกิริยาการย่อยแป้งของเอนไซม์ G₄-forming amylase (E.C. 3.2.1.60) ซึ่งเป็น exo-enzyme จาก *Pseudomonas stutzeri* ร่วมกับเอนไซม์ pullulanase (E.C. 3.2.1.41) หรือ isoamylase (E.C. 3.2.1.68) เป็น debranching enzyme จาก *Klebsiella pneumoniae* เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต G₄ ในปี ค.ศ. ๒๐๐๑ Martin และคณะ^๔ ได้รายงานการสังเคราะห์ MOS ด้วยเอนไซม์ CGTase (E.C. 2.4.1.19) จาก *Thermoanaerobacter* sp. โดยอาศัยการเร่งปฏิกิริยา intermolecular transglucosylation โดยใช้แป้ง/ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสับสเตรทตัวให้ (glucosyl donor) และกลูโคสเป็นสับสเตรทตัวรับ (acceptor) MOS มีคุณสมบัติในการใช้เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน จึงเหมาะเป็นส่วนประกอบในอาหารจำพวก liquid diet ป้องกันการดูดน้ำ ต่อต้านจุลชีพ ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีอาหาร เป็นต้น

๓.๒ การประยุกต์ใช้เอนไซม์ในการผลิตไอโซมอลโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (IMO)



รูปที่ ๔ โครงสร้างของไอโซมอลโทออลิโกแซ็กคาไรด์ (IMO) ชนิด ก. isomaltose, ข. isomaltotriose และ ค. panose

IMO จัดเป็นฟังก์ชันน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์ ประกอบด้วยหน่วยย่อยกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6 และอาจมีหรือไม่มีพันธะ α -1,4 โกลโคซิดิก^{๑๖} IMO ได้จากกระบวนการหมักของอาหารและน้ำตาล เช่น สาเก ซอสถั่วเหลือง และน้ำผึ้ง^{๑๗} การผลิต IMO เชิงพาณิชย์ใช้แบ่งเป็นสารตั้งต้นร่วมกับเอนไซม์ ๓ ชนิด เริ่มจากการทำงานของเอนไซม์ α -amylase (E.C. 3.2.1.1) และ pullulanase (E.C. 3.2.1.41) เพื่อเปลี่ยนแบ่งเป็น MOS ต่อจากนั้นเอนไซม์ α -glucosidase (E.C. 3.2.1.20) จะเร่งปฏิกิริยาการโยกย้าย α -1,4 มอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ไปสร้างเป็น α -1,6 มอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์เพื่อสร้าง IMO^{๑๘} ในปี ค.ศ. ๑๙๙๓ Sheu และคณะ^{๑๙} สามารถใช้เอนไซม์ α -transglucosidase (E.C. 2.4.1.24) จาก *Aspergillus niger* ATCC 42418 เพียงชนิดเดียวในการสังเคราะห์ IMO ผลผสมชนิด isomaltose, isomaltotriose และ panose (รูปที่ ๔) ด้วยวิธีการนี้มีการผลิตในเชิงพาณิชย์ใช้ชื่อทางการค้าว่า IMO syrup โดยใช้แป้งข้าวโพดเป็นสับสเตรท ต่อมาปี ค.ศ. ๒๐๐๒ Lee และคณะ^{๒๐} รายงานการใช้เอนไซม์แอมิโลมอลเทส (amylomaltase, AM; EC 2.4.1.25) จาก *Thermotoga maritima* ร่วมกับเอนไซม์มอลโทจินิกแอมิเลส (maltogenic amylase, MA; EC 3.2.1.133) จาก *Bacillus stearothermophilus* ในการผลิต IMO เป็นน้ำตาลพรีไบโอติกที่เป็นสารให้ความหวาน ไม่ให้พลังงาน เนื่องจากไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร เหมาะสำหรับใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาลในผู้ป่วยเบาหวาน หรือใช้เป็นน้ำตาลต้านฟันผุ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการยับยั้งเอนไซม์แอมิเลสในน้ำลายที่เป็นสาเหตุทำให้ฟันผุ และในปี ค.ศ. ๒๐๐๘ Sung และคณะ^{๒๑} รายงานการใช้เอนไซม์ dextransucrase จาก *Leuconostoc mesenteroides* สังเคราะห์ IMO ขนาด DP ๒-๔ หน่วยจากสับสเตรทตัวให้ซูโครสและตัวรับมอลโทส

IMO เป็นฟังก์ชันน้ำตาลโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่ได้รับความนิยมอย่างสูง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารสุขภาพ เนื่องจากมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก สามารถถูกหมักโดยโพรไบโอติกให้ butyrate ได้ ซึ่ง butyrate ที่เกิดขึ้นจะช่วยกระตุ้นให้เซลล์หยุดการเจริญเติบโตซึ่งนำไปสู่การตายตามธรรมชาติของเซลล์แบบอะพอพโทซิส (apoptosis) จากคุณสมบัตินี้ ช่วยสนับสนุนว่า IMO อาจมีฤทธิ์ต้านการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้^{๒๒} โดย IMO ที่มีสายยาวได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เนื่องจากมีประสิทธิภาพทำให้ bifidobacteria ในลำไส้ของมนุษย์เจริญได้ดีกว่าสายสั้น^{๒๓} ดังนั้นทำให้มีนักวิจัยหลายกลุ่มสนใจที่จะสังเคราะห์ IMO ให้องค์ประกอบหลักมีสายยาวมากกว่า DP ๓ ที่มีขายในเชิงพาณิชย์

๔. ประโยชน์ของพรีไบโอติกต่อสุขภาพผู้บริโภค

๔.๑ บรรเทาอาการท้องผูก^{๒๔,๒๕}

พรีไบโอติกจัดเป็นโอลิโกแซ็กคาไรด์ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายอาหารเส้นใย ซึ่งจะถูกลำเลียดและเมแทบอลิซึมด้วยแบคทีเรียที่ลำไส้ใหญ่ได้เป็นก๊าซชนิดต่างๆ เช่น H_2S , H_2 , CO_2 , NH_3 และ CH_4 ก๊าซชนิดต่างๆ ที่ผลิตจากกระบวนการหมักจะเพิ่มปริมาตรและลด transit time ของการย่อยอาหารในลำไส้ส่วนใหญ่ปัญหาอาการท้องผูกเกิดจาก slow transit time ดังนั้นการลด transit time จึงช่วยบรรเทาอาการท้องผูกได้ นอกจากนี้พรีไบโอติกยังช่วยเพิ่มปริมาณน้ำในลำไส้และผลิต short chain carboxylic acids เช่น acetate, propionate, butyrate และ lactate จากกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรีย ซึ่งผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำและกรดในลำไส้ จะส่งผลให้เพิ่มการบีบตัวของลำไส้ ทำให้เกิดการขับอุจจาระได้ง่ายขึ้น

๔.๒ ลดค่าพีเอช (pH) ของลำไส้และผลิต Short Chain Fatty Acids (SCFA)^{๒๖,๒๗}

กระบวนการหมักโปรตีนในลำไส้จะส่งผลให้ค่า pH ของลำไส้สูงจากผลของการผลิตก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) พบได้ใน Crohn's disease ในขณะที่กระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตพรีไบโอติกที่ลำไส้ใหญ่ให้เป็น SCFA ได้แก่ acetate, propionate, butyrate ซึ่ง SCFA ที่เกิดขึ้นจะทำให้ pH ลดลง มีผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของ pathogenic bacteria แต่ส่งเสริมการเจริญของ lactic acid bacteria และ bifidobacteria นอกจากนี้ acetate, propionate และ butyrate ที่เกิดขึ้นยังใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกายผ่านวัฏจักรเครบส์ (Krebs cycle)

๔.๓ ลดภาวะเสี่ยงต่อโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

ในปี ค.ศ. ๒๐๐๖ Gibson และ Rastall^{๒๘} ได้รายงานไว้ว่า butyrate ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักพรีไบโอติกด้วยแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหาร สามารถช่วยกระตุ้นให้เซลล์หยุดการเจริญเติบโต หยุดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และยังสามารถช่วยเพิ่มการตายตามธรรมชาติของเซลล์ (apoptosis) ซึ่งคุณสมบัติทั้ง ๓ ประการนี้ อาจมีฤทธิ์ในการต้านมะเร็งได้

๔.๔ ช่วยในการดูดซึม Ca^{2+} และ Mg^{2+}

ในปี ค.ศ. ๒๐๐๑ Scholz-Ahrens และคณะ^{๒๙} ได้รายงานไว้ว่าผลกระทบบางอย่างจากกระบวนการหมักพรีไบโอติกที่ทำให้ค่า pH ของทางเดินอาหารลดลง (เพิ่ม cation ion) ช่วยให้มีกรเพิ่มการซึมผ่านของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ในลำไส้ใหญ่ ทำให้มีการดูดซับแร่ธาตุที่ดีขึ้น เป็นประโยชน์ต่อการป้องกันโรคกระดูกพรุน

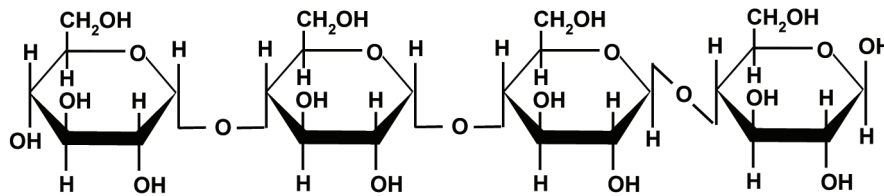
๔.๕ ช่วยลดระดับ LDL ในเลือด

มีรายงานการใช้สารสกัดจาก chicory (ซึ่งเป็นแหล่งสร้างอินนูลินพรีไบโอติก) และอินนูลิน กับหนูเป็นระยะเวลา ๔ สัปดาห์ พบว่าหนูกลุ่มที่ได้รับสารสกัดจาก chicory และหนูที่ได้รับอินนูลิน มีปริมาณ HDL เพิ่มขึ้นและมีปริมาณ LDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ^{๒๖}

๔.๖ กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน

พรีไบโอติกแสดงบทบาทที่สำคัญอย่างหนึ่งในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของ lactobacilli และ bifidobacteria

จึงส่งผลทางอ้อมต่อการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน^{๒๖,๒๗} โดยจากรายงานของ Kato และคณะในปีค.ศ. ๑๙๙๙^{๒๗} พบว่าแบคทีเรีย lactobacilli สามารถกระตุ้นการทำงานของโมโนไซต์/แมคโครฟาจในการสร้าง IL-12, TNF α และ IFN- γ ซึ่งจัดเป็นสารกลุ่ม pro-inflammatory cytokines หรือ anti-inflammatory cytokines ที่มีบทบาทสำคัญในการต่อต้านเชื้อก่อโรคต่างๆ ได้แก่ ไวรัส แบคทีเรีย โพรโตซัว รวมทั้งสารก่อมะเร็ง



รูปที่ ๕ โครงสร้างของเซลลูโลสโพลีแซ็กคาไรด์

บทสรุป: พรีไบโอติกในอนาคต

ตามที่ได้บรรยายไปแล้วว่า พรีไบโอติกมีประโยชน์ในหลายๆ ด้าน นอกเหนือจากผลกระทบบที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคแล้ว การเติมพรีไบโอติกลงไปในการอาหารยังช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของอาหาร เช่น ป้องกันความชื้น (hygroscopic prevention) ต่อด้านเชื้อแบคทีเรีย (antimicrobial activity) ป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีอาหาร (color prevention) และช่วยควบคุมจุดเยือกแข็งของอาหาร (regulation of freezing point) ช่วยเพิ่มรสชาติของการรับประทาน (mouthfeel) เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการผสมพรีไบโอติกลงไปในการอาหารหลายชนิด เช่น โยเกิร์ต นมเปรี้ยว และนมผงสำหรับทารก เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับน้ำนมแม่มากที่สุด (ในน้ำนมแม่จะมีพรีไบโอติกเป็นองค์ประกอบ^{๒๖}) โดยมุ่งเน้นในเรื่องการส่งเสริมสุขภาพ ตลอดจนการป้องกัน และรักษาโรค พรีไบโอติกที่นิยมเติมลงในนมผงสำหรับเลี้ยงทารกมักเป็นชนิดกัลแล็คโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ ฟรุคโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ หรืออินนูลิน เพื่อช่วยให้ระบบการขับถ่ายของทารกทำงานดีขึ้น และยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคต่างๆ ได้ด้วย ส่งผลให้ปัจจุบันการศึกษาวิจัยด้านพรีไบโอติกในการป้องกัน และรักษาโรคได้รับความนิยมน้อยอย่างแพร่หลาย ทั้งในสหรัฐอเมริกา ยุโรป และเอเชีย เนื่องจากพรีไบโอติกเป็นสารที่มีความปลอดภัย

สูง ไม่มีผลข้างเคียง และเป็นการรักษาที่ต้นเหตุของโรค ซึ่งเกิดจากความไม่สมดุลระหว่างร่างกายมนุษย์ และจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่อาศัยอยู่ในร่างกาย นอกจากนี้ยังมีหลักฐานทางการศึกษาที่ยืนยันชัดเจนว่าการทำงานร่วมกันของทั้งพรีไบโอติกและโพรไบโอติกส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันและลดอาการของโรคติดเชื้อในทางเดินอาหารได้และยังมีบทบาทสำคัญในการรักษาภาวะภูมิแพ้ เสริมสร้างการพัฒนา ระบบภูมิคุ้มกัน ตลอดจนการรักษาและป้องกันโรคต่างๆ ได้อีกหลายโรค ทำให้แนวโน้มในอนาคตมีนักวิจัยหลายๆ กลุ่มมุ่งศึกษาและสังเคราะห์สารโอลิโกแซ็กคาไรด์พรีไบโอติกตัวใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น Wongsangwattana และคณะ^{๒๘} ได้รายงานการสังเคราะห์โพลีแซ็กคาไรด์ชนิดใหม่ ที่ประกอบด้วยเซลลูโลสโพลีแซ็กคาไรด์ (รูปที่ ๕) จากการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ไซโคลเดกซ์ทรินไกลโคซิลทรานสเฟอเรส ด้วยการใส่ปีตา-ไซโคลเดกซ์ทรินซึ่งเป็นลัทธิสเตรทตัวให้และเซลลูโลสโพลีแซ็กคาไรด์เป็นลัทธิสเตรทตัวรับ จากผลการศึกษาพบว่าพรีไบโอติกตัวใหม่นี้มีคุณสมบัติที่สำคัญ ๓ ประการ คือ ๑) สามารถทนต่อการย่อยของเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร ๒) แต่ไม่ทนต่อการเมแทบอลิซึมของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหาร และ ๓) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น lactic acid bacteria และ bifidobacteria เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

๑. Gibson GR, Roberfroid MB. Handbook of prebiotics.1sted. New York: CRC Press Taylor & Francis Group; 2008.
๒. Gibson GR, Rastall RA. Prebiotics: Development & Application.1sted. London: John Wiley & Sons, Ltd.; 2006.
๓. Roberfroid MB. Prebiotics and probiotics: are they functional foods?. Am J Clin Nutr 2000;71:1682S-7S.
๔. Sako T, Matsumoto K, Tanaka R. Recent progress on research and applications of non-digestible galactooligosaccharides. Int Dairy J 1999;9:69-80.
๕. Martin MT. Synthesis of maltooligosaccharides via the acceptor reaction catalyzed by cyclodextrin glycosyltransferases. Biocatal Biotransfor 2001;19:21-35.
๖. Nakakuki T. 2002. Present status and future of functional oligosaccharide development in Japan. Pure Appl Chem 2002;74:1245-51.
๗. Sheu DC, Huang CL, Duan KJ. Production of isomaltooligosaccharides by α -glucosidase immobilized in chitosan beads and by polyethyleneimine-glutaraldehyde treated mycelia of *Aspergillus carbonarius*. Biotechnol Tech 1997;11:287-91.
๘. Takaha T, Smith SM. The functions of 4- α -glucanotransferases and their use for the production of cyclic glucans. Biotechnol Genet Eng Rev 1999;16: 257-80.
๙. Cho SS, Finocchiaro ET. Handbook of prebiotics and probiotics ingredients.1sted. New York: CRC Press Taylor & Francis Group; 2010.
๑๐. Yun JW, Lee MG, Song SK. Continuous production of isomalto-oligosaccharides from maltose syrup by immobilized cells of permeabilized *Aureobasidium pullulans*. Biotechnol Lett 1994;16:1145-50.
๑๑. Nakakuki T. Oligosaccharides: production, properties and applications.3rded. Yverdon: Gordon & Breach Science Publishers; 1993.
๑๒. Sheu DC, Wang SS, Huang SF, Wang HF, Duan KJ. Production of isomaltooligosaccharides by intracellular α -glucosidase from *Aspergillus niger* ATCC 42418. J Chinese Agric Chem Soc 1993;31:740-51.
๑๓. Lee HS, Auh JH, Yoon HG, Kim MJ, Park JH, Hong SS, et al. Cooperative action of alpha-glucanotransferase and maltogenic amylase for an improved process of isomaltooligosaccharide (IMO) production. J Agric Food Chem 2002;50:2812-27.
๑๔. Sung LM, Cho SK, Eom HJ, Kim SY, Kim TJ, Han NS. Optimized substrate concentrations for production of long-chain isomaltooligosaccharides using dextransucrase of *Leuconostoc mesenteroides* B-512F. J Microbiol Biotechn 2008;18:1141-5.
๑๕. Crittenden RG, Playne MJ. 1996. Production, properties and applications of food-grade oligosaccharides. Trends Food Sci Technol 1996;7:353-61.
๑๖. Goulas AK, Cooper JM, Grandison AS, Rastall RA. Synthesis of isomaltooligosaccharides and oligodextrans in a recycle membrane bioreactor by the combined use of dextransucrase and dextranase. Enzyme Microb Tech 2004;35:327-338.
๑๗. Kaneko T, Kohmoto T, Kikuchi H, Shiota M, Iino H, Mitsuoka T. Effects of isomaltooligosaccharides with different degrees of polymerization on human fecal bifidobacteria. Biosci Biotech Bioch 1994;58:2288-90.
๑๘. Kohmoto T, Fukui F, Takaku H, Machida Y, Arai M, Mitsuoka T. Effect of isomaltooligosaccharides on human fecal flora. Bifidobact Microflora 1998;7:61-9.
๑๙. Kaneko T, Kohmoto T, Kikuchi H, Shiota M, Yatake T, Iino H, et al. Effects of isomaltooligosaccharides intake on defecation and intestinal environment in healthy volunteers. Journal of Home Economics of Japan 1993;44:245-254.
๒๐. Scholz-Ahrens KE, Schaafsma G, van der Heuvel EG, Schrezenmeir J. Effect of prebiotics on mineral metabolism. Am J Clin Nutr 2001;73:459S-64S.
๒๑. Kikuchi H, Nagura T, Inoue M, Kishida T, Sakurai H, Yokota A, et al. Physical, chemical and physiological properties of difructose anhydride III produced from inulin by enzymatic reaction. J Appl Glycosci 2004;51:291-6.
๒๒. Kato I, Tanaka K, Yokokura T. Lactic acid bacterium potently induces the production of interleukin-12 and interferon-gamma by mouse splenocytes. Int J Immunopharmacol 1999;21:121-31.

๒๓. Wongsangwattana W, Kaulpiboon J, Ito K, Pongsa-wasdi, P. Synthesis of cellobiose-containing oligo-saccharides by intermolecular transglucosylation of cyclodextrin glycosyltransferase from *Paenibacillus* sp. A11. *Process Biochem* 2011;45:947-53.

Abstract

Prebiotics: Health-Promoting Food

Prakarn Rudeekulthamrong*, Jarunee Kaulpiboon**

* Department of Biochemistry, Phramongkutklao College of Medicine, Bangkok

** Division of Biochemistry, Department of Pre-Clinical Science, Faculty of Medicine, Thammasat University

Prebiotics are functional food that cannot be digested and absorbed in the small intestine, so it passes into the large intestine unchanged. Prebiotics play the role as habitat and promote the specific growth of beneficial microorganisms to health (probiotics) such as lactobacilli and bifidobacteria but decrease the numbers of pathogenic microorganisms. Thus, they have positive effects on the health of consumers such as constipation relief, reduction of gastrointestinal infection, hypersensitivity prevention, reduction of blood cholesterol level, enhancement of calcium absorption and reduction of colon cancer risk. Prebiotics occur naturally in various foods, especially, in fruits, vegetables and some cereals. In commerce, they are synthesized from bacterial enzyme reactions e.g. transglucosidase, amylomaltase and dextransucrase in which give higher yield and could control the length of oligosaccharides. Presently, a mixture of prebiotics and probiotics that is named synbiotics, is receiving much commercial interest and incorporated into many foods such as health beverages, yogurts and infant formulas to improve beneficial bacterial balance in the gastrointestinal tract of host.

Key words: Prebiotics, Probiotics, Synbiotics, Malto-oligosaccharides, Isomalto-oligosaccharides