



ใยอาหาร :

อาหารจากโปรดของจุลินทรีย์ในลำไส้

Dietary fiber : The favorite food for human gut microbiota

ดร.อรวรรณ ละองคำ (Dr. Orawan La-ongkham)

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ (Department of Applied Microbiology)

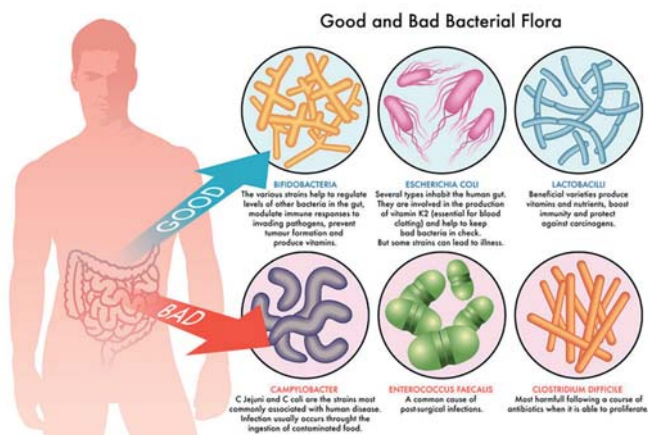
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

คนเราจะมีความสุขหรือไม่ดีสามารถดูได้จากลำไส้ ถ้าลำไส้มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีย่อมส่งผลให้สุขภาพโดยรวมของร่างกายดีไปด้วย โดยทั่วไปเรารู้กันอยู่แล้วว่าการรับประทานอาหารที่มีประโยชน์ ถูกสุขลักษณะ ไม่มีสารพิษปนเปื้อน รวมทั้งการรับประทานผักและผลไม้ให้อยู่ในระดับที่เพียงพอกับที่ร่างกายต้องการคือพื้นฐานสำคัญที่จะทำให้ลำไส้ของเรามีสุขภาพที่ดี แต่ใครจะรู้บ้างว่าภายใต้ระบบทางเดินอาหารของเรานั้น มีผู้พิทักษ์ลำไส้อาศัยอยู่เป็นจำนวนมหาศาล ซึ่งก็คือกลุ่มจุลินทรีย์ประจำถิ่นหรือไม่ใครไปโอด้า จุลินทรีย์เหล่านี้เป็นกุญแจที่สำคัญของการมีสุขภาพลำไส้ที่ดี

ไมโครไบโอด้าผู้พิทักษ์ลำไส้

ระบบทางเดินอาหารของคนเรานอกจากจะมีบทบาทที่สำคัญในการย่อยและการดูดซึมสารอาหารแล้ว ยังมีความใกล้ชิดและสัมพันธ์กับระบบภูมิคุ้มกันอีกด้วย เนื่องจากภายใต้ระบบทางเดินอาหารโดยเฉพาะบริเวณลำไส้มีเซลล์ในระบบภูมิคุ้มกันที่เรียกว่า GALT (gut associated lymphoid tissue) อยู่มากที่สุดถึง 70% การตอบสนองทางภูมิคุ้มกันภายในทางเดินอาหาร (gut immunity) สามารถส่งผลต่อระบบภูมิคุ้มกันโดยรวมของทั้งร่างกาย (Vighi *et al.*, 2008) นอกจากนี้ในระบบทางเดินอาหารยังมีจุลินทรีย์ประจำถิ่นประกอบด้วย แบคทีเรีย ยีสต์ รา และไวรัส ซึ่ง



มีชื่อเรียกรวมว่า ไมโครไบโอด้า (microbiota) อาศัยอยู่เป็นจำนวนมหาศาล โดยเฉพาะบริเวณลำไส้มีจำนวน 500 - 1,000 สปีชีส์ มีเซลล์มากถึง 100 ล้านล้านเซลล์ ซึ่งมากกว่าเซลล์มนุษย์ถึง 10 เท่า ดังนั้นไมโครไบโอด้าเหล่านี้ล้วนมีความสัมพันธ์กับร่างกายและมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งต่อสุขภาพของเรา (Prakash *et al.*, 2011; Clemente *et al.*, 2012; Putignani *et al.*, 2014)

จุลินทรีย์ในลำไส้จัดจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์เดียวกัน ได้แก่ 1) จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (symbiont) เช่น *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Clostridium* clusters XIVa และ IVa (butyrate producers), *Faecalibacterium prausnitzii*, *Prevotella* และ *Roseburia* 2) จุลินทรีย์ก่อโรค (pathobiont) เช่น *E. coli* (สายพันธุ์ก่อโรค), *Campylobacter jejuni*, *Helicobacter pylori*, *Salmonella enterica* และ *Vibrio cholera* 3) จุลินทรีย์ที่ไม่ก่อประโยชน์และโทษ (commensal) เช่น *E. coli*, Ruminococci และ Eubacteria (Round and Mazmanian, 2009; Hollister *et al.*, 2014) สำหรับคนที่มีสุขภาพดีนั้น จะมีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และจุลินทรีย์ก่อโรคอยู่ร่วมกันอย่างสมดุลและควบคุมซึ่งกันและกัน จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้จะมีบทบาทที่สำคัญในการรักษาภาวะสมดุลของร่างกายและกระบวนการเมแทบอลิซึม เช่น สนับสนุนระบบการย่อยอาหารและการดูดซึมสารอาหาร ผลิตภัณฑ์เมแทโบไลต์ที่มีประโยชน์ รวมทั้งมีบทบาทในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Clemente *et al.*, 2012; Chow *et al.*, 2010) ดังนั้นสมดุลจุลินทรีย์จึงเป็นกุญแจสำคัญของการมีสุขภาพดี

แนวทางการบริโภคอาหารเพื่อส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ในลำไส้

การประชุมคณะกรรมการแพทย์ในงานประชุมเกี่ยวกับโภชนาการทางการแพทย์ International Conference on Nutrition in Medicine (ICNM) ณ กรุงวอชิงตัน ดีซี วันที่ 29 กรกฎาคม 2559 ได้เสนอแนวทางการบริโภคอาหาร เพื่อส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารดังนี้ (มีการอัปเดตข้อมูลอีกครั้งเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2560) (The Physicians Committee's Nutrition Department, 2016)

1. ควรรับประทานอาหารจากพืชเป็นหลัก เช่น ผัก ผลไม้ ธัญพืช และ ถั่วชนิดต่าง ๆ
2. ควรรับประทานอาหารที่มีใยอาหารอย่างน้อยที่สุดวันละ 50-55 กรัม
3. ควรรับประทานอาหารจากพืชที่เป็นแหล่งของพรีไบโอติกอย่างน้อยที่สุดวันละ 5-8 กรัม
4. ควรรับประทานอาหารหมักหรืออาหารที่มีโพรไบโอติก (โพรไบโอติก หมายถึง จุลินทรีย์ที่มีชีวิตซึ่งเมื่อร่างกายได้รับในปริมาณที่เพียงพอจะทำให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ด้านสุขภาพ)
5. หลีกเลี่ยงการรับประทานเนื้อแดง ผลิตภัณฑ์จากนมไขมันสูง อาหารทอด และอาหารที่มีสาร AGEs สูง ได้แก่ อาหารที่มีน้ำตาล

เป็นส่วนประกอบ อาหารแปรรูป เนื้อสัตว์ที่มีไขมันสูง และอาหารที่ถูกปรุงเป็นสีน้ำตาลทุกชนิด (AGEs: Advanced Glycation End Products เป็นสารประกอบที่เป็นอันตรายต่อเซลล์ สามารถทำปฏิกิริยากับเนื้อเยื่อต่าง ๆ ส่งผลให้เซลล์และองค์ประกอบของเซลล์เสื่อมหรือทำให้เราแก่เร็วขึ้น)

6. จำกัดการรับประทานอาหารที่มีไขมันสูงในกรณีที่เป็นหรือมีความเสี่ยงของการเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2
7. ใช้น้ำดื่มที่สะอาดที่จำเป็น

การรับประทานอาหารที่มาจากพืชเป็นหลัก เช่น บร็อคโคลี่ ถั่ว ถั่วต่าง ๆ อาร์ติโชค และบลูเบอร์รี่ รวมถึงอาหารหมัก (รูปที่ 1) นอกจากจะสามารถกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้แล้วยังช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน ป้องกันการอักเสบ รวมทั้งป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ได้อีกด้วย (Scott *et al.*, 2008; Rios-Covián *et al.*, 2016; Holscher, 2017)

ใยอาหารและพรีไบโอติก

การรับประทานผักและผลไม้ นอกจากเราจะได้รับวิตามินและเกลือแร่แล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมหาศาลและขาดไม่ได้ นั่นก็คือ “ใยอาหาร” (dietary fiber) ปัจจุบันการบริโภคใยอาหารได้ ได้รับความสนใจอย่างมากทั้งจากนักโภชนาการ นักวิชาการ แพทย์ และ ผู้บริโภคที่ใส่ใจต่อสุขภาพ คณะกรรมการโคเด็กซ์ (Codex Alimentarius Commission) (Alimentarius, 2010) ได้เสนอคำจำกัดความของใยอาหารไว้ดังนี้ “พอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำตาลต่อกัน 10 โมเลกุลหรือมากกว่า ไม่สามารถถูกย่อยได้โดยเอนไซม์ในลำไส้เล็กของมนุษย์ และจัดแบ่งเป็นกลุ่มดังนี้ 1) กลุ่มพอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตส่วนที่รับประทานได้ซึ่งพบ

Broccoli, Cruciferous Vegetables
Packed with Glucosinolates
Fight Inflammation and Cancer

Bananas
Fight Inflammation
Stabilize Gut Bacteria

Beans
Release Short-Chain Fatty Acids
Boost Vitamin Absorption, Satiety

Jerusalem Artichokes
Rich in Inulin Fiber
Strong Prebiotic

Boost Healthy Gut Bacteria with Plant-Based Foods

Enhance Immune Function Prevent Colon Cancer Fight Inflammation Boost Metabolism

Blueberries
Enhance Immune System
Destroy Harmful Bacteria

Polenta
High in Fiber
Fermentable Component

Miso Soup
Relaxes blood pressure

Tempeh
Crowds Out Unhealthy Bacteria
Boosts Nutrient Absorption

PhysiciansCommittee
for Responsible Medicine

รูปที่ 1 แหล่งอาหารจากพืชที่มีใยอาหารสูง เช่น บร็อกโคลี่ ถั่วฝักยาว ถั่วต่าง ๆ อาร์ติโชค และบลูเบอร์รี่ รวมทั้งอาหารหมัก สามารถกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้

ที่มา: <https://www.pcrm.org/health/reports>

โดยธรรมชาติในอาหารที่บริโภค 2) กลุ่มของพอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากวัตถุดิบอาหารด้วยวิธีทางกายภาพ เอนไซม์ หรือเคมี และ 3) กลุ่มของพอลิเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตที่สังเคราะห์ขึ้น ซึ่งสองกลุ่มหลังต้องมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานผู้ชำนาญการว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ”

โดยทั่วไปใยอาหารสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) ใยอาหารที่ละลายในน้ำ (soluble fiber) เช่น กัม (gum) สารเมือก (mucilages) เบต้า-กลูแคน (β -glucan) เพกทิน (pectin)

อินูลิน (inulin) และแป้งทนการย่อย (resistant starch) เป็นต้น ใยอาหารกลุ่มนี้มักพบในถั่วทุกชนิด ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ แอปเปิ้ล ส้ม พ룬 สตอร์เบอร์รี่ บลูเบอร์รี่ ถั่วฝักยาว ถั่ว น้อยหน่า มะขามเทศ และแครอท เป็นต้น ใยอาหารประเภทนี้จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยได้

2) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) มักเป็นส่วนโครงสร้างของผนังเซลล์พืช ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน มักพบในธัญพืชทั้งเมล็ด ข้าวโพด ผลไม้บางชนิด ผักต่าง ๆ เช่น กะหล่ำดอก ถั่วแขก และมันฝรั่ง เป็นต้น ใยอาหารประเภทนี้จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ไม่สามารถย่อยได้ (Scott *et al.*, 2008; Rios-Covián *et al.*, 2016; Holscher, 2017)

พรีไบโอติก (prebiotic) หมายถึง ใยอาหารที่รับประทานเข้าไปแล้วสามารถทนต่อสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร ไม่ถูกย่อย

โดยเอนไซม์ในร่างกาย และไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก สามารถผ่านลงไปยังลำไส้ใหญ่ เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์กลุ่มที่มีประโยชน์ได้ เช่น *Bifidobacteria*, *Lactobacilli* และ *Faecalibacterium prausnitzii* เป็นต้น ซึ่งผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักโดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถส่งเสริมสุขภาพมนุษย์ได้ (Gibson *et al.*, 2010; Slavin, 2013; Bindels *et al.*, 2015; Thomas *et al.*, 2015) แหล่งของพรีไบโอติกพบได้ในอาหารหลายชนิดส่วนใหญ่พบในผักและผลไม้ เช่น ข้าวสาลี กระเทียม กล้วย หอมหัวใหญ่ แอปเปิ้ล ต้นหอม หน่อไม้ฝรั่ง อาร์ติโชค และรากชิโครี รวมทั้งเมล็ดธัญพืช เป็นต้น (Slavin, 2013) พรีไบโอติกที่นิยมนำใช้ในงานวิจัยทางคลินิก ได้แก่ ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharide: FOS) กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (galactooligosaccharide: FOS) และอินูลิน (Inulin) เป็นต้น (Slavin, 2013; Ríos-Covián *et al.*, 2016)

แหล่งของใยอาหารจากผักและผลไม้ มีองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะเฉพาะทางเคมีกายภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้นการรับประทานอาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารหลากหลายชนิด จะทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากใยอาหารทั้งสองกลุ่ม และยังช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ชนิดต่าง ๆ ในลำไส้ได้อีกด้วย

หน้าที่และประโยชน์ของใยอาหาร

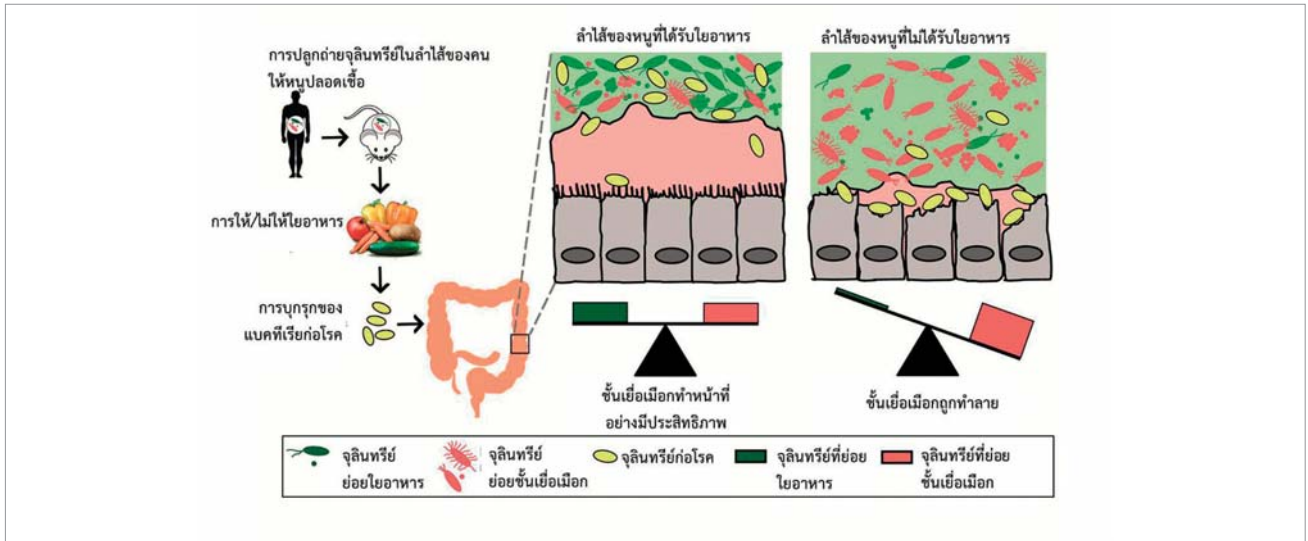
หน้าที่ของใยอาหารทั้งสองประเภทคือ การสร้างสุขภาวะและส่งเสริมการทำงานของระบบขับถ่ายให้ทำงานอย่างเป็นปกติ ใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยใยอาหารที่ไม่ถูกหมักในลำไส้ส่วนใหญ่จะเป็นประเภทไม่ละลายน้ำ จะมีส่วนช่วยในการเพิ่มมวลของอุจจาระ ช่วยลดระยะเวลาการเคลื่อนที่ของอุจจาระในลำไส้ใหญ่ทำให้มีการขับถ่ายบ่อยขึ้น ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการสัมผัสของเซลล์เยื่อบุลำไส้และสารพิษ ช่วยเพิ่มความหนืดของอาหารที่ย่อยแล้ว ส่งผลให้อัตราการดูดซึมน้ำตาลกลูโคสในลำไส้เล็กช้าลง ทำให้การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลในเลือดหลังการบริโภคอาหารลดลง ส่วนใยอาหารประเภทละลายน้ำจะถูกหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้เกิดผลผลิตเป็นกรดไขมันสายสั้นหลายชนิด (short chain fatty acid; SCFA) ได้แก่ อะซิเตต (acetate) โพรพิโอเนต (propionate) และบิวทิเรต (butyrate) เป็นต้น กรดไขมันสายสั้นเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญต่อสุขภาพของลำไส้เป็นอย่างมาก โดยมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียก่อโรค เนื่องจากทำให้ความเป็นกรด-ด่างในลำไส้ใหญ่ลดลง ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเยื่อบุผิวภายในลำไส้ ช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแร่ธาตุและสารอาหารได้ดีขึ้น ช่วยควบคุมสมดุลของน้ำตาลกลูโคส ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของระบบภูมิคุ้มกัน มีฤทธิ์ต้านการอักเสบ ตลอดจนช่วย

ควบคุมความอยากอาหารอีกด้วย (Scott *et al.*, 2008; Ríos-Covián *et al.*, 2016; Holscher, 2017)

มีงานวิจัยพบว่า การไม่รับประทานใยอาหารก่อให้เกิดผลเสียต่อลำไส้ได้ ดังรายงานของ Desai และคณะ (Desai *et al.*, 2016) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการรับประทานใยอาหารต่อจุลินทรีย์ในลำไส้และความเสี่ยงต่อการเกิดโรคในหนูทดลอง โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยการปลูกถ่ายจุลินทรีย์ในลำไส้ของคนให้หนูปลอดเชื้อ จากนั้นแบ่งการทดลองออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ หนูที่กินอาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารเปรียบเทียบกับหนูที่ไม่ได้กินใยอาหาร จากผลการทดลองพบว่า ในกลุ่มหนูที่ไม่ได้กินใยอาหารนั้น ชั้นเยื่อเมือก (mucus layer) ซึ่งทำหน้าที่สำคัญเป็นด่านป้องกันเชื้อโรคด่านแรกถูกทำลาย เนื่องจากเมื่อไม่มีใยอาหารซึ่งทำหน้าที่เป็นสับสเตรตของจุลินทรีย์ในลำไส้ จุลินทรีย์จึงทำการย่อยสลายชั้นเยื่อเมือกซึ่งเป็นสารประกอบพวกไกลโคโปรตีนเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารในการเจริญ จึงทำให้ผนังเยื่อเมือกถูกทำลายและส่งผลให้เชื้อโรคบุกรุกเข้ามาได้ (รูปที่ 2)

กระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้

ใยอาหารซึ่งไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ที่มีในร่างกายจะถูกลำเลียงไปยังลำไส้ใหญ่โดยไม่เปลี่ยนสภาพและถูกขับถ่ายออกในรูปของอุจจาระ หรืออาจเกิดกระบวนการหมัก (fermentation) โดยจุลินทรีย์ประจำถิ่นในลำไส้ใหญ่ ได้ผลิตผลหลักเป็นกรดไขมันสายสั้น ได้แก่ อะซิเตต โพรพิโอเนต และ บิวทิเรต รวมทั้งก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของใยอาหาร และระบบเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่มีความจำเพาะต่อสับสเตรตนั้น ๆ (Scott *et al.*, 2008; Holscher, 2017)

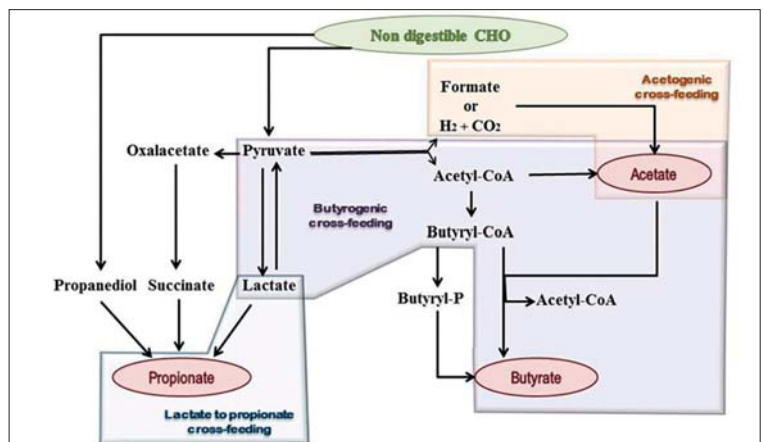


รูปที่ 2 การไม่รับประทานอาหารที่มีใยอาหารส่งผลให้ชั้นเยื่อเมือกซึ่งทำหน้าที่เป็นปราการป้องกันเชื้อโรคด่านแรกถูกทำลาย
ที่มา: Desai et al. (2016)

แบคทีเรียในลำไส้มีเอนไซม์หลากหลายชนิด เช่น glycoside hydrolases, glycosyltransferases, polysaccharide lyases และ carbohydrate esterases ซึ่งสามารถย่อยใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic linkage) แตกต่างกันได้ แบคทีเรียบางชนิดมีระบบเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายได้ถึง 12 ชนิด เช่น *Bacteroides thetaiotaomicron* และ *B. ovatus* ในขณะที่แบคทีเรียอื่น ๆ มีเอนไซม์ที่ย่อยสลายได้เพียง 1-2 ชนิด (Martens et al., 2011; Scott et al., 2008)

การย่อยสลายประเภทใยอาหารในลำไส้เกิดขึ้นเป็นลำดับต่อ ๆ กัน โดยกลุ่มแบคทีเรียหลายชนิดมากกว่าแบคทีเรียเพียงชนิดเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3 และตารางที่ 1 อะซิเตตเป็นผลผลิตที่แบคทีเรียสร้างขึ้นในลำไส้มากที่สุด ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนกรดไขมันสายสั้นทั้งหมด แบคทีเรียในลำไส้ส่วนใหญ่สามารถผลิตอะซิเตตได้จากไพรูเวท (pyruvate) รวมทั้งจากก๊าซไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์หรือกรดฟอร์มิกโดยแบคทีเรียกลุ่ม acetogenic bacteria เช่น *Blautia hydrogenotrophica*, *Clostridium* spp. และ *Streptococcus*

spp. เป็นต้น โพรพิโอเนตสามารถผลิตได้จากซักซีเนต (succinate) แล็กเตต (lactate) และโพรเพนไดออล (propanediol) ผ่านวิถีเมแทบอลิซึมที่แตกต่างกันของแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ เช่น *Bacteroides* spp., *Megasphaera elsdenii* และ *Roseburia inulinivorans* เป็นต้น ส่วนบิวทิเรตผลิตได้จาก butyryl-CoA โดยแบคทีเรียกลุ่ม butyrate-producing bacteria เช่น *Faecalibacterium*, *Eubacterium* และ *Roseburia* เป็นต้น จะเห็นได้ว่ากลุ่มแบคทีเรียในลำไส้มีการเจริญร่วมกัน แบคทีเรียชนิดหนึ่งสามารถใช้ผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นจากแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งเป็นแหล่งอาหารได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า cross-feeding ซึ่งจะมีประโยชน์ในการช่วยรักษาสสมดุลของกรดไขมันสายสั้นภายในระบบทางเดินอาหาร (Ríos-Covián et al., 2016)



รูปที่ 3 กระบวนการย่อยสลายประเภทใยอาหารในลำไส้เกิดขึ้นเป็นลำดับต่อ ๆ กัน โดยกลุ่มแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ ได้ผลิตหลักเป็นกรดไขมันสายสั้น ได้แก่ อะซิเตต (acetate) โพรพิโอเนต (propionate) และบิวทิเรต (butyrate)

ที่มา: Ríos-Covián et al. (2016)

นอกจากนี้พบว่า แบคทีเรียชนิดเดียวกันสามารถผลิตกรดไขมันสายสั้นได้มากกว่าหนึ่งชนิด เช่น *Bacteroides* spp. สามารถสังเคราะห์อะซีเตตและโพรพิโอเนตได้ แบคทีเรียบางชนิดสามารถใช้สับสเตรตได้มากกว่าหนึ่งชนิดในการผลิตกรดไขมันสายสั้น เช่น *Eubacterium hallii* สามารถใช้อะซีเตตและแลกเตตเพื่อผลิตบิวทิเรตได้ (ตารางที่ 1) กรดไขมันสายสั้นที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญต่อสุขภาพมนุษย์อย่างมากดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น

งานวิจัยด้านอาหารและการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร

อาหารที่เรารับประทานเข้าไปนอกจากจะเพื่อดำรงชีพแล้ว ยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ อีกด้วย ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

ตารางที่ 1 การผลิตกรดไขมันสายสั้นโดยจุลินทรีย์ในลำไส้

ชนิดของกรดไขมันสายสั้น	วิถีเมแทบอลิซึม	ผู้ผลิต
อะซีเตต (acetate)	pyruvate via acetyl-CoA	<i>Akkermansia muciniphila</i> , <i>Bacteroides</i> spp., <i>Bifidobacterium</i> spp., <i>Prevotella</i> spp., <i>Ruminococcus</i> spp.
	Wood-Ljungdahl pathway	<i>Blautia hydrogenotrophica</i> , <i>Clostridium</i> spp., <i>Streptococcus</i> spp.
โพรพิโอเนต (propionate)	succinate pathway	<i>Bacteroides</i> spp., <i>Phascolarctobacterium succinatutens</i> , <i>Dialister</i> spp., <i>Veillonella</i> spp.
	acrylate pathway	<i>Megasphaera elsdenii</i> , <i>Coprococcus catus</i>
	propanediol pathway	<i>Salmonella</i> spp., <i>Roseburia inulinivorans</i> , <i>Ruminococcus obeum</i>
บิวทิเรต (butyrate)	phosphotransbutyrylase/ butyrate kinase route	<i>Coprococcus comes</i> , <i>Coprococcus eutactus</i>
	butyryl-CoA: acetate CoA-transferase route	<i>Anaerostipes</i> spp. (A, L), <i>Coprococcus catus</i> (A), <i>Eubacterium rectale</i> (A), <i>Eubacterium hallii</i> (A, L), <i>Faecalibacterium prausnitzii</i> (A), <i>Roseburia</i> spp. (A)

A และ L หมายถึง อะซีเตต และ แลกเตต ซึ่งทำหน้าที่เป็นสับสเตรตในการผลิตบิวทิเรต
ที่มา: Koh et al. (2016)

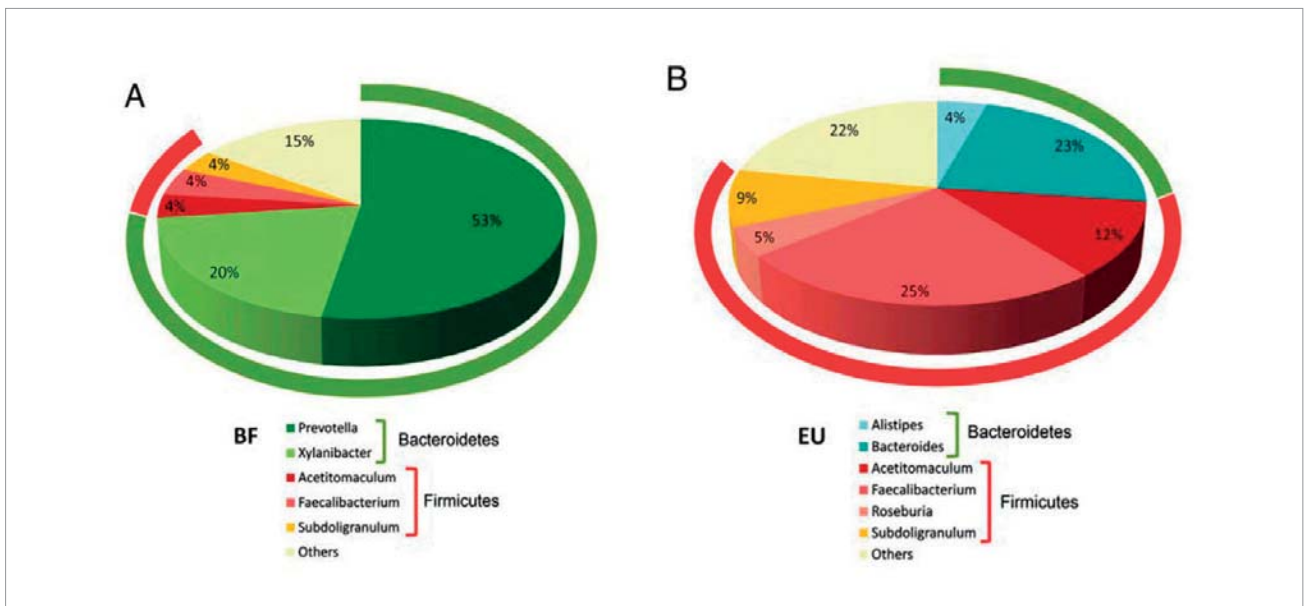
ในปัจจุบันทำให้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารโดยการศึกษาพันธุกรรมของจุลินทรีย์ (metagenomics) เกิดขึ้นมากมายและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เข้าใจถึงบทบาทหน้าที่ และความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์มากยิ่งขึ้น โดยมีการศึกษาจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของคนสุขภาพดีเพื่อใช้เป็นตัวชี้วัด (biomarker) จุลินทรีย์สุขภาพ รวมทั้งมีงานวิจัยให้อาสาสมัครบริโภคอาหารที่มีแหล่งของใยอาหาร หรือพรีไบโอติก รวมทั้งอาหารหมัก เพื่อปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

งานวิจัยของ De Filippo et al. (2010) ได้ทำการศึกษากลุ่มจุลินทรีย์ในลำไส้ของเด็กสุขภาพดี อายุระหว่าง 1-6 ปี จำนวน 2 กลุ่ม ที่มีความแตกต่างกันด้านถิ่นที่อยู่อาศัยและการบริโภคอาหาร เด็กกลุ่มแรก (BF) อาศัยอยู่ในเขตชนบทของประเทศบูร์กินาฟาโซแถบแอฟริกาบริโภค

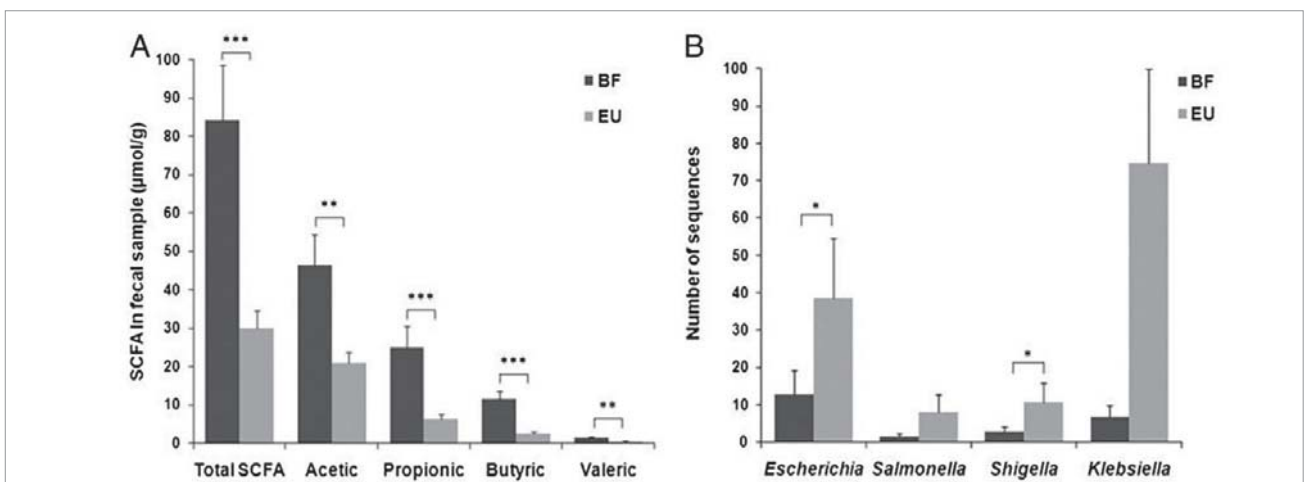
อาหารจากพืชเป็นหลักซึ่งอุดมไปด้วยใยอาหาร ได้แก่ เมล็ดธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง และผักชนิดต่าง ๆ ส่วนเด็กกลุ่มที่สอง (EU) อาศัยอยู่ในเมืองฟลอเรนซ์ ประเทศอิตาลี บริโภคอาหารแบบตะวันตกซึ่งประกอบไปด้วยโปรตีนจากเนื้อสัตว์ น้ำตาลและแป้ง เป็นหลัก เมื่อทำการวิเคราะห์จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารพบว่า เด็กทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันของจุลินทรีย์ในลำไส้อย่างมีนัยสำคัญ โดยจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่พบในระบบทางเดินอาหารของเด็กกลุ่ม BF นี้ คือไฟลัม *Bacteroidetes* โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสกุล *Prevotella* (53%) และ *Xylanibacter*

(20%) (รูปที่ 4) จุลินทรีย์เหล่านี้มีระบบเอนไซม์ที่สามารถย่อยเซลลูโลส ไซลแลน และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนประกอบของใยอาหารได้ผลผลิตเป็นกรดไขมันสายสั้น (SCFAs) หลายชนิด ได้แก่ อะซีเตต โพรพิโอเนต และบิวทิเรต ซึ่งมีปริมาณที่แตกต่างกับกลุ่มเด็ก EU อย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในรูปที่ 5A นอกจากนี้พบว่าจุลินทรีย์จีโนส *Escherichia*, *Salmonella Shigella* และ *Klebsiella* ซึ่งเป็นแบคทีเรียก่อโรครามีจำนวนลดลงในกลุ่มเด็ก BF (รูปที่ 5B)

สำหรับข้อมูลทางจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารของคนไทยได้มีการศึกษาด้วยเช่นกัน ดังงานวิจัยของ Ruengsomwong *et al.* (2016) ได้ทำการศึกษาดังกล่าวในระบบทางเดินอาหารของคนไทยวัยผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่รับประทานมังสวิรัต จำนวน 36 คน เปรียบเทียบกับคนที่ไม่รับประทานมังสวิรัตจำนวน 36 คน พบว่าจุลินทรีย์ในลำไส้ของคนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันในเชิงปริมาณและคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบจุลินทรีย์ *Prevotella copri* เป็นชนิดเด่นในคนที่รับประทานมังสวิรัต ในขณะที่กลุ่มคนที่ไม่รับประทานมังสวิรัตจะพบกลุ่ม *Bacteroides* เป็นชนิดเด่น นอกจากนี้พบว่า กลุ่มแบคทีเรียก่อโรคได้แก่ *E. coli*, *E. hermannii* และ *Bilophila wadsworthia* ในกลุ่มคนที่รับประทานมังสวิรัตมีปริมาณลดลงด้วย



รูปที่ 4 ความแตกต่างของกลุ่มจุลินทรีย์ในลำไส้ของเด็กกลุ่ม BF ซึ่งบริโภคอาหารจากพืชเป็นหลัก และเด็กกลุ่ม EU ซึ่งรับประทานอาหารแบบตะวันตก ที่มา: De Filippo *et al.* (2010)



รูปที่ 5 ความแตกต่างของกรดไขมันสายสั้นชนิดต่าง ๆ (A) และปริมาณเชื้อแบคทีเรียก่อโรครในระบบทางเดินอาหาร (B) ระหว่างเด็กกลุ่ม BF และ EU ที่มา: De Filippo *et al.* (2010)

งานวิจัยของ La-ongkham *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาข้อมูลทางจุลินทรีย์ในกลุ่มเด็กไทยสุขภาพดีจำนวน 60 คน ที่มีถิ่นที่อยู่อาศัยและมีการบริโภคอาหารแตกต่างกันจากจังหวัดกรุงเทพฯ และจังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นตัวแทนของเด็กในเมืองและชนบทพบว่า เด็กชนบทซึ่งมีการรับประทานอาหารที่หลากหลายชนิดมากกว่าเด็กในเมืองจะส่งผลต่อการเจริญของเชื้อในไฟลัม *Firmicutes* และ *Bacteroidetes* มากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าการบริโภคผักชนิดต่าง ๆ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในกลุ่ม *Lactobacillus* และ *Prevotella*

การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารพรีไบโอติก รวมทั้งอาหารหมัก สามารถปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ได้ อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ส่งผลให้มีการผลิตกรดไขมันสายสั้นซึ่งมีบทบาทที่สำคัญต่อสุขภาพดังตัวอย่างงานวิจัยในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างกรณีศึกษาการให้กลุ่มอาสาสมัครรับประทานอาหารประเภทใยอาหาร พรีไบโอติก หรืออาหารหมัก เพื่อปรับสมดุลของจุลินทรีย์และกรดไขมันสายสั้นในลำไส้

กลุ่มอาสาสมัคร	อาหารควบคุม	ผลลัพธ์ที่ได้
• คนสุขภาพดี อายุ 20–50 ปี จำนวน 17 คน (Ross <i>et al.</i> , 2013)	รับประทานอาหารควบคุมประกอบด้วย เมล็ดธัญพืช (WG) และเมล็ดธัญพืชที่ผ่านการขัดสี (RG) เป็นเวลา 2 สัปดาห์	เฉพาะอาหาร WG: ↑ อะซีเตต ↑ บิวทิเรต
• คนสุขภาพดี อายุ 18–24 ปี จำนวน 60 คน (Lecerf <i>et al.</i> , 2012)	รับประทานอาหารควบคุมประกอบด้วย ไชโลโอลิโกแซ็กคารไรด์ (XOS) และอินูลินผสมไชโลโอลิโกแซ็กคารไรด์ (INU-XOS) เป็นเวลา 4 สัปดาห์	อาหาร XOS: ↑ เชื้อ bifidobacteria ↑ บิวทิเรต ↓ อะซีเตต อาหาร INU-XOS: ↑ โพรพิโอเนต ↔ อะซีเตต
• คนอ้วนเพศหญิง อายุ 18–65 ปี จำนวน 30 คน (Salazar <i>et al.</i> , 2015)	รับประทานอาหารควบคุม ประกอบด้วย อินูลินและมอลโทเดกซ์ทริน เป็นเวลา 3 เดือน	อาหาร อินูลิน: ↓ กรดไขมันสายสั้นทั้งหมด ↓ อะซีเตต ↓ โพรพิโอเนต ↑ เชื้อ bifidobacteria
• ผู้ป่วยที่มีการให้อาหารผ่านสายให้อาหาร จำนวน 41 คน (Majid <i>et al.</i> , 2011)	รับประทานอาหารควบคุม ประกอบด้วย ฟรุกโตโอลิโกแซ็กคารไรด์ และใยอาหาร เป็นเวลา 12 วัน	↑ บิวทิเรต
• ผู้ป่วยโรค IBS เพศหญิง อายุ 20-69 ปี จำนวน 32 คน (Veiga <i>et al.</i> , 2014)	รับประทานอาหารควบคุม ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์นมหมัก เป็นเวลา 4 สัปดาห์	↑ กลุ่มเชื้อที่มีความสามารถผลิตบิวทิเรต ได้แก่ <i>Roseburia intestinalis</i> , <i>Roseburia inulinivorans</i> , <i>Butyrivibrio crossotus</i> , <i>Clostridium L2-50</i> , <i>Faecalibacterium prausnitzii</i> , <i>Eubacterium hallii</i> , <i>Coprococcus ART55/1</i> และ <i>Acidaminococcus intestini D21</i> ↓ เชื้อก่อโรค <i>Bilophila wadsworthia</i> ↑ กรดไขมันสายสั้นทั้งหมด ↑ บิวทิเรต

↑ หมายถึง เพิ่มขึ้น, ↓ หมายถึง ลดลง, ↔ หมายถึง ไม่เปลี่ยนแปลง, IBS หมายถึง Irritable bowel syndrome (โรคลำไส้แปรปรวน)

จะเห็นได้ว่าการรับประทานอาหารจากพืชเป็นหลัก เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพด้วยวิธีง่าย ๆ ซึ่งปัจจุบันได้รับความนิยมและอยู่ในกระแสคนรักสุขภาพ อีกทั้งยังมีการวิจัยที่ชี้ให้เห็นถึงคุณประโยชน์ของใยอาหารอย่างมาก ใยอาหารสามารถกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในลำไส้ซึ่งเป็นต้นเหตุแห่งสุขภาพในร่างกายนั่นเองของเรา ดังนั้นการดูแลจุลินทรีย์เหล่านี้ด้วยอาหารที่เหมาะสมจึงเป็นกุญแจสำคัญของการมีสุขภาพที่ดี

คำสำคัญ:
จุลินทรีย์ในลำไส้ ระบบทางเดินอาหาร ใยอาหาร พรีไบโอติก

Keywords:
gut microbiota, gastrointestinal tract, dietary fiber, prebiotic

เอกสารอ้างอิง

- Alimentarius C. 2010. Guidelines on nutrition labelling CAC/GL 2-1985 as last amended 2010. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Secretariat of the Codex Alimentarius Commission, FAO, Rome.
- Bindels LB, Delzenne NM, Cani PD and Walter J. 2015. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 12(5): 303-10.
- Chow J, Lee SM, Shen Y, Khosravi A and Mazmanian SK. 2010. Host-bacterial symbiosis in health and disease. *Adv. Immunol.* 107: 243-274.
- Clemente JC, Ursell LK, Parfrey LW and Knight R. 2012. The impact of the gut microbiota on human health: an integrative view. *Cell.* 148: 1258-1270.
- De Filippo C, Cavalieri D, Paola MD, Ramazzotti M, Pouillet JB, Massart S, Collini S, Pieraccini G and Lionetti P. 2010. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 107:14691-14696.
- Desai MS, Seekatz AM, Koropatkin NM, Kamada N, Hickey CA, Wolter M, Pudlo NA, Kitamoto S, Terrapon N, Muller A, Young VB, Henrissat B, Wilmes P, Stappenbeck TS, Núñez G and Martens EC. 2016. A dietary fiber-deprived gut microbiota degrades the colonic mucus barrier and enhances pathogen susceptibility. *Cell.* 167(5): 1339-1353.
- Gibson GR, Scott KP, Rastall RA, Tuohy KM, Hotchkiss A, Dubert-Ferrandon A, Gareau M, Murphy EF, Saulnier D and Loh G. 2010. Dietary prebiotics: current status and new definition. *Food Sci. Technol. Bull. Funct. Foods.* 7: 1-19.
- Holscher HD. 2017. Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes* 8(2): 172-184.
- Hollister EB, Gao C and Versalovic J. 2014. Compositional and functional features of the gastrointestinal microbiome and their effects on human health. *Gastroenterol.* 146: 1449-1458.
- Koh A, De Vadder F, Kovatcheva-Datchary P and Bäckhed F. 2016. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell.* 165: 1332-1345.
- La-ongkham O, Nakphaichit M, Leelavatcharamas V, Keawsompong S and Nitisinprasert S. 2015. Distinct gut microbiota of healthy children from two different geographic regions of Thailand. *Arch Microbiol* 197:561-573.
- Lecerf JM, Depeint F, Clerc E, Dugenet Y, Niamba CN, Rhazi L, Cayzele A, Abdelnour G, Jaruga A, Younes H, Jacobs H, Lambrey G, Abdelnour AM and Pouillart PR. 2012. Xylo-oligosaccharide (XOS) in combination with inulin modulates both the intestinal environment and immune status in healthy subjects, while XOS alone only shows prebiotic properties. *Br. J. Nutr.* 108: 1847-1858.
- Majid HA, Emery PW and Whelan K. 2011. Faecal microbiota and short chain fatty acids in patients receiving enteral nutrition with standard or fructooligosaccharides and fibre-enriched formulas. *J. Hum. Nutr. Diet.* 24: 260-268.
- Martens EC, Lowe EC, Chiang H, Pudlo NA, Wu M, McNulty NP, Abbott DW, Henrissat B, Gilbert HJ, Bolam DN and Gordon JI. 2011. Recognition and degradation of plant cell wall polysaccharides by two human gut symbionts. *PLoS Biol.* 9: e1001221.

- Prakash S, Rodes L, Coussa-Charley M and Tomaro-Duchesneau C. 2011. Gut microbiota: next frontier in understanding human health and development of biotherapeutics. *Biologics: Targets & Therapy*. 5: 71–86.
- Precision Nutrition: Seven Dietary Guidelines for a Healthy Microbiota. 2017. <http://www.pcrm.org/sites/default/files/Gut-Bacteria-Infographic.jpg> [7 November 2017].
- Putignani L, Chierico FD, Petrucca A, Vernocchi P and Dallapiccola B. 2014. The human gut microbiota: a dynamic interplay with the host from birth to senescence settled during childhood. *Pediatr. Res.* 76: 2-10.
- Ríos-Covián D, Ruas-Madiedo P, Margolles A, Gueimonde M, de los Reyes-Gavilán CG and Salazar N. 2016. Intestinal short chain fatty acids and their link with diet and human health. *Front. Microbiol.* 7. doi: 10.3389/fmicb.2016.00185
- Round, JL and Mazmanian SK. 2009. The gut microbiota shapes intestinal immune responses during health and disease. *Nat. Rev. Immunol.* 9: 313-323.
- Ross AB, Pere-Trépat E, Montoliu I, Martin FP, Collino S, Moco S, Godin JP, Cléroux M, Guy PA, Breton I, Bibiloni R, Thorimbert A, Tavazzi I, Tornier L, Bebus A, Bruce SJ, Beaumont M, Fay LB and Kochhar S. 2013. A whole-grain-rich diet reduces urinary excretion of markers of protein catabolism and gut microbiota metabolism in healthy men after one week. *J. Nutr.* 143: 766–777.
- Ruengsomwong S, La-Ongkham O, Jiang J, Wannissorn B, Nakayama J and Nitisinprasert S. 2016. Microbial community of healthy Thai vegetarians and non-vegetarians, their core gut microbiota and pathogens risk. *J. Microbiol. Biotechnol.* 26(10): 1723-1735.
- Salazar N, Dewulf EM, Neyrinck AM, Bindels LB, Cani PD, Mahillon J, de Vos WM, Thissen JP, Gueimonde M, de Los Reyes-Gavilán CG and Delzenne NM. 2015. Inulin-type fructans modulate intestinal *Bifidobacterium* species populations and decrease fecal short-chain fatty acids in obese women. *Clin. Nutr.* 34: 501–507.
- Scott KP, Duncan SH and Flint HJ. 2008. Dietary fiber and the gut microbiota. *Nutrition Bulletin*. 33(3): 201-211.
- Slavin J. 2013. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*. 5: 1417-35.
- The Physicians Committee's Nutrition Department. 2016. Precision Nutrition: Seven Dietary Guidelines for a Healthy Microbiota. <https://www.pcrm.org/health/reports> [28 July 2017].
- Thomas LV, Suzuki K and Zhao J. 2015. Probiotics: a proactive approach to health. A symposium report Aspects of probiotic intervention. *Br. J. Nutr.* 114: S1-15.
- Veiga P, Pons N, Agrawal A, Oozeer R, Guyonnet D, Brazeilles R, Faurie JM, van HylckamaVlieg JET, Houghton LA, Whorwell PJ, Ehrlich SD and Kennedy SP. 2014. Changes of the human gut microbiome induced by a fermented milk product. *Sci. Rep.* 4: 6328.
- Vighi G, Marcucci F, Sensi L, Di Cara G and Frati F. 2008. Allergy and the gastrointestinal system. *Clin. Exp. Immunol.* 153(Suppl 1): 3–6.

