



ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารที่จำหน่ายในประเทศไทย

Fructooligosaccharides in food and commercial food products in Thailand

ชนัญทิศา ไชยโต¹, ครรชิต จุดประสงค์^{1*},
Chanantita Chaito¹, Kunchit Judprasong^{1*}

¹สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

*Corresponding author: kunchit.jud@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นสารประกอบโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดหนึ่งประกอบด้ว้ น้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันเป็นสายสั้นๆ มีคุณสมบัติเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ และมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกที่สามารถเป็นอาหารของจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้ของมนุษย์ ซึ่งสามารถแตกตัวและถูกใช้ในกระบวนการหมักด้วยจุลินทรีย์นำไปใช้ได้ง่ายกว่าอินนูลินที่เป็นสายยาว เนื่องจากยังไม่พบการรายงานปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารของไทย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ [FOS ประกอบด้วย 1-kestose (หรือ 1-kestotriose; GF2), nystose (1, 1-kestotetraose; GF3), และ 1F-β-fructofuranosyl-nystose (1,1,1-kestopentaose; GF4)] ในตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารจำนวน 192 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 17 ผลิตภัณฑ์อาหารที่เติมอินนูลินและ/หรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ การวิเคราะห์อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ เริ่มจากการสกัดตัวอย่างด้วยน้ำร้อน แล้วย่อยด้วยเอนไซม์อินนูลินเนส จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ผลการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมสารอาหารทั้งสองชนิดนี้ใน 5 อันดับแรกได้แก่เครื่องดื่มต่างๆ ชนิดพร้อมดื่ม โยเกิร์ตพร้อมดื่ม นมผง โยเกิร์ตชนิดครีม และเครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง (ร้อยละ 10, 10, 9, 9 และ 9 ของตัวอย่างที่ศึกษา ตามลำดับ) สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะแข็ง พบปริมาณฟรุกแตนสูง (ผลรวมของอินนูลินและ FOS) ได้แก่อินนูลินชนิดผง สารสกัดจากแก่นตะวัน และเครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง (85.0±8.6, 51.5±14.5 และ 24.0±19.7 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ในขณะที่กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่มพบฟรุกแตนสูง (5.2±1.7 กรัมต่อ 100 กรัม) ในกลุ่มของอาหารที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวและของเหลว นอกจากนั้นยังพบปริมาณ FOS สูงในอินนูลินชนิดผง และสารสกัดจากแก่นตะวันเช่นกัน (10.9±4.4 และ 18.5±8.8 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) อาหารที่พบว่ามีร้อยละของ FOS เทียบกับ ฟรุกแตนมากกว่าร้อยละ 20 ได้แก่สารสกัดจากแก่นตะวัน นมผง นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม และโยเกิร์ตพร้อมดื่ม (ร้อยละ 40.5, 34.8, 24.2, และ 23.4 ตามลำดับ) ผลิตภัณฑ์อาหารที่ศึกษาส่วนใหญ่พบว่ามี FOS แบบ GF4 > GF3 > GF2 ข้อมูลของ FOS ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร การศึกษาทางโภชนาการ และประกอบการตัดสินใจของผู้บริโภค

Abstract

Fructooligosaccharides (FOS) are one of oligosaccharides which a mixture of short-chain fructose polymers. The recognised properties of FOS are soluble dietary fiber which cannot be digested in the small intestines and

prebiotic for normal flora in colon. The higher solubility of FOS compared to polymeric inulin makes it more easily available and therefore more rapidly fermentable by the microbiota in the colon. However, there are no information of FOS in Thai foods. This study aimed to determine the Fructooligosaccharides [FOS; 1-kestose (1-kestotriose, GF2), nystose (1, 1-kestotetraose, GF3), and 1F- β -fructofuranosyl nystose (1,1,1-kestopentaose, GF4)] in 192 samples of seventeen commercial inulin and/or FOS fortified food products. Inulin and FOS were extracted with hot water, digested with inulinase and determined by gas chromatography. The result showed that inulin and FOS fortified food products in five most popular were beverage with different flavours, drinking yoghurt, milk powder, cream yoghurt, and beverage instant powder (10, 10, 9, 9 and 9% of the total number of samples, respectively). For dried food products, the high level of fructans (inulin + FOS) in this group was found in inulin powder, Kaentawan powder and beverage instant powder (85.0 ± 8.6 , 51.5 ± 14.5 and 24.0 ± 19.7 g/100g, respectively) whereas drinking coffee was found highest (5.2 ± 1.7 g/100g) in semiliquid and liquid food products. High level of FOS also found in inulin powder and Kaentawan powder (10.9 ± 4.4 and 18.5 ± 8.8 g/100g respectively). Ratio of FOS to fructans with the level more than 20% was found in Kaentawan powder, milk powder, soybean milk and drinking yoghurt (40.5%, 34.8%, 24.2%, and 23.4%, respectively). Most food products had proportion of GF4 > GF3 > GF2. The FOS data generated from this study can be used as a tool for product development, nutrition education, and decision making by consumers on selected foods.

คำสำคัญ: ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ อินนูลิน ผลิตภัณฑ์อาหาร

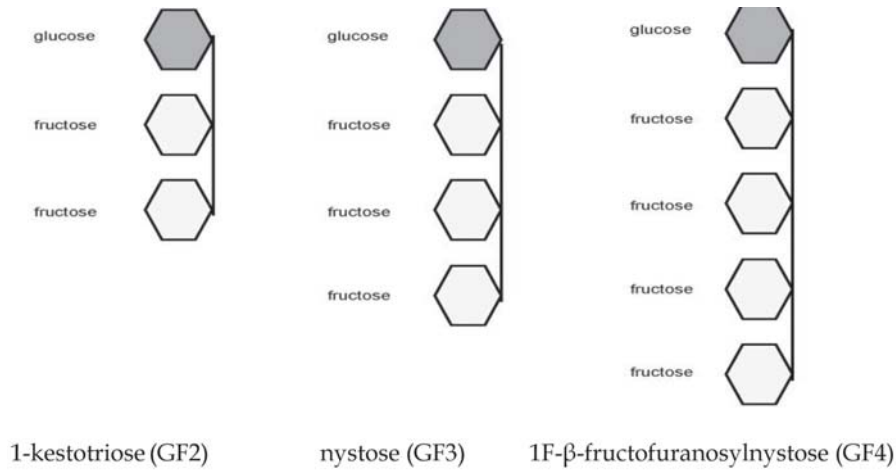
Key words: fructooligosaccharide, inulin, commercial food products

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพเศรษฐกิจ และสังคมไทยโดยเฉพาะสังคมเมืองเปลี่ยนแปลงไป ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูปมีเพิ่มมากขึ้น และคนทั่วไปนิยมการซื้ออาหารสำเร็จรูปมารับประทานแทนการประกอบอาหารเองในครัวเรือน อาหารสำเร็จรูปส่วนใหญ่ในห้างสรรพสินค้าเป็นอาหารประเภททอด ขนมคบเคี้ยว หรืออาหารบรรจุกล่องสำเร็จรูป เป็นต้น จากที่มีการณรงค์ให้รับประทานผักผลไม้ที่มีความหลากหลายเพื่อให้ได้เส้นใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และสามารถส่งเสริมให้ระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น ระบบการย่อย และดูดซึมอาหารทำงานได้ดีขึ้นนั้น กลับพบว่าคนไทยมีการบริโภคผักผลไม้ที่ลดน้อยลง (1) ไม่ถึง 400 กรัมตามที่มีการแนะนำให้บริโภคทุกวันจริงกลับเร่งรีบจนไม่สามารถรับประทานอาหารตามโภชนบัญญัติได้ จึงอาจส่งผลให้ผู้บริโภคมีแนวโน้มเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังเพิ่มมากขึ้น เช่น โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง โรค มะเร็งต่างๆ โดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ใหญ่ (2) เป็นต้น นอกจากนี้มีผู้บริโภคจำนวนมากหันมาสนใจผลิตภัณฑ์

อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ เพื่อป้องกันหรือลดความเสี่ยงต่อโรคชนิดไม่ติดต่อเรื้อรังดังกล่าว หนึ่งในสารที่ได้รับความนิยมสนใจในการทำเป็นอาหารเสริมคือ ใยอาหาร (dietary fibre) ซึ่งมีข้อแนะนำสำหรับคนไทยว่าควรได้รับใยอาหาร 25 กรัมต่อวัน (3) อินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ จัดเป็นใยอาหารชนิดหนึ่งที่น่าสนใจนำมาเติมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์นม โยเกิร์ต เครื่องดื่ม อาหารเสริมไอศกรีมและอื่นๆ เป็นต้น

อินนูลิน (inulin) และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharides) เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มฟรุกแตน (fructans) โดยอินนูลินมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยฟรุกโตสต่อกันเป็นสายยาว 2-60 หน่วย (degree of polymerization, DP 2-60) ซึ่งอาจมีกลูโคสเชื่อมต่อกับปลายสายด้วยพันธะ β (2-1) (4) ส่วนฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าเอฟไอเอส (fructooligosaccharides, FOS) ประกอบด้วยฟรุกโตสต่อกันเป็นสายยาว 2-4 หน่วย (DP 2-4) เช่น 1-kestose (1-kestotriose; GF2), nystose (1, 1-kestotetraose; GF3), และ 1F- β -fructofuranosyl nystose (1,1,1-kestopentaose; GF4) เป็นต้น



รูปที่ 1 โครงสร้างของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (8)

โดย G คือน้ำตาลกลูโคส และ F คือน้ำตาลฟรุกโตส (5) (รูปที่ 1) การศึกษาของ Van Loo และคณะ (6) รายงานปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่พบในปริมาณสูงในพืชผักชนิดหัวต่างๆ ที่สะสมแป้ง เช่น หอม กระเทียม เซรูลาเต็มอาร์ทีไซค์ (แก่นตะวัน) และชิโคลี (chicory) ส่วนการศึกษาในประเทศไทยของ Judprasong และคณะ (7) พบว่าอาหารที่มีอินนูลินในปริมาณสูงได้แก่กระเทียมโทน กระเทียมไทย กระเทียมจีน หัวแก่นตะวัน หอมแดง และหัวหอม เป็นต้น ในขณะที่อาหารที่พบฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สูงได้แก่หัวหอม หอมแดง และหัวแก่นตะวัน โดยในปัจจุบันพืชที่นิยมนำมาสกัดอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ในระดับอุตสาหกรรม คือ หัวของชิโคลี สำหรับในต่างประเทศ ส่วนของประเทศไทยคือ หัวแก่นตะวัน

อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นสารธรรมชาติที่เอนไซม์ของมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ย่อยอาหารของมนุษย์ตั้งแต่ปาก กระเพาะอาหาร จนถึงลำไส้เล็กมีความจำเพาะต่อการย่อยสลายของน้ำตาลที่เชื่อมต่อกันด้วย α -glucosidic bond เท่านั้น ในขณะที่สารทั้งสองนี้เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β (2-1) ดังนั้นอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงจัดเป็นใยอาหารแบบละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพหลายประการ เช่น ทำให้อุจจาระอ่อนนุ่ม ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ และเพิ่มความถี่ในการขับถ่าย (9) จึงช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้ ช่วยควบคุมน้ำหนัก ให้พลังงาน

ต่ำ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาล และไขมันในเลือดได้ นอกจากนี้ จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยสลายสารทั้งสองเกิดการหมัก (fermentation) ทำให้เกิดเป็นกรดแล็กติก และกรดไขมันชนิดสายสั้น (short chain fatty acids) ขึ้นเป็นผลให้บริเวณลำไส้ใหญ่มีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ช่วยให้แร่ธาตุเพิ่มการละลาย และดูดซึมแร่ธาตุโดยเฉพาะแคลเซียม (10) และช่วยทำให้จุลินทรีย์ชนิดดี เช่น บิฟิโดแบคทีเรีย (bifidobacteria) และแลคโตบาซิลลัส (lactobacillus) สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่จุลินทรีย์ที่ก่อโรค (pathogen microorganisms) ทนต่อสภาวะเช่นนี้ไม่ได้ทำให้ลดปริมาณลงอย่างมาก ดังนั้นอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงจัดได้ว่าเป็นพรีไบโอติก (prebiotic) หรืออาหารของจุลินทรีย์ชนิดดี ด้วยคุณสมบัติและประโยชน์ต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมีการนำอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารหลายๆ ชนิด โดยสารสองชนิดนี้สามารถละลายน้ำได้ดี และมีคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการ ได้แก่เป็นสารทดแทนน้ำตาล (sugar replacer) เนื่องจากรสชาติหวานคล้ายน้ำตาล แต่ไม่ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้น ตัวอย่างอาหารที่มีการเติมสารเหล่านี้เช่น ผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตและลูกกวาด ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน (fat replacer) โดยไม่ทำให้อิ่มท้องอาหารเปลี่ยนไปจากเดิม และทำให้ความรู้สึกในปากเหมือนอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบหลักตัวอย่างอาหารที่มีการเติมสารเหล่านี้ เช่น สดัดครีม ไอศกรีม โยเกิร์ต เป็นต้น

ตารางที่ 1 ปริมาณฟรุกแทนและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในตัวอย่างที่มีลักษณะแห้ง (กรัมต่อ 100 กรัม)

กลุ่ม	ร้อยละ (จำนวน) ตัวอย่าง	ความชื้น (g/100 g)	ฟรุกโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) (g/100 g) ^{1,2}				ฟรุกแทน ³ (g/100g)	ร้อยละของ FOS ต่อฟรุกแทน ⁴
			GF2	GF3	GF4	Sum		
อินนูลินชนิดผง	8 (n=16)	4.27 ± 0.29	2.99 ± 1.06 ^c	3.74 ± 1.50 ^c	4.13 ± 2.12 ^c	10.87 ± 4.39 ^c	85.01 ± 8.62 ^f	12.7 ^a
สารสกัดจากแก่นตะวัน	2 (n=4)	6.78 ± 0.08	7.73 ± 4.80 ^d	5.83 ± 2.85 ^f	4.93 ± 1.51 ^c	18.49 ± 8.79 ^d	51.47 ± 14.51	40.5 ^d
เครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง	9 (n=17)	1.20 ± 0.14	0.95 ± 0.77 ^b	1.18 ± 0.82 ^c	1.25 ± 0.91 ^b	3.39 ± 2.37 ^b	24.00 ± 19.70	15.2 ^a
กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง	6 (n=11)	3.63 ± 0.62	0.71 ± 0.28 ^b	1.67 ± 0.41 ^d	1.57 ± 0.61 ^b	3.95 ± 1.14 ^b	18.94 ± 6.67 ^c	23.7 ^b
อาหารควบคุมน้ำหนักชนิดผง	8 (n=16)	3.94 ± 0.23	0.52 ± 0.32 ^b	0.75 ± 0.42 ^b	0.80 ± 0.44 ^a	2.08 ± 1.09 ^a	12.80 ± 8.00 ^c	18.1 ^b
เครื่องดื่มมอลต์ชนิดผง	4 (n=8)	1.60 ± 0.12	0.36 ± 0.30 ^b	0.50 ± 0.46 ^b	0.50 ± 0.45 ^a	1.36 ± 1.19 ^a	8.43 ± 7.19 ^b	21.9 ^b
นมผงสำหรับทารก	3 (n=5)	3.67 ± 0.55	0.17 ± 0.11 ^a	0.46 ± 0.44 ^b	0.61 ± 0.55 ^a	1.24 ± 1.09 ^a	6.92 ± 0.98 ^b	19.0 ^b
นมผง	9 (n=18)	2.26 ± 0.08	0.12 ± 0.12 ^a	0.13 ± 0.21 ^a	0.82 ± 0.22 ^a	1.07 ± 0.35 ^a	3.13 ± 0.65 ^a	34.8 ^c

¹ ตัวอย่างที่แตกต่างกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); ² GF₂ = 1-kestose, GF₃ = nystose และ GF₄ = fructosyl-nystose โดย G = กลูโคส, F = ฟรุกโตส; ³ ฟรุกแทน หมายถึงผลรวมของอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์; ⁴ ร้อยละของ FOS ต่อฟรุกแทน มีค่าเท่ากับ Sum of FOS x 100 / ฟรุกแทน

นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์อาหารยังใช้สารสองชนิดนี้เป็นการเพิ่มปริมาณใยอาหาร เช่นการเติมในผลิตภัณฑ์นม เครื่องดื่ม ขนมอบ เป็นต้น การเติมอินนูลิน หรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์นั้นขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเติม โดยอินนูลินมีความหวานน้อยจึงนิยมใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ส่วนฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ให้รสชาติหวานร้อยละ 35 ของน้ำตาลทราย จึงนิยมใช้เป็นสารทดแทนน้ำตาล นอกจากนี้อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ยังมีความแตกต่างกันที่ความยาวของโมเลกุลฟรุกโตสที่ต่อกันเป็นสายยาวทำให้สารทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน โดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ได้ง่ายกว่าอินนูลิน ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ที่มุ่งเน้นในด้านอาหารของจุลินทรีย์ชนิดดี (prebiotic) นิยมเติมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ลงในผลิตภัณฑ์อาหาร

เนื่องจากการวิเคราะห์อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธีวิเคราะห์ใยอาหารทั่วไป เพราะสารสองชนิดนี้ละลายได้ดีในน้ำและแอลกอฮอล์ ทำให้สูญหายไปในการบวนการวิเคราะห์ ดังนั้นการทดสอบจึงต้องใช้วิธีที่มีความจำเพาะ ซึ่งสถาบันโภชนาการได้ทำการทดสอบสารสองชนิดนี้มาตั้งแต่ปี พ.ศ.2550 ในส่วนของผลิตภัณฑ์อาหารของไทยที่มีการเติมอินนูลินได้มีการรายงานแล้ว (11) แต่ยังไม่มีการรายงานข้อมูลของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะดำเนินการศึกษารายนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับผู้บริโภค ข้อมูลที่หลากหลายได้แก่ ผู้บริโภค นักวิทยาศาสตร์ การอาหาร บริษัทผลิตอาหาร นักโภชนาการ นักกำหนดอาหาร เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์และวิธีการ

2.1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 192 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 17 กลุ่ม ได้แก่ กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม โยเกิร์ตพร้อมดื่ม โยเกิร์ตชนิดครีม นมพร้อมดื่ม นมผง นมผงสำหรับมารดา นมพร้อมดื่มสำหรับมารดา สารสกัดจากแก่นตะวัน นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม อินนูลินชนิดผง อาหารควบคุมน้ำหนักชนิดผง อาหาร

ควบคุมน้ำหนักชนิดพร้อมดื่ม เครื่องดื่มธัญญาหารชนิดพร้อมดื่ม เครื่องดื่มมอลต์ชนิดผง เครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง และเครื่องดื่มต่างๆ ชนิดพร้อมดื่ม ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างอาหารที่ศึกษาเป็นตัวอย่างที่รวบรวมมาจากรางานบริการวิเคราะห์สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ในระหว่างเดือนกันยายน 2551-กันยายน 2556 โดยคัดเลือกตัวอย่างที่มีการเติมอินนูลิน และ/หรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์จากผลึกของผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ

เตรียมตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่าง กรณีที่เป็นตัวอย่างลักษณะแข็งได้แก่ กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง นมผง นมผงสำหรับมารดา สารสกัดจากแก่นตะวัน อินนูลินชนิดผง เครื่องดื่มมอลต์ชนิดผง เครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง และอาหารควบคุมน้ำหนักชนิดผง ทำการเทตัวอย่างแต่ละชุดที่เป็นตัวอย่างเดียวกันในทุกภาชนะบรรจุลงขนาดใหญ ปิดปากถุง เขย่าให้เข้ากันประมาณ 10 นาที สำหรับตัวอย่างกึ่งแข็งกึ่งเหลวได้แก่ โยเกิร์ตชนิดครีม ทำการเทตัวอย่างในทุกภาชนะบรรจุลงในเครื่องปั่นอาหาร (Tefal® KaleoBlender, France) ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน และสำหรับตัวอย่างของเหลว ได้แก่กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม โยเกิร์ตพร้อมดื่ม นมพร้อมดื่ม นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม นมพร้อมดื่มสำหรับมารดา อาหารควบคุมน้ำหนักชนิดพร้อมดื่ม เครื่องดื่มธัญญาหารชนิดพร้อมดื่ม และเครื่องดื่มต่างๆ ชนิดพร้อมดื่ม เป็นต้น ทำการเทตัวอย่างแต่ละชุดที่เป็นตัวอย่างเดียวกันในทุกภาชนะบรรจุใส่ลงในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 5 ลิตร และกวนผสมให้เข้ากัน

เก็บตัวอย่างที่เตรียมเป็นเนื้อเดียวกันแต่ละชนิด ใส่ในขวดที่ผ่านการฆ่ากรด และล้างทำความสะอาดแล้ว ตัวอย่างแห้งเก็บไว้ในตู้ที่อุณหภูมิห้อง (25±5°C) สำหรับตัวอย่างกึ่งแข็งกึ่งเหลวและตัวอย่างเหลว นำไปแช่ในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ต่อไป

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์

ชั่งตัวอย่างให้มีปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ประมาณ 1 กรัม เติมน้ำร้อนเพื่อสกัดน้ำตาลออกมา แบ่งส่วนหนึ่งไปทำการเปลี่ยนรูปฟอรัมของน้ำตาล

ให้อยู่ในรูปที่สามารถระเหยได้ (derivatisation) แล้วตรวจวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC 7890, Agilent®, USA) โดยใช้คอลัมน์ capillary aluminum-clad ที่เคลือบด้วย 5%-phenyl-polycarboranesiloxane (HT-5, Restek®, USA) ความยาว 6 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง (ID) 0.53 มิลลิเมตร และทำการแบ่งอีกส่วนหนึ่งไปย่อยด้วยเอนไซม์ ฟรุคทานเนส (Fructanase Mixture, E-FRMXLQ, Megazyme) ในปริมาณที่มากพอ หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนรูปฟอร์มของน้ำตาลให้อยู่ในรูปที่สามารถระเหยได้เช่นเดียวกัน และทำการตรวจวัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (GC 6850, Agilent®, USA) โดยใช้คอลัมน์ชนิด capillary fused silica ที่เคลือบด้วย 100% dimethylpolysiloxane (HP-1, Agilent® J&W, USA) ซึ่งมีความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง (ID) 0.32 มิลลิเมตร

ตรวจวัดปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิด ทั้งก่อน และหลังการย่อยด้วยเอนไซม์ด้วยเครื่อง GC ที่ตรวจวัดด้วย flame ionization detector (FID) ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิด (assay >99%, Sigma-Aldrich, USA) ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส (G8270) ฟรุคโตส (F0127) ซูโครส (S9378) และแลคโตส (61345) รวมทั้ง FOS แต่ละชนิด (HPLC grade, 298-64101, Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan) ได้แก่ kestose (GF2), nystose (GF3), และ 1F- β -fructofuranosyl-nystose (GF4) โดยมีน้ำตาลแรมโนส (R3875, Sigma-Aldrich, USA) เป็น Internal standard เปรียบเทียบค่า Retention time ของสารตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐาน ปริมาณปริมาณฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์แต่ละชนิด (GF₂, GF₃ และ GF₄) โดยเปรียบเทียบ retention time และพื้นที่ใต้กราฟกับสารละลายมาตรฐาน (calibration curve) ในช่วงความเข้มข้น 0.1-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.4 การวิเคราะห์ความชื้น

สำหรับตัวอย่างกึ่งแข็งกึ่งเหลว และของเหลว วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2005) 920.115 (12) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1 ถึง 2 กรัม คลุกกับทรายเพื่อช่วยการกระจายความร้อน นำตัวอย่างไปประเหยให้แห้งโดยการระเหยน้ำบางส่วนบน water bath และอบใน Hot air oven (model UNE 500, Memmert GmbH & Co. KG, Germany) ที่อุณหภูมิ 100±2°C จนน้ำหนักตัวอย่างคงที่ สำหรับตัวอย่างที่มีลักษณะแห้ง วิเคราะห์หา

ปริมาณความชื้นตามวิธี AOAC (2005) 925.10 (12) โดยอบตัวอย่างใน Hot air oven ที่อุณหภูมิ 100±2°C จนน้ำหนักตัวอย่างคงที่ คำนวณหาปริมาณน้ำที่หายไปแสดงในหน่วยกรัมต่อ 100 กรัม

2.5 สถิติที่ใช้ในการศึกษา

สถิติที่ใช้ในแต่ละกลุ่มอาหาร แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD) โดยคำนวณจากโปรแกรม Microsoft Excel 2013 สำหรับสถิติที่ใช้ในการทดสอบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variances) แบบจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) หลังจากพบว่าค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยว่าคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ด้วยสถิติ Fisher's LSD (Least Significant Difference) โดยใช้โปรแกรม SPSS for Window, Version 13.0 (SPSS, Inc., USA)

2.6 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

การศึกษาค้างนี้มีการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ (In-house quality control sample) หลายชนิด ได้แก่ การศึกษาค่าความถูกต้อง (accuracy) โดยการหาค่าร้อยละของการคืนกลับ (% recovery) ในตัวอย่าง BENE Orafti® P95 oligofructose และ BENE Orafti® HP inulin (BENE Orafti®, Belgium) และศึกษาค่าความแม่นยำ (precision) โดยใช้ตัวอย่างนมผงที่มีการเติมอินนูลิน (Protection³⁺, Nestle®) 3 กรัมต่อ 100 กรัม (QC sample) ทำการสร้างค่าจากการวิเคราะห์ 10 ชั่ว นำมาสร้างกราฟควบคุมมาตรฐาน (QC chart) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ตัวอย่างควบคุมคุณภาพในทุกๆ ชุดการทดสอบตัวอย่าง โดยเกณฑ์การยอมรับอยู่ในช่วงของค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean±2SD)

3. ผลการวิจัย และอภิปรายผล

เนื่องจากการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลิน และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ไม่สามารถวิเคราะห์ได้โดยวิธีหาปริมาณโยอาหารโดยวิธีปกติ (AOAC 2005, 985.29) เพราะสารทั้งสองชนิดนี้ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ ซึ่งส่วนนี้เป็นส่วนที่ทิ้งไปในช่วงระหว่างการวิเคราะห์โยอาหาร โดยวิธี

ปกติ ดังนั้น Hoebregs (1997) ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ โดยการใช้วิธี Ion-exchange chromatography ซึ่งต่อมาหน่วยงานมาตรฐานที่ชื่อว่า "AOAC" ได้จัดเป็นวิธีมาตรฐาน (AOAC method 997.08, 2005) (12) เนื่องจากวิธีนี้มีข้อจำกัดที่ไม่เหมาะสมกับตัวอย่างนม และผลิตภัณฑ์นมเนื่องจากสารรบกวนที่มาจากน้ำตาลแลคโตส ในปี 2000 Joye และ Hoebregs (13) ได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ขึ้นโดยใช้เทคนิคของแก๊สโครมาโตกราฟี (gas chromatography, GC) ที่มีความเหมาะสมกับอาหารทั่วไป ซึ่งได้ผ่านการทดสอบมาแล้วในรายงานการศึกษาของ Judprasong และคณะ (7) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้วิธี GC เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์อินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ตัวอย่างลักษณะของพีค GF2, GF3 และ GF4 ในสารมาตรฐาน ตัวอย่างควบคุมคุณภาพ และตัวอย่างทดสอบ แสดงในรูปที่ 1

ตัวอย่างอาหารที่ศึกษามีทั้งเป็นอาหารที่เติมอินนูลินและ/หรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ และตัวอย่างที่เป็นสารสกัด รวมจำนวนทั้งหมด 192 ตัวอย่าง แบ่งได้เป็น 17 ชนิดอาหาร โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณอินนูลิน และฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารที่มีลักษณะแห้ง แสดงในตารางที่ 1 และในตัวอย่างที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว และของเหลว แสดงในตารางที่ 2 โดยทั้งสองตารางข้อมูลเรียงตามปริมาณของฟรุกแทน จากข้อมูลทั้ง 2 ตารางพบว่าอาหารที่ได้รับความนิยมในการเติมสารอาหารนั้นมีจำนวนผลิตภัณฑ์อาหารที่เติมอินนูลินและ/หรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ใน 5 อันดับแรกได้แก่เครื่องดื่มต่างๆ ชนิดพร้อมดื่ม (n=20, ร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมด) โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (n=19, ร้อยละ 10) นมผง (n=18, ร้อยละ 9) โยเกิร์ตชนิดครีม (n=17, ร้อยละ 9) และเครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง (n=17, ร้อยละ 9)

สำหรับปริมาณความชื้นในตัวอย่างที่มีลักษณะแห้งพบว่าตัวอย่างมีความชื้นตั้งแต่ 1.20 กรัมต่อ 100 กรัมในตัวอย่างเครื่องดื่มต่างๆ ชนิดผง ถึง 6.78 กรัมต่อ 100 กรัมในสารสกัดจากแก่นตะวัน (ตารางที่ 1) ในขณะที่ตัวอย่างที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว และแบบเหลว พบว่าตัวอย่างมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 77.57 - 89.89 กรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 2)

3.3 ร้อยละของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ชนิดต่างๆ ในอาหาร

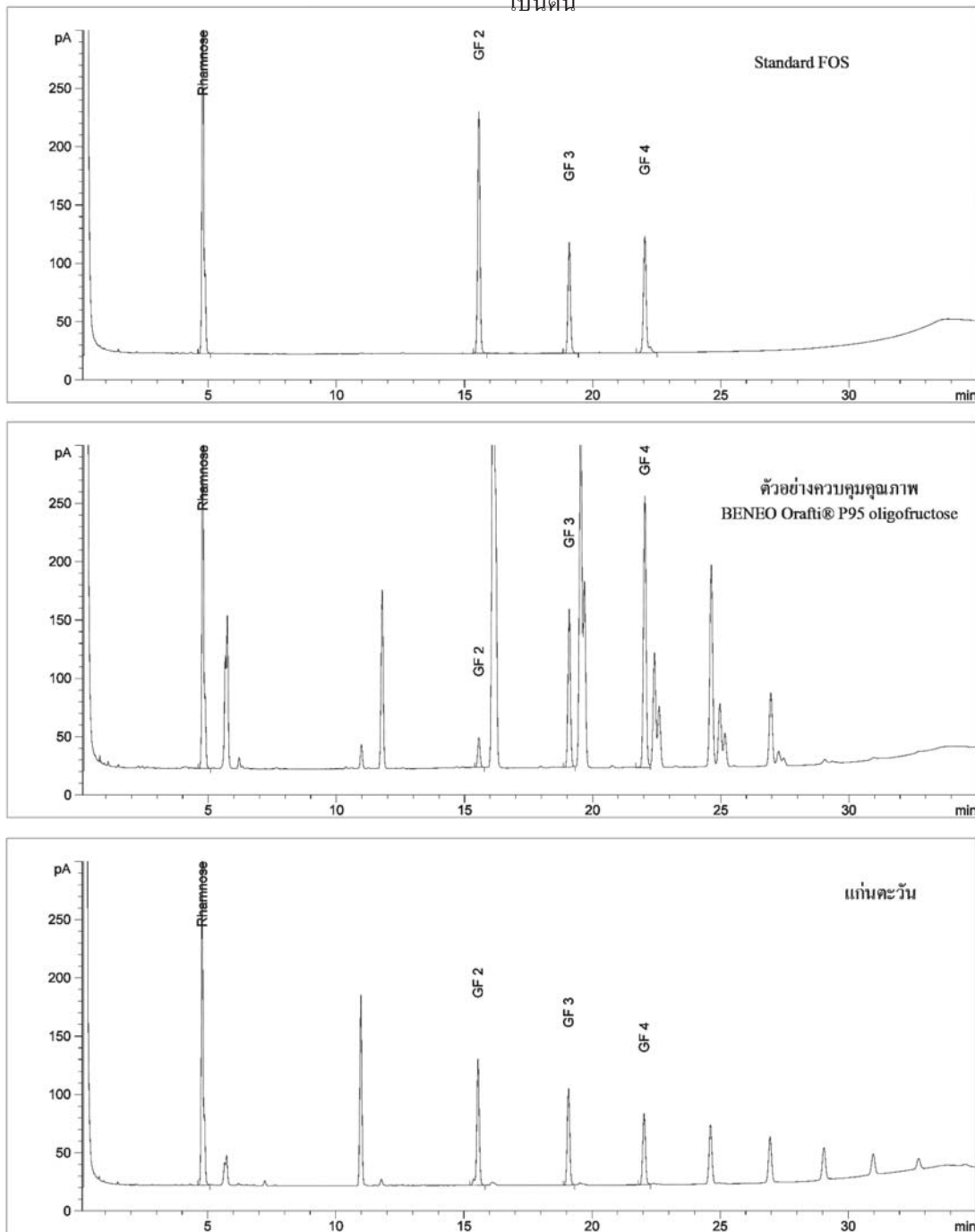
เนื่องจากฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันของฟรุกโตสเป็นสายสั้นๆ (degree of polymerization, DP 2-10 หน่วย) ซึ่งมีความสามารถในการละลายได้ดีกว่าอินนูลินที่เป็นสายยาว (DP 10-60 หน่วย) ทำให้จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ได้ง่ายกว่าอินนูลิน (19) ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ที่มุ่งเน้นในด้านอาหารของจุลินทรีย์ชนิดดี (prebiotic) นิยมเติมฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ลงในผลิตภัณฑ์อาหาร

นอกจากการพิจารณาร้อยละของ FOS ต่อฟรุกแทนแล้ว การพิจารณา FOS ชนิดต่างๆ จะทำให้เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ มี FOS ชนิดใดในปริมาณเท่าไรบ้าง ผลการศึกษาพบว่าอาหารส่วนใหญ่มี GF₄ เป็นหลัก รองลงมาคือ GF₃ และ GF₂ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยอาหารที่มี GF₄ ก่อนข้างมากได้แก่ นมผง นมพร้อมดื่มสำหรับมารดา โยเกิร์ตชนิดครีม นมผงสำหรับมารดา และโยเกิร์ตพร้อมดื่ม (คิดเป็นร้อยละ 77.1, 56.4, 49.4, 49.1 และ 42.6 ตามลำดับ) อาหารที่มี GF₃ ก่อนข้างมากได้แก่ กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง และ เครื่องดื่มธัญญาหารชนิดพร้อมดื่ม (คิดเป็นร้อยละ 45.2, 42.3, 41.1 ตามลำดับ) อาหารที่มี GF₂ ก่อนข้างมากได้แก่ นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม และสารสกัดจากแก่นตะวัน (คิดเป็นร้อยละ 48.0 และ 41.8 ตามลำดับ) รายงานการศึกษาฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์แต่ละชนิด (GF2 GF3 และ GF4) พบเฉพาะในหัวแก่นตะวันเท่านั้น ซึ่ง GF2 GF3 และ GF4 ในสารสกัดจากแก่นตะวัน (ร้อยละ 41.8 31.5 และ 26.7 ตามลำดับ) ในการศึกษาที่มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Judprasong และคณะ (7) ที่พบร้อยละ 39.1 33.9 และ 26.9 ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างจากการศึกษาของ Campbell และคณะ (5) ที่รายงานไว้คือร้อยละ 32.8 32.9 และ 34.3 ตามลำดับ

ในปัจจุบันยังไม่พบการรายงานการศึกษาผลของฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์แต่ละชนิด (GF2 GF3 และ GF4) ว่ามีผลต่อสุขภาพแตกต่างกันอย่างไร มีการศึกษาทางคลินิกถึงประโยชน์ต่อสุขภาพจากการบริโภคอาหารที่เป็นแหล่งของใยอาหารอินนูลินและฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สูง

เป็นประจำ ปริมาณที่ใช้ศึกษาพบที่ตั้งแต่ 5 กรัมต่อวันขึ้นไป ทั้งอินนูลิน หรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ หรือการใช้ร่วมกันของทั้งสายสั้นและสายยาว ซึ่งขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น ประโยชน์ด้านบรรเทาอาการท้องผูกหรือช่วย

ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด นิยมใช้สายยาวอินนูลิน ส่วนประโยชน์ด้าน 프리ไบโอติก นิยมใช้โอลิโกฟรุกโตสหรือฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ ในขณะที่ประโยชน์ด้านช่วยลดไขมันและเสริม นิยมใช้ร่วมกันของสายสั้น และสายยาว เป็นต้น



รูปที่ 1 ลักษณะของพีคจากเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีของน้ำตาลแรมโนส GF2 GF3 และ GF4 ในสารมาตรฐาน (บน) ตัวอย่างควบคุมคุณภาพ (กลาง) และตัวอย่างแก่นตะวันซึ่งเป็นตัวอย่างทดสอบ (ล่าง)

ตารางที่ 2 ปริมาณฟรุกแทน และฟรุกโตสไอโซโทปแซคคาไรด์ในตัวอย่างที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว และของเหลว (กรัมต่อ 100 มิลลิกรัม น้ำหนักสด)

กลุ่ม	ร้อยละ (จำนวน) ตัวอย่าง	ความชื้น (g/100 ml)	ฟรุกโตสไอโซโทปแซคคาไรด์ ^{1,2} (FOS) (g/100 ml)			ฟรุกแทน ³ (g/100g หรือ ml)	ร้อยละของ FOS ต่อฟรุกแทน ⁴	
			GF ₂	GF ₃	GF ₄			Sum
กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม	2 (n=4)	89.57 ± 1.57	0.08 ± 0.04 ^b	0.21 ± 0.04 ^c	0.17 ± 0.08 ^c	0.46 ± 0.16 ^c	5.22 ± 1.70 ^d	8.8 ^a
นมพร้อมดื่ม	4 (n=6)	87.93 ± 2.49	0.16 ± 0.11 ^c	0.19 ± 0.13 ^c	0.20 ± 0.14 ^c	0.55 ± 0.38 ^c	3.87 ± 2.34 ^c	13.3 ^b
โยเกิร์ตชนิดครีม (กรัมต่อ 100g)	9 (n=17)	77.57 ± 1.00	0.06 ± 0.02 ^b	0.06 ± 0.01 ^b	0.11 ± 0.05 ^b	0.23 ± 0.05 ^b	3.13 ± 0.60 ^b	7.4 ^a
โยเกิร์ตพร้อมดื่ม	10 (n=19)	83.17 ± 2.63	0.16 ± 0.07 ^c	0.17 ± 0.06 ^c	0.24 ± 0.07 ^c	0.57 ± 0.18 ^c	2.78 ± 1.48 ^b	23.4 ^c
เครื่องดื่มธัญญาหารชนิดพร้อมดื่ม	7 (n=13)	88.64 ± 1.54	0.10 ± 0.07 ^b	0.14 ± 0.10 ^c	0.10 ± 0.05 ^b	0.35 ± 0.18 ^b	2.79 ± 1.03 ^b	12.4 ^b
เครื่องดื่มต่างๆ ชนิดพร้อมดื่ม	10 (n=20)	89.89 ± 0.04	0.10 ± 0.06 ^b	0.10 ± 0.07 ^b	0.11 ± 0.09 ^b	0.32 ± 0.20 ^b	2.54 ± 1.19 ^b	13.0 ^b
นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม	6 (n=11)	87.52 ± 0.18	0.29 ± 0.20 ^d	0.17 ± 0.14 ^c	0.14 ± 0.07 ^b	0.60 ± 0.41 ^c	2.53 ± 0.46 ^b	24.2 ^c
อาหารควบคุมน้ำหนักชนิดพร้อมดื่ม	1 (n=2)	89.65 ± 0.07	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.06 ± 0.01 ^a	0.64 ± 0.01 ^a	9.8 ^a
นมพร้อมดื่มสำหรับมารดา	2 (n=4)	86.81 ± 2.74	0.01 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^a	0.06 ± 0.01 ^a	0.46 ± 0.04 ^a	12.5 ^b

¹ตัวอักษรที่แตกต่างกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$); ²GF₂=1-kestose, GF₃=nystose และ GF₄=fructosyl-nystose โดย G = กลูโคส, F = ฟรุกโตส; ³ฟรุกโตส; ⁴ฟรุกแทน หมายถึงผลรวมของอินนูลินและฟรุกโตสไอโซโทปแซคคาไรด์; ⁵ร้อยละของ FOS ต่อฟรุกแทน มีค่าเท่ากับ Sum of FOS x 100 / ฟรุกแทน

ตารางที่ 3 ร้อยละของแต่ละ FOS ต่อผลรวมของ FOS ในอาหาร

กลุ่ม	ร้อยละของแต่ละ FOS ต่อผลรวมของ FOS ในอาหาร		
	GF ₂ /FOS	GF ₃ /FOS	GF ₄ /FOS
กาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง	18.0 ^c	42.3 ^d	39.7 ^b
โยเกิร์ตชนิดครีม	26.5 ^d	24.1 ^b	49.4 ^d
นมผง	11.2 ^a	11.8 ^a	77.1 ^f
นมผงสำหรับมารดา	13.8 ^b	37.1 ^c	49.1 ^d
สารสกัดจากแก่นตะวัน	41.8 ^e	31.5 ^b	26.7 ^a
อินนูลินชนิดผง	27.5 ^d	34.5 ^c	38.0 ^b
อาหารควบคุมน้ำหนักชนิดผง	25.2 ^d	36.2 ^c	38.6 ^b
เครื่องดื่มนมอดซ์ชนิดผง	26.2 ^d	36.6 ^c	37.2 ^b
เครื่องดื่มนมต่างๆชนิดผง	28.2 ^d	34.9 ^c	36.9 ^b
กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม	17.7 ^c	45.2 ^d	37.1 ^b
โยเกิร์ตพร้อมดื่ม	27.3 ^d	30.1 ^b	42.6 ^c
นมพร้อมดื่ม	28.9 ^d	34.0 ^b	37.1 ^b
นมพร้อมดื่มสำหรับมารดา	16.7 ^c	26.9 ^b	56.4 ^e
นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม	48.0 ^f	28.9 ^b	23.1 ^a
อาหารควบคุมน้ำหนักชนิดพร้อมดื่ม	25.3 ^d	38.9 ^d	35.8 ^b
เครื่องดื่มนมธัญญาหารชนิดพร้อมดื่ม	29.6 ^d	41.1 ^d	29.3 ^a
เครื่องดื่มนมต่างๆชนิดพร้อมดื่ม	32.5 ^d	32.6 ^b	34.9 ^b

¹ ตัวอักษรที่แตกต่างกันอยู่ในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. สรุปผลการศึกษา

การศึกษหาปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหาร และผลิตภัณฑ์อาหารที่กำหนดในประเทศไทยทั้ง 17 กลุ่มนี้เป็นรายงานการศึกษาครั้งแรกของประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มอาหารที่มีลักษณะแห้งมีค่าฟรุกแตนอยู่ในช่วง 3.1-85.0 กรัมต่อ 100 กรัม โดยกลุ่มที่มีปริมาณฟรุกแตนสูงคือ อินนูลินชนิดผง สารสกัดจากแก่นตะวันและเครื่องดื่มนมต่างๆชนิดผง (85.0, 51.5 และ 24.0 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มอาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวและของเหลวมีค่าฟรุกแตนอยู่ในช่วง 0.6-5.2 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร น้ำหนักสด กลุ่มที่มีการเติมฟรุกแตนมากคือ กาแฟสำเร็จรูปพร้อมดื่ม นมพร้อมดื่ม และโยเกิร์ตชนิดครีม (5.2, 3.9 และ 3.1 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรหรือกรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ)

ปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (FOS) ในกลุ่มอาหารที่มีลักษณะแห้งพบค่า FOS อยู่ในช่วง 1.1-18.5 กรัมต่อ 100 กรัม พบว่ามีค่า FOS สูงในสารสกัดจากแก่นตะวัน อินนูลินชนิดผง และกาแฟปรุงสำเร็จชนิดผง (18.5, 10.9 และ 4.0 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ) ส่วนกลุ่มอาหารที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว และของเหลว พบว่ามีค่า FOS อยู่ในช่วง 0.1-0.6 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร กลุ่มอาหารที่มีค่าฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์สูงในกลุ่มนี้คือ นมถั่วเหลืองพร้อมดื่ม โยเกิร์ตพร้อมดื่ม และนมพร้อมดื่ม (0.6 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรทั้งสามชนิด) โดยผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มีร้อยละของ GF₄ > GF₃ > GF₂ ตามลำดับ ตัวอย่างอาหารที่มี GF₄ ก่อนข้างมากได้แก่ นมผง นมพร้อมดื่มสำหรับมารดา โยเกิร์ตชนิดครีม นมผงสำหรับมารดา และโยเกิร์ตพร้อมดื่ม เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหิดล (ทุนสนับสนุนการทำผลงานเพื่อพัฒนางานของบุคลากร สายสนับสนุน ปี 2556) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยบางส่วน และขอขอบคุณสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ สารเคมี และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Aekplakorn W, Porapakkhom Y, Taneepanichskul S, Pakjarean H, Satainnpakhloa W, Thaikhla K. Thailand national health survey by physical examination. 4th (B.E. 2551 - 2552). Nonthaburi: The Graphico System, Thailand; 1999. Thai
- (2) Bootyee C. Increased the consumption of vegetables and fruits. The War Veterans Organization of Thailand under Royal Patronage of His Majesty the King, Bangkok. 2012; Thai.
- (3) Notification of the Ministry of Public Health (No. 182) B.E. 2541 Re: nutrition labelling; 1998. Thai.
- (4) Roberfroid BM. Introducing inulin-type fructans. Br J Nutr. 2005;93(1): 13-25.
- (5) Campbell MJ, Bauer LL, Jr.Fahey CG, Hogarth LCJA, Wolf WB, Hunter ED. Selected fructooligosaccharide (1-kestose, nystose, and 1^F-b-fructofuranosylnystose) composition of foods and feeds. J Agric Food Chem. 1997;45(8): 3076-82.
- (6) van Loo J, Coussement P, DeLeenheer L, Hoebregs H, Smits G. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the Western diet. Crit Rev Food Sci Nutr. 1995;35: 525-52.
- (7) Judprasong K, Tanjor S, Sungpuag P, Puwastien P. Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. J Food Comp and Anal. 2011;24: 642-9.
- (8) Rivero-Urgell M, Santamaria-Orleans A. Oligosaccharides: application in infant food. Early Hum Dev. 2001;65: 43-52.
- (9) Roberfroid M. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. Crit Rev Food Sci Nutr. 1993;33(2): 103-48.
- (10) Abrams SA, Hawthorne MK, Aliu O, Hicks DP, Chen Z, Griffin JJ. An inulin-type fructan enhances calcium absorption primarily via an effect on colonic absorption in humans. J Nutr. 2007;137(10): 2208-12.
- (11) Chaito C, Judprasong K, Puwastien P. Inulin content of fortified food products in Thailand. Food Chem. 2014; in press.
- (12) AOAC. Official methods of analysis of the AOAC, Association of Official Analytical Chemists. In: Horwitz W. editor. 18th ed. AOAC International, Maryland. 2005; Methods: 997.08, 920.115, 925.10.
- (13) Joye D, Hubert H. Determination of oligofructose, a soluble dietary fiber, by high-temperature capillary gas chromatography. J AOAC Int. 2000;83: 1020-5.
- (14) AOAC. Official method of analysis. Guidelines for standard method performance requirements. 2012; available from: http://www.eoma.aoac.org/app_f.pdf; accessed 9 December 2013.
- (15) Tanjor S, Judprasong K, Chaito C, Jogloy S. Inulin and fructooligosaccharides in different varieties of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). KKU Res. J. 2012;17(11):25-34. Thai.
- (16) Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. Br J Nutr. 2002;87(2): 287-91.
- (17) Biedrzycka E, Bielecka M. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. Trends Food Sci Tech. 2004;15: 170-5.
- (18) Gibson GR, Wang X. Bifidogenic properties of different types of fructooligosaccharides. Food Microbiol. 1994;11: 491-8.
- (19) Elzbieta B, Maria B. Prebiotic effectiveness of fructans of different degrees of polymerization. Trends Food Sci Tech: 2004;15(3-4): 170-5.