



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ใยอาหารจากผลไม้ไทยบางชนิด: องค์ประกอบทางเคมี
และคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระ

**Dietary fiber of selected Thai fruits: Chemical compositions,
and Associated antioxidant capacity**

โดย

นาย ถาวร จันทโชติ

ตุลาคม 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ใยอาหารจากผลไม้ไทยบางชนิด: องค์ประกอบทางเคมี
และคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระ

**Dietary fiber of selected Thai fruits: Chemical compositions,
and Associated antioxidant capacity**

ผู้วิจัย/สังกัด

นาย ถาวร จันทโชติ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้ไทยจำนวน 4 ชนิด 10 สายพันธุ์ และศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถในการต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH และความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์ของสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ ผลการศึกษาพบว่าผลไม้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.26–3.84 กรัม/100 กรัม และสามารถเรียงลำดับปริมาณใยอาหารทั้งหมดของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ ฝรั่ง > กัลยณน้ำว้า > กัลยณเลื้อยมีอนาง > กัลยณไข่ > มะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงแรด > กัลยณหอมทอง > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้ > สับปะรด โดยมะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้น้อยสุดเท่ากับ 0.84 กรัม/100 กรัม และสับปะรดมีปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำต่ำสุดเท่ากับ 0.15 กรัม/100 กรัม ขณะที่ฝรั่งมีปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้และใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 2.85 และ 0.98 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ใยอาหารที่สกัดได้จากผลไม้มีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย อยู่ในช่วง 6.27-11.27 3.65-12.89 1.07-2.69 1.24-2.32 และ 3.17-31.89 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าใยอาหารจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 77.66 มิลลิกรัมของกรดแกลลิก/100 กรัม น้ำหนักแห้ง ขณะที่ใยอาหารจากกัลยณน้ำว้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 7.82 มิลลิกรัมของกรดแกลลิก/100 กรัม น้ำหนักแห้ง จากการศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ พบว่าใยอาหารจากผลไม้ประเภทมะม่วงมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์สูงกว่าผลไม้ประเภทกัลยณ ฝรั่ง และสับปะรด โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.264–0.29 ใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงสุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.16 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ขณะที่ใยอาหารจากกัลยณหอมทองมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ต่ำสุดโดยมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.19 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

ABSTRACT

The aim of this research was to determine total (TDF), insoluble (IDF) and soluble (SDF) dietary fiber contents of 10 varieties of 4 species of Thai fruits. The dietary fiber concentrate of fruits was obtained and its chemical composition, total phenolic content and antioxidant capacity by using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging assay and reducing power assay, were evaluated. Among the fruits, the TDF ranged from 1.26 to 3.84 g/100 g. The rank of TDF content was guava > banana; namwa variety > banana; leb mu nang variety > banana; kai variety > mango; kheosawoei variety > mango; rad variety > banana; homtong variety > mango; mahachanok variety > mango; nahmdawgmi variety > pineapple. The IDF and SDF were lowest in mango; nahmdawgmi variety (0.84 g/100 g) and pineapple (0.15 g/100 g), respectively. The IDF and SDF were highest in guava (2.85 and 0.98 g/100 g). The moisture content, Protein, fat, ash and crude fiber content of the dietary fiber concentrate were in the range 6.27-11.27, 3.65-12.89, 1.07-2.69, 1.24-2.32 and 3.17-31.89 g/100 g, respectively. The highest content of total phenolic content of dietary fiber concentrate was found in mango; nahmdawgmi variety (77.66 mg gallic acid/100 g dry matter) and the lowest was in banana; namwa variety (7.82 mg gallic acid/100 g dry matter). The reducing powers of dietary fiber concentrate in all mango varieties, ranging from 0.264 to 0.291, were found to be higher than that of banana varieties, guava and pineapple. With regard to EC_{50} values of DPPH-radical scavenging activity, the highest DPPH-radical scavenging activity of dietary fiber concentrate was found in mango; kheosawoei variety (0.16 mg/ml) and the lowest activity was in banana; homtong variety (1.19 mg/ml).

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
สารบัญ	iii
สารบัญตาราง	iv
สารบัญภาพ	v
บทนำ	1
บททวนวรรณกรรม	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	14
วิธีการวิจัย	14
ผลการวิจัย	20
วิจารณ์ผลการวิจัย	29
สรุปผลการวิจัย	38
ข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ใยอาหารปริมาณสูง	10
2	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลไม้	21
3	ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ค่าพีเอช และค่าสี L^* a^* และ b^* ของผลไม้	22
4	ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (กรัม/100 กรัม) ในผลไม้	24
5	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของใยอาหารที่สกัดจากผลไม้	25
6	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content, mg gallic acid/100 g dry matter) ค่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์ (Reducing power, absorbance 700 nm) และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH (DPPH-radical scavenging activity, EC_{50} ; mg/ml)	27
7	เปรียบเทียบปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้จากหลายๆ การศึกษา	30

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 แผนผังแสดงส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต

1

บทนำ

ผลไม้ไทยจัดเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ผลไม้ในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิดและมีรับประทานทุกฤดูตลอดทั้งปี ผลไม้นอกจากจะบริโภคในลักษณะผลสุกและผลดิบแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ ได้อีกมากมาย เช่น ผลไม้อบแห้ง ผลไม้แช่แข็ง และผลไม้บรรจุกระป๋อง เป็นต้น ผลไม้ยังเป็นอาหารที่มีประโยชน์มาก เพราะในผลไม้อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกาย นอกจากนี้แล้วผลไม้ยังจัดเป็นแหล่งใยอาหารที่มีความสำคัญ

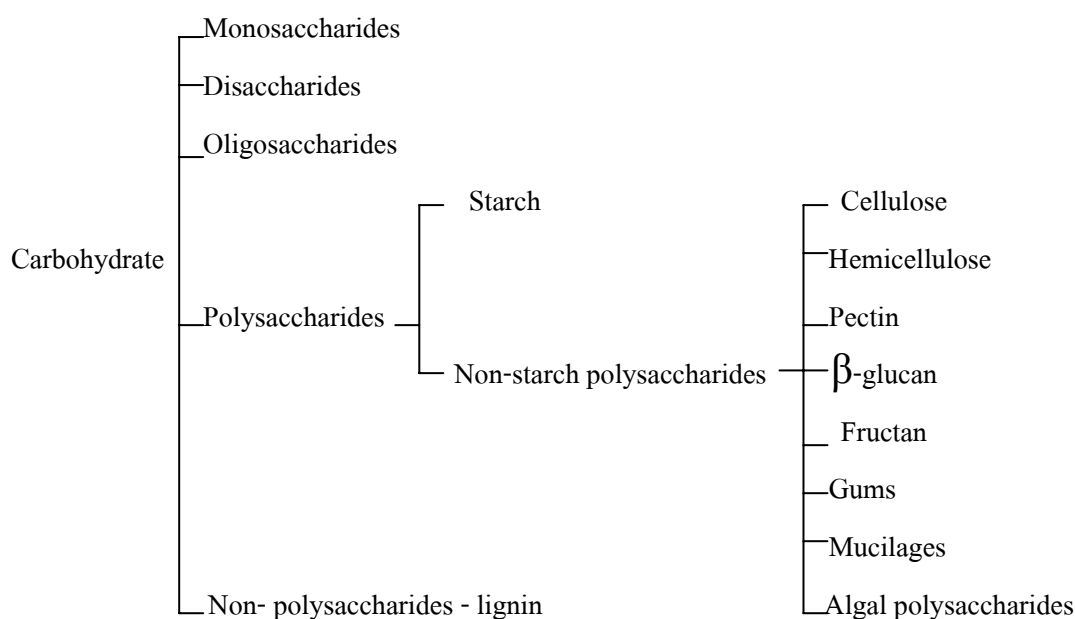
ใยอาหาร (dietary fibre) เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อน (complex polysaccharides) และเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของผลไม้ ใยอาหารในผลไม้ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ใยอาหารที่ละลายน้ำ (SDF, soluble dietary fibre) เช่น เพกติน (pectins) และกัม เป็นต้น และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (IDF, insoluble dietary fibre) เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกแนน เป็นต้น การบริโภคใยอาหารที่ละลายน้ำได้มีประโยชน์ต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกายหลายด้าน เช่น ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ลดอัตราเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจ ลดความอ้วน ป้องกันมะเร็ง ปรับปรุงหน้าที่ของลำไส้ใหญ่ และลดการดูดซึมน้ำตาล เป็นต้น (Anderson และคณะ, 1994) และในแต่ละวันเราควรบริโภคใยอาหารในปริมาณ 25-30 กรัม โดยทั่วไปผลไม้มีปริมาณใยอาหารสูงและใยอาหารจากผลไม้ก็มีคุณภาพดีกว่าใยอาหารจากธัญพืช ทั้งนี้เนื่องมาจากใยอาหารจากผลไม้มีองค์ประกอบของสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) เช่น แกลโรทีนอยด์และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระได้ ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ใยอาหารที่ผลิตได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น ใช้เติมลงในอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหารแก่อาหารเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ผลิตเป็นใยอาหารอัดเม็ดหรือบรรจุแคปซูลจำหน่าย เป็นต้น

เนื่องจากข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของใยอาหารจากผลไม้ไทยแต่ละชนิดและแต่ละสายพันธุ์มีน้อย ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้ก็เพื่อศึกษาปริมาณใยอาหาร องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของใยอาหารในผลไม้ไทยจำนวน 4 ชนิด 10 สายพันธุ์ ได้แก่ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงดอกไม้ มะม่วงมหาชนก ถั่วลิสง ถั่วลิสงหอมทอง ถั่วลิสง ไข่ ถั่วลิสงเลียบมีอนาง สับปะรดศรีราชา และฝรั่งแป้นสีทอง เป็นต้น

บททวนวรรณกรรม

ใยอาหาร

ใยอาหาร (dietary fiber) หมายถึง ส่วนประกอบของพืช ผัก และผลไม้ ที่พบในส่วนที่เป็นผนังเซลล์ เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วสามารถทนต่อการย่อยสลายของเอนไซม์ที่อยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ (ประภาศรี และคณะ, 2533) แต่เมื่อผ่านมาถึงส่วนของลำไส้ใหญ่บางส่วนของใยอาหารจะถูกย่อยโดยแบคทีเรีย กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไฮโดรเจน น้ำ และกรดไขมันสายสั้นๆ ซึ่งจะถูดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ด้วยเหตุนี้ใยอาหารจึงมีผลต่อการทำงานของลำไส้และการดูดซึมของสาร ใยอาหารไม่ใช่สารอาหาร ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย แต่มีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพร่างกายทั้งในภาวะปกติและภาวะเจ็บป่วย (สุรัตน์, 2534) ใยอาหารประกอบด้วยสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharides) ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) เพคติน (pectin) กัมม์ (gums) มิวซิเลจส์ (mucilages) และสารประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (non- polysaccharides) ได้แก่ ลิกนิน (lignin) (สันทนา, 2537; Baghurst และคณะ, 1996; Eastwood, 1997) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรต

ประเภทของใยอาหาร

ใยอาหารสามารถแบ่งตามความสามารถในการละลายได้ 2 ประเภท คือ ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (insoluble fiber) ผลรวมของใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้กับใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เรียกว่า ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) (Prosky และ DeVries, 1992)

1. ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ได้แก่ เพคติน (pectin) กัมส์ (gums) และมิวซิเลจส์ (mucilages) ใยอาหารประเภทนี้จะพบมากในผลไม้ ข้าวโอ๊ต ข้าวบาร์เลย์ พืชตระกูลถั่ว และเมล็ดพืชผักกาดน้ำ (psyllium seed)

1.1 เพคติน (pectin) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นโซโมเลกุลของกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 มีน้ำตาลแรมโนส (rhamnose) อะราบิโนส-ไซโลส และฟิวโคส (fucose) เป็นโซ่สาขาเป็นสารที่พบมากในผักและผลไม้ คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของเพคติน คือ ความสามารถในการเกิดเจลและความสามารถในการเพิ่มความหนืด ทำให้มีการนำเพคตินไปใช้กันมากในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเพคตินละลายในน้ำร้อนได้ลักษณะที่เป็นวุ้นซึ่งจะขัดขวางการดูดซึมของน้ำตาลในเลือดได้ และเหมาะสมสำหรับคนที่มีการท้องผูกสลับกับท้องเสีย เนื่องจากความเป็นวุ้นสามารถห่อหุ้มแบคทีเรียไว้และกำจัดออกจากร่างกาย ดังนั้นแอปเปิล ส้ม องุ่น และรำข้าว จึงเหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาดังกล่าว (ปาริชาติ, 2540)

1.2 กัมส์ (gums and mucilages) สารเหล่านี้ไม่ได้เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์แต่มีคุณสมบัติทางชีวเคมีที่มีผลต่อร่างกายเหมือนกับเพคตินและเฮมิเซลลูโลส กัมส์เป็นสารที่พืชหลั่งออกมาเมื่อเกิดบาดแผล มีโซโมเลกุลหลักเป็นน้ำตาลกาแลคโทส กรดกลูควโรนิก-แมนโนส กรดกาแลคทูโรนิก-แรมโนส โดยมีน้ำตาลไซโลส และกาแลคโทส เป็นโซ่สาขา กัมส์หลายชนิดใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อช่วยในการกระจายไขมัน ทำให้อาหารข้น และให้ความอยู่ตัว นอกจากนั้น กัมส์บางชนิดยังใช้เป็นยาระบายอีกด้วย กัมส์ที่รู้จักกันแพร่หลายคือ กัวกัมส์ (guar gums) หรือกาแลคโตแมนแนน (galactomannan) มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 220,000 ได้จากอินเดียนคลัสเตอร์ปิ่น (Indian cluster bean) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cyamopsis tetragonolobus* มีคุณสมบัติในการดูดน้ำและรวมกับสารอื่นได้ดี มักใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เครื่องสำอาง ยา บุหรี่ และอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เติมน้ำในซอส น้ำสลัด ไอศกรีม เชอร์เบต อาหารแช่แข็ง และอาหารสุนัข (Jenkins และคณะ, 1979) ส่วนมิวซิเลจส์ และโพลีแซ็กคาไรด์ที่พืชสะสมมักอยู่รวมกับแป้ง มิวซิเลจส์มีโซโมเลกุลหลักของน้ำตาลกาแลคโทส-แมนโนส กลูโคส-แมนโนส อะราบิโนส-ไซโลส กรดกาแลคทูโรนิก-แรมโนส โดยมีน้ำตาลกาแลคโทสเป็นโซ่สาขา

2. ใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (Insoluble fiber) ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นส่วนที่เป็นผนังเซลล์พืช ไม่ละลายน้ำแต่มีความสามารถในการจับน้ำไว้ได้ ส่วนมากจะได้จากธัญชาติและพืชผัก

2.1 เซลลูโลส (cellulose) โขโมเลกุลของเซลลูโลสประกอบด้วยกลูโคส (glucose) ประมาณ 3,000 หน่วย ต่อกันเป็นพันธะเบต้า 1-4 เซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลักของผนังเซลล์ร้อยละ 10-25 ของส่วนประกอบทั้งหมด เซลลูโลสไม่สามารถละลายน้ำได้ โขของเซลลูโลสจับตัวกันหนาแน่น มีบางส่วนที่โมเลกุลเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบและจับตัวกันหลวมๆ ทำให้สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ และเกิดการพองตัว มีผลให้กากอาหารมีลักษณะนุ่ม โขอาหารนี้พบในพืชทุกชนิด แต่ผักจะมีเซลลูโลสมากกว่าธัญชาติและผลไม้ (ปาริชาติ, 2540)

2.2 เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นกลุ่มโยอาหารที่มาจากน้ำตาลเฮกโซส (hexose) และ เพนโทส (pentose) แต่มีลักษณะโขโมเลกุลที่ต่างกันมากกว่า 250 แบบ โดยทั่วไปจะมีโมเลกุลของ น้ำตาลไซโลส (xylose) ต่อกันเป็นพันธะเบต้า 1-4 เป็นโขหลัก ในบางครั้งอาจจะมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแลคโทส (galactose) หรือกลูโคสมาต่อกันเป็นโขหลัก และมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกัน เป็นโขสาขา ได้แก่ น้ำตาลอะราบินโนส (arabinose) กรดกลูคิวโรนิก (glucuronic acid) และ กาแลคโทส เฮมิเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบที่อยู่ปะปนกับเซลลูโลสในผนังเซลล์พืช สามารถละลาย ได้ในด่างเจือจาง คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของ มนุษย์

2.3 ลิกนิน (lignin) ซึ่งประกอบด้วยโขโมเลกุลของออกซิเจนเตตเฟนิลโพรเพน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 สังกะหร้าจากอนุพันธ์ของ แอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาปิล (sinapyl) ลิกนินไม่สลายทั้งในกรดและด่างแก่ และไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ (Anderson และ Chen, 1979; Heaton, 1983; Lanza และ Butrum, 1986; Schneeman, 1986; Slavin, 1987) ลิกนินพบมากใน พืชที่ค่อนข้างแก่ ผลไม้สุกมีลิกนินมากกว่าผลไม้ดิบ โดยเฉพาะผลไม้ที่บริโภคได้ทั้งเมล็ด เช่น สตรอเบอร์รี่ คุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ คือ สามารถดูดซับน้ำดี (bile acid) ได้ดี และอาจมีผล ชะลอการดูดซึมสารอาหารบางชนิดในลำไส้เล็ก (ไฟโรจน์ และเบญจวรรณ, 2538; ปทุม และ พิมพาภรณ์, 2540; Prosky และ DeVries, 1992)

โยอาหารและบทบาทต่อสุขภาพ

โยอาหารแม้จะเป็นสารอาหารที่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ แต่มีความสำคัญต่อร่างกายเป็น อย่างยิ่ง เนื่องจากโยอาหารสามารถป้องกันอุบัติการณ์การเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคสีกวทวาร ผนังลำไส้ โป่งพอง โรคหัวใจขาดเลือด ท้องผูก การเกิดถุงตันในลำไส้ใหญ่ โรคอ้วน โรคเบาหวานมะเร็งใน ระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น (Spiller และ Kay, 1980) แม้ว่าโยอาหารจะเป็นอาหารที่ไม่ให้ สารอาหารใดๆ แก่ร่างกาย แต่ช่วยควบคุมการทำงานของอวัยวะให้ทำงานเป็นปกติได้อย่างไรก็ตาม

หากร่างกายไม่ได้รับใยอาหาร หรือมีพฤติกรรมการกินอาหารที่มีใยอาหารต่ำ จะทำให้เสี่ยงต่อภาวะการเกิดโรคดังต่อไปนี้

1. ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคท้องผูก

การได้รับใยอาหารในปริมาณที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคท้องผูก การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูง จะช่วยลดปัญหาอาการท้องผูกได้เนื่องจากใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำประเภทเซลลูโลส ช่วยเพิ่มน้ำหนักและปริมาณกากอาหาร ทำให้กากอาหารอ่อนนุ่ม และช่วยลดเวลาที่กากอาหารเคลื่อนผ่านลำไส้ใหญ่ ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำประเภทเฮมิเซลลูโลสจะช่วยดูดซับน้ำในทางเดินอาหาร ทำให้กากอาหารนุ่มและช่วยลดเวลาที่กากอาหารเคลื่อนที่ผ่านลำไส้ใหญ่ (Stark และ Madar, 1994; Kleiner และ Robinson, 1996)

ใยอาหารจากแหล่งอาหารแต่ละชนิดมีผลต่อปริมาณของอุจจาระแตกต่างกัน เมื่อทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยให้รำข้าวโอ๊ตซึ่งมีปริมาณสารประกอบเพคตินสูง ปรากฏว่าเพคติน และกัวกัมในรำข้าวโอ๊ตมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักอุจจาระน้อยมากเพียงร้อยละ 16-35 เนื่องจากเพคตินถูกจุลินทรีย์ในลำไส้ย่อยสลายเกือบทั้งหมด แต่เมื่อให้รำข้าวสาลีซึ่งบดหยาบสามารถเพิ่มน้ำหนักอุจจาระได้ถึงร้อยละ 80-127 จึงนับว่ารำข้าวสาลีเป็นแหล่งของใยอาหารที่ให้ผลในการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขณะที่ประสิทธิภาพของการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระของรำข้าวสาลีบดละเอียดลดลง อาจเป็นผลมาจากการที่คุณสมบัติในการอุ้มน้ำลดลง หรืออาจถูกแบคทีเรียย่อยสลายได้มากขึ้น (ประภาศรี, 2534; Monro; 1996)

พฤติกรรมการกินอาหารที่มีใยอาหารต่ำ ยังเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคริดสีดวงทวาร เนื่องจากเกิดการเกร็งของกล้ามเนื้อบริเวณปากทวารหนัก ทำให้เส้นเลือดที่หล่อเลี้ยงบริเวณปากทวารหนักโป่งออก

2. ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่

การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารน้อย แต่ไขมันสูงมีความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์การเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (ไพโรจน์ และ เบญจวรรณ, 2538 ข) ซึ่งเป็นโรคที่พบบ่อยในประเทศตะวันตก และเริ่มสูงขึ้นในประเทศอุตสาหกรรม เช่น ประเทศญี่ปุ่น โดยเฉพาะกลุ่มประชากรเขตเมือง ผู้ป่วยโรคนี้นักมีประวัติเป็นโรคท้องผูกเป็นเวลานาน จากการศึกษาหลายแห่งได้สนับสนุนถึงความสำคัญของการบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูงต่อการป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ โดยเฉพาะใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น รำข้าวสาลี เซลลูโลส ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำไม่มีส่วนช่วยป้องกันการเกิดโรคนี้นี้ (Stark และ Madar, 1994) กลไกการป้องกันโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ของใยอาหารสันนิษฐานได้ดังนี้ (แก้ว, 2529; ประภาศรี, 2534; ไสวรินทร์, 2536; Baghurst และคณะ, 1996)

2.1 ใยอาหารมีอิทธิพลเปลี่ยนแปลงแบคทีเรียชนิดสร้างสารก่อมะเร็งให้เป็นสารที่ไม่สามารถก่อมะเร็งได้

2.2 ใยอาหารสามารถยับยั้งเอนไซม์ 7- α dehydroxylase ซึ่งใช้ในการสร้างสารก่อมะเร็ง

2.3 โยอาหารช่วยเพิ่มปริมาณอุจจาระ โดยเฉพาะโยอาหารจากธรรมชาติส่งผลให้ปริมาณสารก่อมะเร็งที่อาจปนเปื้อนอยู่ถูกเจือจางลง ช่วยลดการสัมผัสโดยตรงและลดระยะเวลาที่สารก่อมะเร็งอยู่ในลำไส้ใหญ่ อุจจาระที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากส่วนของโยอาหารที่เหลือจากการย่อย ปริมาณการอุ้ม น้ำของโยอาหาร และปริมาณแบคทีเรียที่เพิ่มในอุจจาระ จากการศึกษาพบว่า รำข้าวสาลีดิบสามารถเพิ่มปริมาณอุจจาระได้ดีกว่ารำข้าวสาลีที่ผ่านการขัดสีและอบแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากการกรรมวิธีขัดสีและอบแห้งทำลายโครงสร้างของโยอาหารจึงทำให้คุณสมบัติในการอุ้มน้ำลดน้อยลงและถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียได้มากขึ้น (Schneeman, 1986)

2.4 โยอาหารทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และเป็นสารกวาดล้างอนุมูลอิสระ อาจเป็นกลุ่มฟีนอล (phenol) ของลิกนินที่ออกฤทธิ์เช่นนี้ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่จะนำมาสนับสนุนยังมีน้อย

2.5 อาหารที่มีโยอาหารสูงมักมีวิตามินอยู่ด้วย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี ที่เชื่อกันว่าอาจช่วยป้องกันการเป็นมะเร็งได้และมีแร่ธาตุ เช่น ซีลีเนียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีหลักฐานว่าป้องกันมะเร็งได้เช่นกัน

3. ผลของการบริโภคโยอาหารกับโรคผนังลำไส้ใหญ่โป่งพอง

สาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการโป่งพองของลำไส้ใหญ่ เกิดจากการที่อุจจาระมีปริมาณน้อยและแข็งเป็นประจำทำให้การขับถ่ายต้องใช้แรงเบ่งมาก เกิดความดันในลำไส้ใหญ่สูงเพื่อผลักดันกากอาหารและส่งผลไปดันผนังลำไส้ใหญ่ให้โป่งพอง หากมีกากอาหารที่มีลักษณะแข็งตลก้างจะทำให้เกิดอาการระคายเคือง อาจอักเสบจนถึงขั้นเป็นอันตรายได้ (Heaton และคณะ, 1983) ปัญหาของโรคผนังลำไส้ใหญ่โป่งพองพบน้อยในประเทศแถบแอฟริกา ซึ่งประชากรบริโภคโยอาหารมากส่วนประเทศแถบตะวันตกซึ่งบริโภคโยอาหารน้อยมีโอกาสเป็นโรคนี้อยู่ร้อยละ 50-60 ซึ่งสอดคล้องกับอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นในหนูทดลองที่ได้รับโยอาหารในปริมาณต่ำ แนวทางหนึ่งในการป้องกันการเกิดหรือช่วยบรรเทาอาการของโรคคือ การบริโภคโยอาหารในปริมาณสูง โดยเฉพาะรำข้าวสาลีชนิดหยาบ (วิมล, 2537; Stark และ Madar, 1994) จากการทดลองในผู้ป่วยผนังลำไส้ใหญ่โป่งพองจำนวน 40 คน ให้บริโภครำข้าวสาลีชนิดหยาบวันละ 3 ช้อนโต๊ะเป็นเวลา 6 เดือนปรากฏว่าผู้ป่วยหายจากโรคนี้นี้ 33 คน ยังมีอาการเล็กน้อย 5 คน และอีก 2 คน มีอาการดีขึ้นเล็กน้อย (Brodribb และ Humphreys, 1976)

4. ผลของการบริโภคโยอาหารกับโรคอ้วน

สาเหตุส่วนใหญ่ของโรคอ้วนเกิดจากการกินจุและการออกกำลังกายน้อย ดังนั้นหลักการที่สำคัญของการลดน้ำหนักในผู้ป่วยโรคอ้วนก็คือ การควบคุมอาหาร และการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ การควบคุมอาหารโดยการให้ร่างกายได้รับพลังงานจากอาหารที่บริโภคเข้าสู่ร่างกายน้อยกว่าพลังงานที่ใช้ เพื่อให้ร่างกายดึงไขมันที่สะสมไว้มาเผาผลาญเป็นพลังงาน (ปรียา, 2535) การบริโภคอาหารที่มีโยอาหารมากจะให้พลังงานน้อยกว่าการบริโภคอาหารที่มีโยอาหารน้อย อาหารที่มี

ใยอาหารต่ำโดยเฉพาะน้ำตาล มีผลต่อการกระตุ้นศูนย์ควบคุมการอิ่มได้น้อยมาก เนื่องจากบริโภคได้ง่ายและรวดเร็ว ทำให้บริโภคได้มาก (Heaton, 1980) ในทางปฏิบัติใยอาหารช่วยในการลดน้ำหนักได้ โดยร่วมกับการให้ความรู้ทางโภชนาการที่ถูกต้อง พร้อมกับการปรับเปลี่ยนบริโภคนิสัยโดยให้บริโภคผักมากๆ (สุรัตน์, 2534) หรือใช้ใยอาหารที่เตรียมทางอุตสาหกรรมในการลดน้ำหนักซึ่งมี 3 ประเภท ได้แก่ โพลีเมอร์ของใยอาหารบริสุทธิ์ (purified fiber polymers) ใยอาหารเข้มข้น (fiber concentrates) และอาหารที่มีใยอาหารสูง (high fiber diets) ใยอาหารที่ละลายน้ำจะกลายเป็นเจลเพิ่มความหนืดและการเกาะตัวของสารในกระเพาะอาหาร ทำให้ผู้บริโภครู้สึกอิ่มเร็วขึ้นและอิ่มนาน ทำให้กระเพาะอาหารว่างช้าลง (ไพโรจน์ และ เบญจวรรณ, 2538 ข)

5. ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคเบาหวาน

ปัจจุบันการรักษาโรคเบาหวานทำได้ 3 ทาง คือ การฉีดฮอร์โมนอินซูลิน การควบคุมอาหาร และการใช้ยาขับโพลีเมอร์ร่วมกับการควบคุมอาหาร ผลจากการรักษาผู้ป่วยพบว่า การควบคุมอาหารเป็นวิธีการรักษาที่ดีที่สุด (ไพโรจน์ และ เบญจวรรณ, 2538 ข) โดยพบว่าอาหารที่มีใยอาหารที่ละลายน้ำสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดได้ โดยใยอาหารสามารถจับกับน้ำและน้ำตาลเป็นวุ้นเหนียว (สุรัตน์, 2534) ทำหน้าที่เสมือนผนังกันการแพร่ของน้ำตาลไปสู่ผนังลำไส้เล็ก ทำให้น้ำตาลถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้ช้าลงจึงช่วยรักษาระดับของน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดให้เป็นปกติ ใยอาหารที่ละลายน้ำต่างชนิดกันให้ผลในการควบคุมน้ำตาลได้ต่างกัน ถั่วกัมที่ได้จากพืชตระกูลถั่วจะให้ผลในการควบคุมน้ำตาลได้ดีกว่าเพคตินและรำข้าว แม้ว่าการศึกษาทางกลไกการทำงานของใยอาหารยังไม่แน่ชัด แต่ทางการแพทย์ก็มีการยอมรับในการนำใยอาหารที่ละลายน้ำมาใช้รักษาโรคเบาหวานอย่างกว้างขวาง (ไพโรจน์และ เบญจวรรณ, 2538 ข)

6. ผลของการบริโภคใยอาหารกับระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

คอเลสเตอรอลในร่างกายส่วนหนึ่งได้จากการบริโภคอาหารจากสัตว์ เช่น ไขมันสัตว์ เนื้อ นม เนย ไข่ ครีม ไขมันหมู เป็นต้น อีกส่วนหนึ่งได้จากการสังเคราะห์ขึ้นในร่างกายโดยตับ ในสภาวะปกติร่างกายสามารถสร้างคอเลสเตอรอลและเผาผลาญให้อยู่ในสภาพของกรดน้ำดี (bile acid) และถูกเปลี่ยนต่อไปเป็นเกลือน้ำดี (bile salt) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยและดูดซึมไขมันภายในลำไส้ เมื่อทำหน้าที่แล้วกรดน้ำดีจะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกายที่ส่วนปลายของลำไส้เล็ก (วิจิตร, 2536) การบริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูง ใยอาหารมีส่วนในการขัดขวางการดูดซึมของน้ำดีทำให้น้ำดีซึ่งมีคอเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบอยู่ถูกขับถ่ายออกมาพร้อมกับใยอาหารแทนที่จะถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ร่างกาย (สุรัตน์, 2534) เมื่อร่างกายย่อยไขมันครั้งต่อไปก็จะดึงคอเลสเตอรอลออกเพื่อเผาผลาญให้เป็นกรดน้ำดี ทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในร่างกายลดลง กลไกของการเปลี่ยนแปลงในการดูดซึมคอเลสเตอรอลในร่างกายมนุษย์นั้น น่าจะเป็นเพราะใยอาหารที่ละลายน้ำเร่งการเคลื่อนไหวของลำไส้ ทำให้อาหารถูกดูดซึมจากลำไส้เล็กส่วนต้นได้น้อยลง และยังช่วยลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล

จากลำไส้โดยการขับถ่ายน้ำดีให้ออกจากร่างกายพร้อมอุจจาระ (Stanley และคณะ, 1973) ปრაการณเช่นนี้เกิดขึ้นได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของใยอาหารปริมาณและระยะเวลาของการบริโภคใยอาหาร รวมทั้งปริมาณอุจจาระที่เกิดขึ้น ใยอาหารที่ละลายน้ำมีความสามารถในการจับน้ำดีได้ดี เช่น กวักมและเพคตินในพืชตระกูลถั่ว สาหร่าย ผักและผลไม้ประเภทส้ม แอปเปิ้ล จากการทดลองให้คนปกติบริโภคเพคติน วันละ 15 กรัม เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่าการคนน้ำดีที่ถูกขับออกมาพร้อมอุจจาระเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 40 ของปริมาณอุจจาระปกติ แต่ใยอาหารจากรำข้าวสาลี รำข้าวโพด ใยจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินไม่มีผลต่อการลดระดับคอเลสเตอรอล ดังนั้นการเลือกบริโภคอาหารที่มีใยอาหารที่ละลายน้ำในปริมาณสูง เช่น รำข้าวโอต เมล็ดพืชผักกาดน้ำ เป็นต้น จะมีไขมันชนิดอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลน้อยจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในเลือดให้อยู่ในเกณฑ์ปกติได้ (Eastwood และคณะ, 1976; Lairon, 1996)

7. ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคหัวใจขาดเลือด

อัตราการเสียชีวิตของประชากรในประเทศที่พัฒนาแล้วด้วยโรคหัวใจขาดเลือดมีปริมาณสูงขึ้น ปัจจัยเสี่ยงประการหนึ่งของการเกิดโรคนี้เนื่องมาจากปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดในซีรัมมีปริมาณสูง มีการศึกษาที่ให้ข้อมูลสนับสนุนถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณใยอาหารที่บริโภคกับโรคหัวใจขาดเลือด โดยทดลองในคนจำนวนมากให้รับประทานเพคตินโดยเฉลี่ยวันละ 10-20 กรัม ซึ่งจะต้องบริโภคผักและผลไม้มากกว่าปกติ พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลทั้งหมดในซีรัมลดลง 0.36-0.8 มิลลิโมลต่อลิตร ในขณะที่การบริโภคผักและผลไม้ในปริมาณปกติจะสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้ 0.2- 0.3 มิลลิโมลต่อลิตร ทำให้สรุปได้ว่าการบริโภคใยอาหารจากผักและผลไม้ในปริมาณมากพอมีผลต่อการลดลงของระดับคอเลสเตอรอลทั้งหมดในซีรัม ในขณะที่ใยอาหารจากธัญชาติให้ผลน้อยมาก (ไพโรจน์ และ เบญจวรรณ, 2538 ข)

8. ผลของการบริโภคใยอาหารกับการย่อยและการดูดซึมแลคโตส

ใยอาหารจากเมล็ดพืชผักกาดน้ำ (psyllium seed) และใยอาหารที่เป็นเซลลูโลสเพคตินช่วยแก้ปัญหาให้กลุ่มประชากรที่มีปัญหาเกี่ยวกับการย่อย และการดูดซึมแลคโตส (lactose malabsorbers) ได้ดีขึ้น ผลจากการศึกษานี้จะเป็นประโยชน์สำหรับคนไทยที่มีปัญหาการย่อย และการดูดซึมเนื่องจากมีเอนไซม์แลคเตสไม่เพียงพอที่จะย่อยน้ำตาลแลคโตสในนม (Nguyen และคณะ, 1982)

9. ผลของการบริโภคใยอาหารกับโรคไตเรื้อรัง

ใยอาหารที่เป็นเฮมิเซลลูโลส สามารถลดระดับสารยูเรีย (blood urea-nitrogen, BUN) และสารครีเอตินิน (creatinine) ในเลือดของผู้ป่วยไตเรื้อรังได้ถึงร้อยละ 11-19 นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มการขับถ่ายสารไนโตรเจนออกทางอุจจาระได้ถึงร้อยละ 39 และช่วยลดการสังเคราะห์แอมโมเนียลงได้ถึงร้อยละ 30 ผลของใยดังกล่าวจะช่วยลดอาการยูรีเมีย (uremia) ซึ่งเป็นอาการของโรคไตวาย มีของเสียคั่งในเลือดจนเป็นพิษจากของเสียในผู้ป่วยไตเรื้อรังได้ (Rampton และคณะ, 1984)

เนื่องจากความสำคัญและบทบาทที่ใยอาหารมีผลต่อสุขภาพทำให้ปัจจุบันหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางด้านสุขภาพได้มีการแนะนำและกำหนดปริมาณใยอาหารที่ควรบริโภคต่อวัน (Prosky และ DeVries, 1992)

- The Nation Research Council แนะนำให้บริโภคใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำ 20-35 กรัมต่อวัน
- The American Diabetes Association แนะนำให้บริโภคใยอาหารวันละ 25 กรัมต่อ 1,000 กิโลแคลอรีของพลังงานที่ได้รับจากอาหารที่บริโภค
- The British National Advisory Committee on Nutrition Education (NACNE) แนะนำการบริโภคใยอาหารเพิ่มขึ้นในปริมาณ 30 กรัมต่อวัน
- The Federation of American Societies for Experimental Biology แนะนำให้บริโภคใยอาหารวันละ 10-13 กรัม/พลังงานอาหารที่บริโภค 1,000 กิโลแคลอรี
- The National Cancer Institute แนะนำให้บริโภคใยอาหารวันละ 20-30 กรัมโดยเน้นให้บริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนจากผัก ผลไม้ และธัญชาติไม่ขัดสี

สำหรับประเทศไทย Thai Recommended Daily Intake (Thai RDI) ได้กำหนดปริมาณเส้นใยอาหารที่ร่างกายควรรับเท่ากับ 25 กรัมต่อวัน ซึ่งนักโภชนาการแนะนำให้เลือกรับประทานผักผลไม้วันละ 5 ที่เสิร์ฟ (Serving) ธัญพืชไม่ขัดสีและถั่ววันละ 7 ที่เสิร์ฟ (Serving) จะทำให้ร่างกายได้รับเส้นใยอาหารเพียงพอต่อหนึ่งวัน แต่ในภาวะปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคอาหารแปรรูปและอาหารสำเร็จรูปเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งยังให้ความสนใจด้านสุขภาพ จึงทำให้ผู้ผลิตอาหารต้องคำนึงถึงการใช้สารผสมอาหาร ที่เพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์อาหารไม่ว่าจะเป็นอินนูลิน (Inulin) ฟรุคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo-Oligosaccharide) และรีซิสแทนซ์สตาร์ช (Resistance starch) เป็นต้น (ชนินันท์, 2549)

การสกัดใยอาหาร

การสกัดใยอาหารไม่มีรูปแบบและวิธีการที่ตายตัว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวทางและวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย โดยงานวิจัยหลายๆ ชิ้นจะทำการกำจัดองค์ประกอบบางส่วนที่ผู้ทำวิจัยเห็นว่าไม่มีประโยชน์หรือมีประโยชน์น้อยกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ออก อาทิ เช่น ไขมัน แป้ง และน้ำตาลอิสระ เป็นต้น เพื่อให้ได้ส่วนของใยอาหารในปริมาณสูงต่อน้ำหนักของผลิตภัณฑ์

ปัจจุบันมีวัตถุดิบหลากหลายชนิดที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารผง เช่น ข้าวสาลี ข้าว วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกส้ม มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยคุณลักษณะหลักของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายทางการค้ามีดังนี้ คือ มีใยอาหารเป็นองค์ประกอบทั้งหมดไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบต่ำ ให้พลังงานต่ำ (ต่ำกว่า

8.36 กิโลกรัมต่อกรัม) กลิ่นรสและรสชาติเป็นกลาง ซึ่งส่วนใหญ่จะมีส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่มีการจำหน่าย

ใยอาหารที่ได้จากธัญพืชมีการใช้แพร่หลายกว่าใยอาหารที่ได้จากผลไม้ อย่างไรก็ตาม ใยอาหารจากผลไม้มีคุณภาพที่ดีกว่า เนื่องจากมีองค์ประกอบของใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้สูง ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำและน้ำมันสูง นอกจากนี้กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยสลายได้ ในขณะเดียวกันใยอาหารที่ได้จากผลไม้จะมีองค์ประกอบของกรดไฟติก (Phytic acid) ต่ำ และใช้พลังงานต่ำ (Saura-Calixto and Larrauri, 1996) จากความสำคัญและคุณสมบัติที่ได้กล่าวไปข้างต้นนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีการพัฒนากระบวนการเตรียมใยอาหารจากผลไม้ให้มีการสูญเสียขององค์ประกอบดังกล่าวและองค์ประกอบที่ให้ผลทางชีวภาพอื่นๆ อาทิ เช่น ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล คาโรทีน ให้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อสุขภาพ นอกเหนือจากคุณสมบัติของใยอาหารเอง ซึ่งกระบวนการที่พัฒนาให้ได้ปริมาณใยอาหารที่สูงส่วนใหญ่แสดงดังตารางที่ 1 (Annon, 1987; Taste Apple Inc, 1991; America Cristal Sugar Company, 1991; Woodstone Food Limited, 1991; ArcherDaniels Midlan, 1992)

ตารางที่ 1 กระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ใยอาหารปริมาณสูง

ผู้วิจัย	กระบวนการ
Caprez และคณะ (1987)	ใช้เอนไซม์เพื่อช่วยให้ส่วนของใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ของวัตถุดิบมีประสิทธิภาพดี และกระบวนการนี้ทำให้ใยอาหารที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม
Gould และ Dexter (1989)	ใช้สารอัลคาไลน์ H_2O_2 ในการเตรียมใยอาหารจากพืช ซึ่งสามารถแยกส่วนของลิกนินออกจากเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำสูง และมีคุณสมบัติในการพองตัว
Chigurapati (1991)	รำธัญพืชถูกเคลือบด้วยแป้งเพื่อหลีกเลี่ยงความรู้สึกเป็นกรดในปาก และการดูดซึมแร่ธาตุของใยอาหาร
Giesfledt และคณะ (1991)	แยกของเหลวชั้นที่ได้จากกระบวนการหมักเปียกข้าวโพดโดยใช้ไฮโดรไลซิโคลน ซึ่งทำให้ได้ส่วนของใยอาหารทั้งหมดสูงขึ้น
Rasmaswamy (1991)	แช่เปลือกข้าวโอ๊ตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 4.5-5% ในหม้อหนึ่งความดัน (autoclave) ที่อุณหภูมิ 100-200 °C ความดัน 0.1-1.0 MPa เพื่อแยกซิลิกาและลิกนินจากเปลือกข้าวโอ๊ต กรองตัวอย่างข้างต้น ทำให้เป็นกลางและฟอกสี (bleached) ผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับ

ที่มา : คัดแปลงมาจาก Larrauri (1999)

การผลิตโยอาหารผงในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีขั้นตอนปฏิบัติหลักๆ ดังนี้

-การบดเปียก (Wet milling)

เป็นขั้นตอนการลดขนาดอนุภาคเพื่อเตรียมการกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกจากวัตถุดิบ โดยขนาดของอนุภาคหากมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้มีปริมาณน้ำจำนวนมากเข้าไปจับกับอนุภาคเหล่านั้นซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบไประหว่างกระบวนการแยกน้ำออกหรือกระบวนการทำแห้ง แต่อย่างไรก็ดีขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปก็จะทำให้การกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการยากขึ้น เช่น น้ำตาลอิสระ อีกทั้งจะทำให้ในกระบวนการทำแห้งต้องใช้เวลาที่นานขึ้น

-การล้าง (Washing)

จุดประสงค์หลักของขั้นตอนนี้ คือ เป็นขั้นตอนการแยกส่วนประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำตาลอิสระ และลดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ขั้นตอนนี้อาจจะมีการสูญเสียส่วนของโยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้บางส่วน เช่น เพคติน ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะด้านประสิทธิภาพความอ้วนน้ำของผลิตภัณฑ์สุดท้าย แต่อย่างไรก็ดีขั้นตอนนี้สามารถแยกน้ำตาลอิสระออกจากวัตถุดิบ หลีกเลี่ยงการเกิดสีดำนในวัตถุดิบที่ผ่านการทำแห้งและช่วยให้โยอาหารนั้นให้พลังงานต่ำ (Larrauri, 1999)

-การทำแห้ง (Drying)

กระบวนการทำแห้งเป็นกระบวนการที่มีราคาค่อนข้างสูงในการผลิตโยอาหาร และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาโยอาหารได้โดยไม่ต้องมีการเติมสารวัตถุกันเสีย หรือสารเจือปนอื่นๆ โดยในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้เครื่องจักรในการทำแห้งอย่างหลากหลาย อาทิ เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งเดี่ยว (drum dryer) เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ (double drum dryer) เครื่องทำแห้งแบบสายพาน (belt conveyor) ซึ่งการพิจารณาเลือกเครื่องจักรในการทำแห้งนั้นควรเลือกให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงและปริมาณน้ำตาลเป็นองค์ประกอบต่ำ เพื่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพของโยอาหารที่ได้น้อยที่สุด (Ferguson และFox, 1978; Bernado และคณะ, 1990) ผลของกระบวนการทำแห้งต่อคุณภาพของโยอาหาร (dietary fiber) คือ อุณหภูมิที่สูงในการทำแห้งจะทำลายผนังเซลล์มีผลต่อความคงตัวของโพลีแซคาไรด์ เช่น เพคติน

นอกจากนี้การผลิตเส้นโยอาหารเพื่อให้ได้เส้นโยอาหารที่มีความเข้มข้นของโยอาหารต่อปริมาณน้ำที่สูง จำเป็นต้องกำจัดองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีในวัตถุดิบนั้นๆ อันได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เป็นต้น

-การกำจัดไขมัน (Fat Extraction)

กำจัดไขมันออกจากวัตถุดิบนั้นนิยมทำอยู่ 2 วิธี ได้แก่ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการสกัดด้วยตัวทำละลายพวกอีเทอร์และแอลกอฮอล์

-การกำจัดแป้ง (Removal of Starch)

ปริมาณแป้งที่ปนอยู่มีผลต่อคุณสมบัติและคุณภาพของโยอาหาร โดยแนวโน้มการพองตัวและอุ้มน้ำของเส้นโยอาหารมากขึ้น แต่เมื่อทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเส้นโยที่มีปริมาณแป้งอยู่มากจะมีการคายน้ำที่อุ้มน้ำออกมา ทำให้เกิดการแยกตัวของน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ และปริมาณแป้งที่มีอยู่สูงจะทำให้เส้นโยมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นขณะการเก็บรักษา ทำให้อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สั้นลง (ลิขรินทร์ และปราณี, 2003) ดังนั้นต้องกำจัดแป้งออกจากวัตถุดิบโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (α -Amylase) ย่อยแป้งออกจากวัตถุดิบ

คุณสมบัติของโยอาหารต่อผลิตภัณฑ์อาหาร

คุณสมบัติที่สำคัญของโยอาหารต่อการเป็น functional ingredient คือ คุณสมบัติด้านความสามารถในการจับกับน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (นิธิมา, 2544) โดยพารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมบัติในการจับน้ำ (hydration properties) ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ความสามารถในการจับน้ำ (water binding capacity) และการพองตัว (swelling) จากคุณสมบัติดังกล่าวการเติมโยอาหารลงไปปริมาณที่เหมาะสมจึงส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและเสถียรภาพของอาหารนั้นๆ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิธิมา (2544) ศึกษาการสกัดโยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน โดยใช้โยอาหารผงที่ได้จากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและทำแห้งแบบสุญญากาศของเปลือกส้มเขียวหวาน นำมาลดความชื้นในเปลือกส้มเขียวหวานโดยวิธีการสกัดด้วยน้ำ การสกัดโดยการปรับพีเอช ตัวอย่าง และการสกัดด้วยเอทานอลได้โยอาหารทั้งหมดร้อยละ 76.09 จากผงเปลือกส้มเขียวหวานก่อนทำการกำจัดองค์ประกอบอื่นๆ ที่ไม่ใช่โยอาหาร ผลที่ได้คือ โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 52.22 โยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 23.87 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เกลือ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 8.23 4.05 6.78 และ 4.85 นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เค้กถ้วย ซึ่งจากการทดสอบการยอมรับแล้วได้รับการยอมรับรวมอยู่ในช่วง 6.95 - 7.91 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ลิขรินทร์ และปราณี (2003) ศึกษาการสกัดโยอาหารจากหัวกระเทียมพันธุ์ *Allium sativum* โดยการแยกไขมันและแป้งในหัวกระเทียม โดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ในการกำจัดไขมันและใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl 120 L) ย่อยสลายแป้ง ซึ่งเส้นโยอาหารที่สกัดได้มีปริมาณเส้นโยอาหารที่ละลายน้ำได้ และเส้นโยอาหารทั้งหมด ในปริมาณร้อยละ 28.32 และ 85.77 ตามลำดับ นำเส้นโยที่ได้ไปทดสอบประสาทสัมผัสของขนมปังที่เตรียมโดยมีเส้นโยอาหารจากกระเทียมเป็นส่วนผสมร้อยละ 10 ซึ่งได้รับคะแนนดีทั้งในด้านสี รสชาติ กลิ่นกระเทียมและการยอมรับรวม

Larrauri และคณะ (1996) ศึกษากระบวนการเตรียมและลักษณะของ dietary fiber จากเปลือกมะม่วงที่เป็นวัสดุเหลือจากกระบวนการผลิตไซรัป นำมาไม่เปียก ล้างและทำให้แห้งได้ใยอาหารที่มีใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 281 กรัมต่อ กิโลกรัม และมีประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำสูง 11.4 กรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่าเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี

Prakongpan และคณะ (2002) ศึกษาการสกัดและการประยุกต์ใช้ dietary fiber จากแกนสับปะรด โดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 (1:5 w/v) ได้ Pineapple core dietary fiber (PDF) และสกัดเซลลูโลส ได้เป็น Pineapple core cellulose (PC) โดยใช้สารแอลคาลอยด์ จากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปผ่านกระบวนการฟอกสี (Bleaching process) จากการสกัดด้วยสารดังกล่าวข้างต้นได้ปริมาณ dietary fiber 99.8% และ 95.2% ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพและนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์โดนัทเค้ก เค้กและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ จากการทดสอบประสาทสัมผัสคะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ดี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณใยอาหารจากผลไม้ไทย ได้แก่ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงมหาชนก กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง สับปะรด และฝรั่ง
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารจากผลไม้ไทย
3. เพื่อศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ไทย

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ผลไม้ไทย ได้แก่ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงมหาชนก กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง สับปะรด และฝรั่ง ซึ่งจากตลาดสด เทศบาลเมืองสงขลาและเทศบาลเมืองหาดใหญ่ จากนั้นนำมาเก็บรักษาในถุงพลาสติกและนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ยกเว้นกล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง และกล้วยไข่ จะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ระหว่างรอการวิเคราะห์ภายใน 24 ชั่วโมง

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลไม้

นำผลไม้ ได้แก่ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงมหาชนก กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง สับปะรด และฝรั่ง มาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก (ยกเว้นฝรั่ง) จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัตถุดิบ เพื่อบ่งบอกคุณภาพและประเมินความสุกของผลไม้ ดังต่อไปนี้ คือ

- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (Total soluble solid: TSS)
- ค่าสี ในระบบ C.I.E. อ่านค่า $L^* a^* b^*$
- ค่าพีเอช (pH)

3. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในผลไม้

นำผลไม้ ได้แก่ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงมหาชนก กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง สับปะรด และฝรั่ง มาวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) และใยอาหารที่ไม่สามารถ

ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) โดยวิธี Enzymatic-Gravimetric Method (AOAC (1997) method 985.29)

3.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ใยอาหาร

1. ตัวอย่างผลไม้ที่มีลักษณะเปลือกต้องผ่านการอบแห้งก่อน โดยชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 50 กรัม ใส่ plate ที่อบห้าน้ำหนักคงที่แล้ว นำตัวอย่างมาอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส ซ้ำคืน หาน้ำหนักหลังอบเป็นเปอร์เซ็นต์ ของแห้งทั้งหมด

2. ตัวอย่างผลไม้ที่มีปริมาณไขมันเกิน 5 % ต้องผ่านการสกัดไขมันก่อน โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งมาสกัดไขมันโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใช้ Petroleum Ether ครั้งละ 20 มิลลิลิตร ใส่ในตัวอย่างจนผสมแล้วทิ้งให้ตกตะกอน ดูดเอา Petroleum Ether ออกจากบีกเกอร์ สกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง หากสารสกัดยังมีสีเหลืองอยู่ให้สกัดอีกครั้ง แล้วดูดเอาสารสกัดออก นำตัวอย่างที่เหลือไปอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง วางให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งน้ำหนัก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมัน

3. หากตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลสูงกว่า 10% หรือตัวอย่างมีลักษณะเหนียวหลังอบแห้งให้สกัดน้ำตาลออกโดยใช้ Methanol ความเข้มข้น 85% สกัดโดยใช้ 10 เท่าของน้ำหนักตัวอย่าง ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วเติม Methanol แล้วจนผสมรอให้ตกตะกอนดูดเอาสารละลายออกแล้วทำซ้ำอีก 2 ครั้ง นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไม่ต่ำกว่า 5 ชั่วโมง วางให้เย็นใน desicator ชั่งน้ำหนัก คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำตาล

4. นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดมาบดโดยใช้โกร่งบดจนละเอียดเป็นผง

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ใยอาหาร

1. ชั่งตัวอย่างผลไม้ น้ำหนักแน่นอน 0.5 กรัม ลงในหลอด centrifuge ขนาด 85 ml จำนวน 4 หลอด น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่งไม่ควรห่างกันเกิน 20 มิลลิกรัม ใส่ magnetic bar ลงไปในแต่ละหลอด และใส่ลงในหลอดเปล่าจำนวน 2 หลอด เพื่อใช้เป็น Blank

2. เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 6.0 ± 0.2 ลงไป 25 มิลลิกรัม ทุกหลอด ปรับ pH ด้วย 0.275 N NaOH หรือ 0.325 N HCl

3. เติม α -amylase heat-stable 50 μ l ปิดฝา วางใน water bath ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที โดยใช้ hot plate & stirrer เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 95-100 องศาเซลเซียส เปิด stirrer เพื่อเขย่าตัวอย่าง

4. เมื่อครบเวลาออกจาก water bath แล้ววางให้เย็นที่อุณหภูมิห้องหรือแช่น้ำ

5. เติม 0.275N NaOH หรือ 0.325 N HCl ปรับ pH ให้ได้ 7.5 ± 0.1 ตรวจสอบโดยใช้ pH meter

6. เติมสารละลาย protease 50 μ l วางใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 60 ± 2 องศาเซลเซียส เปิด stirrer เพื่อเขย่าตัวอย่าง

7. เมื่อครบเวลาออกจาก water bath แล้ววางให้เย็นที่อุณหภูมิห้องหรือแช่น้ำ

8. เติมน้ำละลาย 0.275N NaOH หรือ 0.325 N HCl ปรับ pH ให้ได้ 4.5 ± 0.2 ตรวจ pH โดยใช้ pH meter

9. เติม amyloglucosidase 100 μ l วางใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง 60 ± 2 องศาเซลเซียส เปิด stirrer เพื่อเขย่าตัวอย่าง

10. เมื่อครบเวลาก่อจาก water bath ในกรณีที่จะวิเคราะห์เป็น Total dietary fiber นำตัวอย่างจากหลอด centrifuge ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 ml แล้วชะตัวอย่างในหลอดและผาคั่วด้วย 95% Ethanol และปรับปริมาตรโดยใช้ 95% Ethanol เป็น 4 เท่าของปริมาตรเดิมแล้ววางไว้ให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องข้ามคืน

11. นำตะกอนมากรองผ่าน fritted glass crucible ที่เตรียมไว้โดยต่อกับ Aspirator ชะ Celite บริเวณผิวหน้าของ fritted Glass Crucible ด้วย 78% Ethanol ก่อนการกรองตัวอย่าง

12. ชะล้างตะกอนโดยใช้ 78% Ethanol ครั้งละ 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง แล้วชะล้างด้วย 95% Ethanol ครั้งละ 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง แล้วล้างด้วย acetone 20 มิลลิลิตร 1 ครั้ง ในระหว่างการล้างตะกอนให้ชะตัวอย่างออกจากบีกเกอร์ให้หมดโดยใช้ rubber politeman ขัด หากมีตะกอนเกาะติดเป็นก้อนกรองได้ยากให้ใช้ specular เช็บบริเวณผิวหน้าของ celite

13. นำตะกอนที่ได้ไปอบที่ 100-105 องศาเซลเซียส ข้ามคืนวางให้เย็นใน desicator ซึ่งน้ำหนักหลังอบ

-นำตัวอย่างไปหาโปรตีน 2 หลอด และ Blank 1 หลอด ตามขั้นตอนการวิเคราะห์โปรตีนในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณโปรตีน} = 0.014007 \times [\text{HCl}] \times (\text{ปริมาตร HCl-Blank}) \times 4.4 \text{ (Factor for fruit)}$$

-นำตัวอย่างไปวิเคราะห์เถ้า 2 หลอด และ Blank 1 หลอด ตามขั้นตอนการวิเคราะห์เถ้า โดยเผาที่ 525 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

$$\text{ปริมาณเถ้าในตัวอย่าง} = \text{น้ำหนักเถ้าหลังเผา} - \text{น้ำหนักถ้วย}$$

14. ในกรณีวิเคราะห์ Insoluble หลังจากย่อย (9) กรองตะกอนผ่าน fritted Glass Crucible แล้วล้างตะกอนด้วยน้ำ DI อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ส่วนของเหลวที่เหลือนำไปวิเคราะห์ Soluble dietary fiber

15. นำตะกอนที่กรองได้ล้างด้วย 95% Ethanol ครั้งละ 20 มิลลิลิตร 2 ครั้งแล้วล้างด้วย acetone 20 มิลลิลิตร 1 ครั้ง

16. นำตัวอย่างที่ได้วิเคราะห์ตามขั้นตอนที่ (13)

17. ในกรณีที่จะวิเคราะห์ Soluble Dietary fiber นำของเหลวที่ได้จากการกรองเอาตะกอนออกในขั้นตอนที่ (14) มาตกตะกอนโดยใช้ 95% Ethanol 225 มิลลิลิตร แล้ววางให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องข้ามคืน แล้วทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอน (11) – (13)

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2002)
- ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2002)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 2002)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 2002)
- ปริมาณเยื่อใย (AOAC, 2002)

5. วิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดโยอาอาหารจากผลไม้

นำโยอาอาหารที่สกัดได้จากผลไม้ ได้แก่ มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงมหาชนก กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง สับปะรด และฝรั่ง มาสกัดด้วยเอทานอล จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธีของ Singleton และคณะ (1999)

ปีเปตตัวอย่างสารสกัดปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้เอทานอล 95% แทนตัวอย่างสารสกัด โดยใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน

5.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing power) ด้วยวิธีของ Oyaizu (1996)

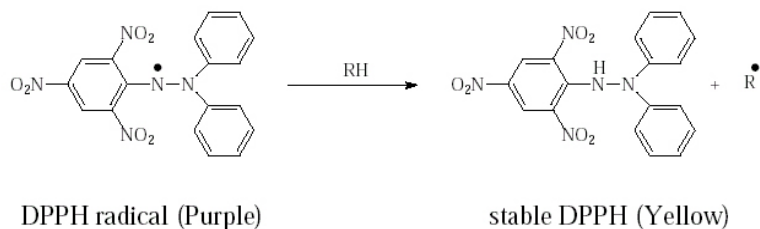
ปีเปตตัวอย่างสารสกัด ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 0.2 โมลาร์ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.6 ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายโปแทสเซียมไซยาไนด์ 1% ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร บ่มในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้น 10% ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 650g นาน 10 นาที นำส่วนใส ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ความเข้มข้น 0.1% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตรด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer

5.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH-radical scavenging activity, EC_{50}) ด้วยวิธีของ Hatano และคณะ (1988)

ปีเปตตัวอย่างสารสกัดและเอทานอล 95% ให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 5.4 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 6×10^{-5} โมลาร์ 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

30 นาที่ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ DPPH ที่เหลือโดยใช้กราฟมาตรฐานของ DPPH

DPPH เป็น stable free radical ซึ่งมีสีม่วง และจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ค่า absorbance 517 จะลดลง) เมื่อทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ



ความสามารถในการต้านออกซิเดชันจะถูกคำนวณจากกราฟที่เขียนขึ้นมาระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ 515 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ โดยคำนวณออกมาในรูปความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระของ DPPH ได้ 50% หรือที่เรียกว่า 50% Inhibitory concentration (EC_{50})

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

อาคารปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลไม้

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีเพื่อประเมินคุณภาพและระดับการสุกของผลไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการวิเคราะห์และการสกัดปริมาณใยอาหาร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 และ 3

1.1 ปริมาณความชื้น

จากผลการทดลองพบว่ามะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนก มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 80.40–84.94 กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่และกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 70.08–76.20 นอกจากนี้สับปะรดและฝรั่งมีปริมาณความชื้น เท่ากับร้อยละ 87.96 และ 89.64 ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับปริมาณความชื้นในผลไม้จากน้อยไปหามากได้ดังนี้ คือ กล้วยน้ำว้า < กล้วยเล็บมือนาง < กล้วยไข่ < กล้วยหอมทอง < มะม่วงเขียวเสวย < มะม่วงมหาชนก < มะม่วงน้ำดอกไม้ < มะม่วงแรด < สับปะรด < ฝรั่ง

1.2 ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (Total soluble solid: TSS)

จากผลการทดลองพบว่ามะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนก มีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 12.8-18.7 องศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 24.0-27.2 องศาบริกซ์ นอกจากนี้สับปะรดและฝรั่งมีปริมาณของแข็งละลายน้ำได้เท่ากับ 12.8 และ 8.30 องศาบริกซ์ ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ในผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยน้ำว้า > กล้วยไข่ > กล้วยหอมทอง > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงเขียวเสวย = มะม่วงแรด = สับปะรด > ฝรั่ง

1.3 ค่าพีเอช (pH)

จากผลการทดลองพบว่ามะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนก มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 12.8-18.7 กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่และกล้วยเล็บมือนางมีค่าอยู่ในช่วง 5.55-4.75 นอกจากนี้สับปะรดและฝรั่งมีค่าเท่ากับ 12.8 และ 8.30 ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับค่าพีเอชในผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยหอมทอง > กล้วยไข่ > ฝรั่ง > กล้วยน้ำว้า > มะม่วงเขียวเสวย > สับปะรด > มะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงแรด

1.4 ค่าสี

จากผลการทดลองพบว่ามะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนก มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสี a^* และค่าสี b^* อยู่ในช่วง 60.24 ถึง 71.04 -2.35 ถึง 7.32 และ 36.59 ถึง 47.16 ตามลำดับ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่และกล้วยเล็บมือนางมีค่า L^* ค่าสี a^* และค่าสี b^* อยู่ในช่วง 67.01 ถึง 70.60 -0.14 ถึง 1.41 และ 16.48 ถึง 28.27 ตามลำดับ นอกจากนี้ สับปะรดมีค่า L^* ค่าสี a^* และค่าสี b^* เท่ากับ 44.10 -1.21 และ 18.88 ตามลำดับ และฝรั่งมีค่า L^* ค่าสี a^* และค่าสี b^* เท่ากับ 79.10 -2.44 และ 14.40 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของผลไม้

ชนิดผลไม้/สายพันธุ์	Scientific name/variety	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)
มะม่วง	<i>Mangifera indica</i> L.	
-พันธุ์เขียวเสวย	-Kheosawoei variety	80.40 ^c ± 0.05
-พันธุ์แรด	-Rad variety	84.94 ^h ± 0.09
-พันธุ์น้ำดอกไม้	-Nahmdawgmi variety	84.45 ^g ± 0.02
-พันธุ์มหาชนก	-Mahachanok variety	81.51 ^f ± 0.04
กล้วย	<i>Musa sapientum</i> L.	
-พันธุ์น้ำว้า	-Namwa variety	70.08 ^a ± 0.09
-พันธุ์หอมทอง	-Homtong variety	76.20 ^d ± 0.07
-พันธุ์ไข่	-Kai variety	75.08 ^c ± 0.07
-พันธุ์เล็บมือนาง	-Leb Mu Nang variety	71.80 ^b ± 0.19
สับปะรด	<i>Ananas comosus</i> Merr.	87.96 ^j ± 0.04
	-Sriracha variety	
ฝรั่ง	<i>Psidium guajava</i> L.	89.64 ^d ± 0.01
	-Panseetong variety	

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางมาจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
-ตัวอักษร a-j ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) ค่าพีเอช และค่าสี L^* a^* และ b^* ของผลไม้

ชนิดผลไม้	ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	ค่าพีเอช	ค่าสี		
			L^*	a^*	b^*
มะม่วงเขียวเสวย	$12.8^b \pm 0.3$	$4.50^{bc} \pm 0.06$	$71.04^e \pm 1.50$	$-2.35^a \pm 0.12$	$39.37^e \pm 0.48$
มะม่วงแรด	$12.8^b \pm 0.3$	$3.55^a \pm 0.01$	$70.42^{de} \pm 1.64$	$-1.68^{ab} \pm 0.55$	$36.59^e \pm 3.48$
มะม่วงน้ำดอกไม้	$17.2^c \pm 0.3$	$4.34^b \pm 0.03$	$60.24^b \pm 0.86$	$6.81^e \pm 0.24$	$45.06^f \pm 2.24$
มะม่วงมหาชนก	$18.7^d \pm 0.6$	$4.32^b \pm 0.06$	$67.78^{cd} \pm 1.62$	$7.32^e \pm 0.93$	$47.16^f \pm 1.82$
กล้วยน้ำว้า	$26.5^f \pm 0.3$	$4.75^c \pm 0.02$	$70.52^{de} \pm 1.83$	$0.14^c \pm 0.28$	$16.48^{ab} \pm 0.66$
กล้วยหอมทอง	$24.0^e \pm 0.0$	$5.43^d \pm 0.12$	$70.60^{de} \pm 0.69$	$-0.14^c \pm 0.19$	$19.95^{bc} \pm 1.53$
กล้วยไข่	$24.3^e \pm 0.0$	$5.40^d \pm 0.01$	$67.01^c \pm 1.43$	$1.41^d \pm 0.25$	$28.27^d \pm 0.32$
กล้วยเล็บมือนาง	$27.2^g \pm 0.3$	$5.55^d \pm 0.01$	$68.20^{cde} \pm 1.22$	$1.34^d \pm 0.78$	$22.57^c \pm 1.02$
สับปะรด	$12.8^b \pm 0.3$	$4.40^{bc} \pm 0.04$	$44.10^a \pm 2.86$	$-1.21^b \pm 0.47$	$18.88^b \pm 3.75$
ฝรั่ง	$8.30^a \pm 0.0$	$4.80^c \pm 0.06$	$79.10^f \pm 1.50$	$-2.44^a \pm 0.12$	$14.40^a \pm 0.48$

หมายเหตุ

-ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางมาจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

-ตัวอักษร a-f ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในผลไม้

จากการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้ชนิดต่างๆ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 พบว่ามะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนกมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.58-2.14 กรัมต่อ 100 กรัม กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.69-3.16 กรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนี้สับปะรดและฝรั่งมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 1.26 และ 3.84 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับปริมาณใยอาหารทั้งหมดของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ ฝรั่ง > กล้วยน้ำว้า > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยไข่ > มะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงแรด > กล้วยหอมทอง > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้ > สับปะรด

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ พบว่าผลไม้ประกอบด้วยใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ในปริมาณร้อยละ 11.91-47.20 ของใยอาหารทั้งหมด โดยมะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนกมีปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ในช่วง 0.70-1.01 กรัมต่อ 100 กรัม กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ในช่วง 0.54-0.84 กรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนี้สับปะรดและฝรั่งมีปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 0.15 และ 0.98 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ มะม่วงเขียวเสวย > ฝรั่ง > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยน้ำว้า > มะม่วงแรด > มะม่วงน้ำดอกไม้ = กล้วยไข่ > มะม่วงมหาชนก > กล้วยหอมทอง > สับปะรด

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ พบว่าผลไม้ประกอบด้วยใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ในปริมาณร้อยละ 53.17-74.22 ของใยอาหารทั้งหมด โดยมะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนกมีปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ในช่วง 0.84-1.19 กรัมต่อ 100 กรัม กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ในช่วง 1.12-2.35 กรัมต่อ 100 กรัม นอกจากนี้สับปะรดและฝรั่งมีปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 1.12 และ 2.85 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ ฝรั่ง > กล้วยน้ำว้า > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยไข่ > มะม่วงแรด > มะม่วงเขียวเสวย > กล้วยหอมทอง = สับปะรด > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้

ตารางที่ 4 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ (กรัม/100 กรัม) ในผลไม้

ชนิดผลไม้	ปริมาณใยอาหาร ทั้งหมด (Total dietary fiber) (กรัม/100 กรัม)	ปริมาณใยอาหารที่ สามารถละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber) (กรัม/100 กรัม)	ปริมาณใยอาหารที่ไม่ สามารถละลายน้ำได้ (Insoluble dietary fiber) (กรัม/100 กรัม)
มะม่วงเขียวเสวย	2.14 ^c ± 0.03	1.01 ^c ± 0.09	1.13 ^b ± 0.12
มะม่วงแสด	1.99 ^c ± 0.13	0.80 ^c ± 0.01	1.19 ^b ± 0.13
มะม่วงน้ำดอกไม้	1.58 ^b ± 0.08	0.74 ^c ± 0.03	0.84 ^a ± 0.11
มะม่วงมหาชนก	1.63 ^b ± 0.11	0.70 ^c ± 0.24	0.93 ^a ± 0.06
กล้วยน้ำว้า	3.16 ^c ± 0.13	0.81 ^c ± 0.18	2.35 ^e ± 0.31
กล้วยหอมทอง	1.69 ^b ± 0.17	0.54 ^b ± 0.03	1.12 ^b ± 0.14
กล้วยไข่	2.19 ^c ± 0.50	0.74 ^c ± 0.12	1.46 ^c ± 0.01
กล้วยเล็บมือนาง	2.56 ^d ± 0.13	0.84 ^{cd} ± 0.07	1.72 ^d ± 0.22
สับปะรด	1.26 ^a ± 0.11	0.15 ^a ± 0.03	1.12 ^b ± 0.14
ฝรั่ง	3.84 ^f ± 0.13	0.98 ^{de} ± 0.16	2.85 ^f ± 0.01

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางมาจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
 -ตัวอักษร a-f ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารจากผลไม้

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารจากผลไม้ชนิดต่างๆ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5 พบว่าใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนก มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย อยู่ในช่วงร้อยละ 6.27-9.78 3.65-9.61 1.07-2.69 1.24-1.58 และ 4.74-10.25 ตามลำดับ ใยอาหารจากกล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย อยู่ในช่วงร้อยละ 7.33-10.87 5.47-12.89 1.14-2.49 1.32-2.32 และ 3.17-5.40 ตามลำดับ นอกจากนี้ใยอาหารจากสับปะรดมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย เท่ากับร้อยละ 11.27 4.33 1.17 1.95 และ 10.59 ตามลำดับ และใยอาหารจากฝรั่งมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย เท่ากับร้อยละ 6.56 6.54 1.08 1.98 และ 31.89 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ) ของใยอาหารที่สกัดจากผลไม้

ชนิดผลไม้	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)				
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย
มะม่วงเขียวเสวย	6.27 ^a ± 0.07	4.16 ^b ± 0.10	1.07 ^a ± 0.07	1.40 ^c ± 0.02	4.73 ^c ± 0.09
มะม่วงแรด	9.59 ^f ± 0.02	3.65 ^a ± 0.07	2.18 ^c ± 0.29	1.24 ^a ± 0.02	8.87 ^d ± 0.11
มะม่วงน้ำดอกไม้	9.78 ^g ± 0.04	9.61 ^f ± 0.15	1.90 ^d ± 0.06	1.47 ^d ± 0.01	10.25 ^e ± 0.05
มะม่วงมหาชนก	9.48 ^f ± 0.02	5.75 ^d ± 0.14	2.69 ^f ± 0.15	1.58 ^e ± 0.00	8.91 ^d ± 0.05
กล้วยน้ำว้า	7.33 ^c ± 0.04	5.47 ^c ± 0.20	1.14 ^a ± 0.08	1.48 ^d ± 0.01	3.17 ^a ± 0.03
กล้วยหอมทอง	10.87 ^h ± 0.06	11.80 ^g ± 0.20	2.49 ^f ± 0.03	2.32 ^g ± 0.09	4.87 ^c ± 0.07
กล้วยไข่	8.67 ^e ± 0.08	12.13 ^h ± 0.13	1.63 ^c ± 0.09	1.32 ^b ± 0.05	4.11 ^b ± 0.09
กล้วยเล็บมือนาง	7.70 ^d ± 0.060	12.89 ⁱ ± 0.14	1.57 ^b ± 0.08	1.38 ^c ± 0.01	5.40 ^c ± 0.30
สับปะรด	11.27 ⁱ ± 0.01	4.33 ^b ± 0.07	1.17 ^a ± 0.05	1.95 ^f ± 0.04	10.59 ^e ± 0.30
ฝรั่ง	6.56 ^b ± 0.02	6.54 ^c ± 0.14	1.08 ^a ± 0.10	1.98 ^f ± 0.00	31.89 ^f ± 0.07

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางมาจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
 -ตัวอักษร a-i ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณความชื้นของโยอาหารที่สกัดจากผลไม้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ สับปะรด > กล้วยหอมทอง > มะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงแรด > มะม่วงมหาชนก > กล้วยไข่ > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยน้ำว้า > มะม่วงเขียวเสวย > ฝรั่ง

ปริมาณโปรตีนของโยอาหารที่สกัดจากผลไม้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยไข่ > กล้วยหอมทอง > มะม่วงน้ำดอกไม้ > ฝรั่ง > มะม่วงมหาชนก > กล้วยน้ำว้า > สับปะรด > มะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงแรด

ปริมาณไขมันของโยอาหารที่สกัดจากผลไม้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ มะม่วงมหาชนก > กล้วยหอมทอง > มะม่วงแรด > มะม่วงน้ำดอกไม้ > กล้วยไข่ > กล้วยเล็บมือนาง > สับปะรด > กล้วยน้ำว้า > ฝรั่ง > มะม่วงเขียวเสวย

ปริมาณเถ้าของโยอาหารที่สกัดจากผลไม้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ กล้วยหอมทอง > ฝรั่ง > สับปะรด > มะม่วงมหาชนก > กล้วยน้ำว้า > มะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงเขียวเสวย > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยไข่ > มะม่วงแรด

ปริมาณเยื่อใยของโยอาหารที่สกัดจากผลไม้เรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ ฝรั่ง > สับปะรด > มะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงแรด > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยหอมทอง > มะม่วงเขียวเสวย > กล้วยไข่ > กล้วยน้ำว้า

4. วิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้

4.1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดโยอาหารจากผลไม้ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าสารสกัดโยอาหารจากมะม่วงมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 22.48-77.66 มิลลิกรัมกรดแกลลิก (gallic acid) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง สารสกัดโยอาหารจากกล้วยมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 7.28-26.27 มิลลิกรัมกรดแกลลิก (gallic acid) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้สารสกัดโยอาหารจากสับปะรดและฝรั่งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 24.40 และ 20.35 มิลลิกรัมกรดแกลลิก (gallic acid) ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดโยอาหารของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้คือ สารสกัดโยอาหารจากมะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงมหาชนก > กล้วยหอมทอง > มะม่วงแรด > สับปะรด > มะม่วงเขียวเสวย > ฝรั่ง > กล้วยไข่ > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยน้ำว้า

ตารางที่ 6 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content, mg gallic acid/100 g dry matter) ค่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing power, absorbance 700 nm) และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH (DPPH-radical scavenging activity, EC_{50} ; mg/ml)

ชนิดผลไม้	ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมด (mg gallic acid/ 100 g dry matter)	ค่าความสามารถในการ เป็นตัวรีดิวซ์ Absorbance (700 nm)	ค่าความสามารถในการ ต้านอนุมูลอิสระของ DPPH (EC_{50}) (mg/ml)
มะม่วงเขียวเสวย	$22.48^c \pm 0.26$	$0.269^g \pm 0.001$	$0.16^a \pm 0.02$
มะม่วงแรด	$25.75^g \pm 0.44$	$0.264^f \pm 0.002$	$0.66^d \pm 0.01$
มะม่วงน้ำดอกไม้	$77.66^i \pm 1.31$	$0.291^i \pm 0.002$	$0.32^b \pm 0.02$
มะม่วงมหาชนก	$46.15^h \pm 1.22$	$0.272^h \pm 0.001$	$0.30^b \pm 0.01$
กล้วยน้ำว้า	$7.82^a \pm 0.27$	$0.218^c \pm 0.004$	$1.60^h \pm 0.03$
กล้วยหอมทอง	$26.07^g \pm 0.98$	$0.190^a \pm 0.002$	$1.19^g \pm 0.05$
กล้วยไข่	$12.80^c \pm 0.44$	$0.207^b \pm 0.003$	$0.45^c \pm 0.06$
กล้วยเล็บมือนาง	$11.50^b \pm 0.32$	$0.207^b \pm 0.002$	$0.82^e \pm 0.05$
สับปะรด	$24.40^f \pm 0.68$	$0.225^d \pm 0.003$	$1.97^i \pm 0.02$
ฝรั่ง	$20.35^d \pm 0.34$	$0.241^e \pm 0.003$	$0.91^f \pm 0.04$

หมายเหตุ -ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตารางมาจากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ
-ตัวอักษร a-i ที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้

จากการทดสอบความสามารถการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าสารสกัดโยอาหารของผลไม้ทุกชนิดแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ซึ่งสารสกัดโยอาหารจากมะม่วงมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 0.16-0.66 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สารสกัดโยอาหารจากกล้วยมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 0.45-1.60 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร นอกจากนี้สารสกัดโยอาหารจากสับปะรดและฝรั่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.97 และ 0.91 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้ในรูปของค่า EC_{50} จากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้คือ สารสกัดโยอาหารจาก

มะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้ > กัลลัยไข่ > มะม่วงแรด > กัลลัยเล็บมือนาง
> ฝรั่ง > กัลลัยหอมทอง > กัลลัยน้ำว่า > สับปะรด

4.3 ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์ (Reducing power) ของสารสกัดใยอาหารจากผลไม้

จากการทดสอบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์ของสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 6 พบว่าสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ประเภทมะม่วงมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์มากกว่าสารสกัดใยอาหารจากผลไม้ประเภทอื่นๆ โดยสารสกัดใยอาหารจากมะม่วงมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์อยู่ในช่วง 2.64-2.91 สารสกัดใยอาหารจากกล้วยมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์อยู่ในช่วง 1.90-0.218 นอกจากนี้สารสกัดใยอาหารจากสับปะรดและฝรั่งมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์เท่ากับ 1.97 และ 0.91 ตามลำดับ และสามารถเรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์ของสารสกัดใยอาหารของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้คือ สารสกัดใยอาหารจากมะม่วงน้ำดอกไม้ > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงแรด > ฝรั่ง > สับปะรด > กัลลัยน้ำว่า > กัลลัยเล็บมือนาง = กัลลัยไข่ > กัลลัยหอมทอง

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของผลไม้

1.1 ปริมาณความชื้น

ผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณความชื้นในผลไม้ที่นำมาวิเคราะห์จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ และระดับการสุกของผลไม้ เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณน้ำหรือความชื้นที่อยู่ในผลไม้มีความสำคัญที่เกี่ยวข้องกับรสชาติ เนื้อสัมผัส การเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย สัดส่วนของปริมาณสารอาหารและปริมาณใยอาหารในผลไม้

1.2 ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ (Total soluble solid: TSS)

การสุกของผลไม้โดยปกติแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงของแป้งที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ ส่งผลให้ผลไม้มีความหวานมากขึ้น ในการตรวจสอบปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ทำได้โดยการหยดน้ำคั้นจากผลไม้บนปริซึมของเครื่อง Hand refractometer และอ่านค่าที่วัดได้ในหน่วยของศาบริกซ์ (°Brix) จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ในผลไม้จะขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ และระดับการสุกของผลไม้ เช่นเดียวกันกับปริมาณความชื้น นอกจากนี้ปริมาณของแข็งละลายน้ำได้ในผลไม้ยังมีความสัมพันธ์กับรสชาติของผลไม้ ซึ่งผลไม้ที่มีความหวานจะมีค่าปริมาณของแข็งละลายน้ำได้หรือองศาบริกซ์สูง

1.3 ค่าพีเอช (pH)

ค่าพีเอช จัดเป็นสิ่งบ่งชี้ถึงรสเปรี้ยวของผลไม้ กรดอินทรีย์สำคัญที่พบในผลไม้ทั่วไป ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดทาร์ทาริก เป็นต้น การวัดพีเอชของผลไม้ทำได้โดยการนำน้ำผลไม้คั้นมาตรวจวัดด้วยเครื่อง pH meter จากผลการทดลอง พบว่าค่าพีเอชจะขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ และระดับการสุกของผลไม้ โดยผลไม้จะมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการสุกเพิ่มขึ้น และผลไม้ที่มีค่าพีเอชต่ำจะมีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยวและมีความเป็นกรดสูง ตัวอย่างเช่นในผลไม้ประเภทมะม่วง พบว่ามะม่วงเขียวเสวยมีค่าพีเอชสูงหรือมีความเปรี้ยวน้อยกว่ามะม่วงพันธุ์อื่น ทั้งนี้เนื่องจากช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีการสะสมของแป้งมาก ขณะที่มะม่วงแรดในระยะที่ผลเจริญเต็มที่ที่มีความเปรี้ยวมากที่สุด แต่ผลสุกของมะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงมหาชนกมีปริมาณกรดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากในระยะสุกแป้งในเนื้อผลจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลมากขึ้น

1.4 ค่าสี

สีเนื้อผลไม้จัดเป็นสิ่งบ่งชี้หนึ่งที่บ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของผลไม้ระหว่างการสุกที่เห็นได้ชัด โดยส่วนมากแล้วเมื่อผลติดผลถูกเก็บเกี่ยวมาแล้วมักมีการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้น การทดสอบการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลไม้สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือ color meter รายงานผลเป็นค่า L^* , a^* และ b^* โดยค่า L^* แสดงถึงค่าความสว่างถ้าใกล้ 100 แสดงว่าสว่างมาก หรือ แสดงถึงความมันวาวของเนื้อ

ผลไม้ที่สะท้อนออกมา ค่า a^* แสดงค่าสีแดงกับสีเขียว ถ้าค่า a^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง และถ้าค่า a^* มีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว ค่า b^* แสดงค่าสีเหลืองกับสีน้ำเงิน ถ้าค่า b^* มีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง และถ้าค่า b^* มีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน จากผลการทดลองพบว่าผลไม้ที่มีเนื้อผลสีเหลือง เช่น มะม่วงมหาชนก มะม่วงน้ำดอกไม้ และกล้วยไข่ จะมีค่า b^* ค่อนข้างสูง ขณะที่ผลไม้ ได้แก่ มะม่วงแรด มะม่วงเขียวเสวย และผลฝรั่ง จะมีสีเนื้อผลค่อนข้างเขียวจึงทำให้มีค่า a^* เป็นลบ นอกจากนี้ผลฝรั่งซึ่งมีค่า a^* เป็นลบมาก (สีเขียวมาก) และมีค่า b^* เป็นบวกน้อย (สีเหลืองน้อย) จะมีค่าความสว่าง (L^*) มากที่สุด

2. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในผลไม้

จากผลการวิเคราะห์พบว่าผลไม้แต่ละชนิดมีองค์ประกอบของใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้กับผลการศึกษานักวิจัยท่านอื่นๆ พบว่าปริมาณใยอาหารที่พบในผลไม้ในแต่ละการศึกษามีค่าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 7 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผลไม้ที่ใช้ในแต่ละการศึกษามีแหล่งเพาะปลูก สายพันธุ์ ฤดูกาล ระดับการสุก และการดูแลหลังการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ของผลไม้จากหลายๆ การศึกษา

ชนิดผลไม้/ นักวิจัยที่ศึกษา	ปริมาณใยอาหาร ทั้งหมด	ปริมาณใยอาหารที่ สามารถละลายน้ำได้	ปริมาณใยอาหารที่ไม่ สามารถละลายน้ำได้
มะม่วง			
-เขียวเสวย	2.14	1.01	1.13
-แรด	1.99	0.8	1.19
-น้ำดอกไม้	1.58	0.74	0.84
-มหาชนก	1.63	0.70	0.93
-Chang et al. (1998)	1.2	-	-
-Institute of Nutrition (1999)	2.0	-	-
-Holland et al. (1993)	2.9	-	-
-Souci et al. (2000)	1.7	0.7	-

ตารางที่ 7 ต่อ

ชนิดผลไม้/ นักวิจัยที่ศึกษา	ปริมาณใยอาหาร ทั้งหมด	ปริมาณใยอาหารที่ สามารถละลายน้ำได้	ปริมาณใยอาหารที่ไม่ สามารถละลายน้ำได้
-Li et al. (2002)	1.8	-	1.1
-Ramula and Rao (2003)-	2.0	1.0	1.0
-Rin and Ratchanee (2009)			
-Mango: Kheosawoei variety	1.0	1.1	2.1
-Mango: Nahmdawgmai variety	1.3	0.8	0.5
-Mango: Rad variety	2.1	1.0	1.1
กล้วย			
-น้ำว้า	3.16	0.81	2.385
-หอมทอง	1.69	0.54	1.12
-ไข่	2.19	0.74	1.46
-เล็บมือนาง	2.56	0.84	1.72
-Chang et al. (1998)	2.0	-	-
-Institute of Nutrition (1999)	1.94-2.4	-	-
-Holland et al. (1993)	2.0	-	-
-Souci et al. (2000)	1.8	-	-
-Li et al. (2002)	1.8	0.6	1.2
-Ramula and Rao (2003)	1.8	0.7	1.1
-Rin and Ratchanee (2009)			
-Banana: hawn variety	1.7	0.6	1.1
-Banana: kai variety	2.0	0.7	1.3
-Banana: nahmwah variety	2.9	0.9	2.0
สับปะรด (การศึกษาในครั้งนี้)	1.26	0.15	1.12
-Chang et al. (1998)	1.6	-	-
-Institute of Nutrition (1999)	1.2	-	-
-Gorinstein et al. (1999)	0.5	0.3	0.2
-Holland et al. (1993)	1.3	-	-
-Souci et al. (2000)	1.0	-	-
-Li et al. (2002)	1.5	0.04	1.4

ตารางที่ 7 ต่อ

ชนิดผลไม้/ นักวิจัยที่ศึกษา	ปริมาณใยอาหาร ทั้งหมด	ปริมาณใยอาหารที่ สามารถละลายน้ำได้	ปริมาณใยอาหารที่ไม่ สามารถละลายน้ำได้
-Ramula and Rao (2003)	2.8	0.5	2.3
-Rin and Ratchanee (2009)	1.1	0.2	0.9
ฝรั่ง (การศึกษาในครั้งนี้)	3.84	0.98	2.85
-Chang et al. (1998)	4.9	-	-
-Institute of Nutrition (1999)	3.7	-	-
-Gorinstein et al. (1999)	5.6	2.7	1.9
-Holland et al. (1993)	4.7	-	-
-Souci et al. (2000)	5.2	-	-
-Li et al. (2002)	12.7	-	-
-Ramula and Rao (2003)	1.4	7.1	8.5
-Rin and Ratchanee (2009)	3.9	0.9	3.0

นอกจากนี้พบว่าผลไม้ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้มีส่วนของปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้สูงกว่าปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งมีรายงานว่าใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้นั้นมีคุณสมบัติการพองตัวและอุ้มน้ำไว้ได้มาก จึงช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ให้มีการบีบตัวได้ดี เพิ่มปริมาณหรือมวลของอุจจาระ และทำให้อุจจาระมีลักษณะอ่อนนุ่มทำให้ง่ายต่อการขับถ่าย ช่วยป้องกันอาการท้องผูกและริดสีดวงทวารหนัก และช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ด้วย ขณะที่ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลชนิดไม่ดี (LDL cholesterol) เลือดได้ โดยการไปจับกับน้ำดี ทำให้น้ำดีซึ่งมีโคเลสเตอรอลเป็นส่วนประกอบถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ ดังนั้นระดับโคเลสเตอรอลในเลือดจึงลดลง จึงช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดภาวะไขมันในเลือดสูงและโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ นอกจากนี้ใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำได้ยังช่วยให้เกิดการย่อยและการดูดซึมคาร์โบไฮเดรตจากอาหารช้าลง ทำให้น้ำตาลที่ถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นทำให้การนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ของร่างกายดียิ่งขึ้นและอาจมีผลช่วยป้องกันการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอินซูลินในเลือด ซึ่งอินซูลินจะถูกกระตุ้นให้หลั่งออกมามากเมื่อน้ำตาลอยู่ในกระแสเลือดมากซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคเบาหวานได้ และจากคำแนะนำโภชนาการไทย (Thai RDI) แนะนำให้กินใยอาหารวันละ 25 มิลลิกรัมต่อวัน และยังแนะนำว่าผลไม้ที่บริโภคควรมีใยอาหารมากกว่าร้อยละ 20 และจากรายงานของ Rin และ Ratchanee (2009)

กล่าวว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมดของผลไม้ที่นิยมบริโภคในประเทศไทยมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.6-11.5 กรัมต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้

จากรายงานการวิจัยของ Ramula และคณะ (2003) พบว่ามะม่วง (*Mangifera indica*) ที่ปลูกในประเทศไทยอินเดีย มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 2.0 1.0 และ 1.0 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักสด) ซึ่งต่ำกว่าปริมาณใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแสด มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงมหาชนกที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ จากรายงานของ ริญ และรัชณี (2547) พบว่ามะม่วง 1 ส่วน ซึ่งหมายถึงปริมาณของมะม่วงที่ให้คุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน คือ ให้คาร์โบไฮเดรต 15 กรัม และพลังงานประมาณ 60 กิโลแคลอรี มีปริมาณใยอาหารใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ดังต่อไปนี้ คือ มะม่วงเขียวเสวยมีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 1.5 0.7 และ 0.8 กรัม ตามลำดับ มะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 1.0 0.6 และ 0.4 กรัม ตามลำดับ และมะม่วงแสดมีปริมาณใยอาหารเท่ากับ 1.6 0.8 และ 0.8 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้จากการศึกษาของ Vergara-Valencia (2007) พบว่าใยอาหารจากมะม่วง (*Mangifera indica* L. var. Tommy atkins) ที่ทำการสกัดโดยใช้ไอน้ำมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 28.05 14.25 และ 13.80 กรัมต่อกรัมตัวอย่าง

จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าฝรั่งมีปริมาณใยอาหารสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Suree และคณะ (2004) ที่ศึกษาปริมาณไฟเบอร์และเส้นใยอาหารของผลไม้เมืองไทย 6 ชนิด ได้แก่ แก้วมังกร ทุเรียน ฝรั่ง ลำไย มะม่วง และสับปะรด ซึ่งผู้ป่วยโรคเบาหวานที่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครขอรับประทาน พบว่าฝรั่งมีปริมาณเส้นใยอาหารสูงสุดในปริมาณเท่ากับร้อยละ 2.7 จากรายงานของ ริญและรัชณี (2547) พบว่าฝรั่งมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 4.8 1.1 และ 3.7 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ Ramula และคณะ (2003) รายงานว่าฝรั่ง (*Psidium guajava*) มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 8.5 1.4 และ 7.1 2.8 กรัม/100 กรัม (น้ำหนักสด) ตามลำดับ

กล้วยเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงจากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่ากล้วยน้ำว้ามีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำสูงกว่ากล้วยหอมทอง กล้วยไข่ และกล้วยเล็บมือนาง จากรายงานของ ริญและรัชณี (2547) พบว่ากล้วยน้ำว้ามีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้เท่ากับ 1.6 0.5 และ 1.1 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ Ramula และคณะ (2003) พบว่ากล้วย (*Musa paradisiaca*) มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่สามารถ

มะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 113 และ 71 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

จากผลการวิจัยยังพบว่าโยอาหารจากกล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Patthamakanokporn และคณะ (2008) ที่รายงานว่ากล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 14 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ประเภทมะม่วง จากผลการศึกษาของ ศิริวรรณและประพันธ์ (2009) พบว่าเนื้อกล้วยหอมทองและเนื้อกล้วยไข่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.47-0.64 และ 0.64-0.22 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ นอกจากนี้ Alothman (2009) ได้ศึกษาคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของผลไม้ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% พบว่ากล้วย (*Musa paradisiaca*) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 28.8 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าสารสกัดโยอาหารจากฝรั่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 20.35 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของ Patthamakanokporn และคณะ (2008) ที่ได้รายงานว่าฝรั่งมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 148 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด นอกจากนี้ Alothman (2009) รายงานว่าฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 37.1 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด

นอกจากนี้จากผลการวิจัยของ Alothman (2009) พบว่าสับปะรด (*Ananas comosus* Merr.) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 37.1 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากโยอาหารจากสับปะรดของการวิจัยในครั้งนี้

4.2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้

วิธี DPPH เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวัดค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH นี้มีหลักการที่สารเคมี 1, 1-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) นี้เป็นอนุมูลอิสระสังเคราะห์ที่มีความคงตัว เมื่ออยู่ในรูปสารละลาย DPPH จะมีสีม่วง และสามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้ โดยสังเกตความสามารถในการจับ DPPH ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระชนิดหนึ่ง ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสารสกัดโยอาหารจากมะม่วงแสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดีที่สุด จากรายงานของสุพรรณิและปิยวรรณ (2545) พบว่ากากส้ม มะม่วง และส้มโอ มีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ปานกลางและมีค่า IC_{50} เท่ากับ 8.4-19.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร Vergara-Valencia (2007) รายงานว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของโยอาหารจากมะม่วง (*Mangifera indica* L. var. Tommy atkins) ที่สกัดด้วยไอน้ำมีค่า antiradical efficiency (AE) เท่ากับ 15.03×10^{-3} Vijaya และ

คณะ (2009) ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ที่นิยมบริโภคในประเทศอินเดีย พบว่า มะม่วงสุก (*Mangifera indica*) มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 211 มิลลิกรัม Trolox ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด นอกจากนี้จากผลการศึกษาของวรรณมณฑน์ และคณะ (2008) พบว่าใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ ร้อยละ 17.89

จากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดใยอาหารจากสับปะรดมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ สุพรรณิและปิยวรรณ (2545) ที่ได้รายงานว่าสับปะรด มะละกอ และเนื้อองุ่น มีคุณสมบัติคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระต่ำ และมีค่า IC_{50} เท่ากับ 28.1-53.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากรายงานของ Vijaya และคณะ (2009) พบว่าสับปะรด (*Ananas cosnosus*) มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 47 มิลลิกรัม Trolox ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด นอกจากนี้จากรายงานของ Alothman (2009) พบว่าสับปะรด (*Ananas comosus* Merr.) ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 87.5

จากผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดใยอาหารจากฝรั่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำกว่าสารสกัดใยอาหารจากมะม่วง แต่สูงกว่าสารสกัดใยอาหารจากสับปะรด จากผลการศึกษาของ Lim และคณะ (2007) พบว่าฝรั่งมีเมล็ด (*Psidium guajava*; Kampuchea cultivar GU8) ฝรั่งไม่มีเมล็ด มีค่าความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ IC_{50} เท่ากับ 1.71 และ 2.11 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ Vijaya และคณะ (2009) รายงานว่าฝรั่ง (*Psidium guajava*) มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 891 มิลลิกรัม Trolox ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด นอกจากนี้ Alothman (2009) พบว่าฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 84.0

จากผลการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดใยอาหารจากกล้วยไข่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสารสกัดใยอาหารจากกล้วยหอมทอง กล้วยเล็บมือนาง และกล้วยน้ำว้า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ศิริวรรณและประพันธ์ (2009) ที่รายงานว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของเนื้อกล้วยไข่จะสูงกว่าเนื้อกล้วยหอมทองที่ทุกระดับความสุก โดยเนื้อกล้วยหอมทองและเนื้อกล้วยไข่มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ($1/EC_{50}$) อยู่ในช่วง $1.97-3.22 (x10^{-3})$ และ $3.12-9.01(x10^{-3})$ กรัม DPPH ต่อกรัม น้ำหนักสด จากผลการศึกษาของ Lim และคณะ (2007) พบว่ากล้วย (*Musa sapientum*, Pisang mas cultivar) มีค่า IC_{50} เท่ากับ 13.4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร Vijaya และคณะ (2009) รายงานว่ากล้วย (*Musa paradisiaca*) มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 41 มิลลิกรัม Trolox ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ นอกจากนี้ Alothman (2009) พบว่ากล้วย (*Musa paradisiaca*) ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีความสามารถในการยับยั้งของอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 79.1

4.3 ความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ (Reducing power) ของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้

จากการทดสอบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ของสารสกัดโยอาหารจากผลไม้โดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์ริก Fe^{3+} -TPTZ (ferric tripyridyltriazine) เป็นสารทดสอบอะตอมของเหล็กในสารนี้จะถูกรีดิวซ์โดยสารต้านออกซิเดชันได้สารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กเฟอร์รัส Fe^{2+} -TPTZ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดจากโยอาหารจากมะม่วงมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์สูงกว่าผลไม้ชนิดอื่น จากผลการศึกษาของ Patthamakanokporn และคณะ (2008) พบว่ามะม่วงเขียวเสวยดิบและมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ซึ่งรายงานในรูปแบบของค่า FRAP value เท่ากับ 6.4 และ 8.0 ไมโครโมลของ trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าสารสกัดโยอาหารจากฝรั่งมีค่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์รองมาจากสารสกัดโยอาหารจากมะม่วง จากผลการศึกษาของ Alothman (2009) พบว่าสารสกัดจากฝรั่งที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์ เท่ากับ 31.9 ไมโครโมลของเฟอร์รัสไอออน ($\mu\text{mol Fe}^{2+}$) ต่อกรัมน้ำหนักสด จากผลการศึกษาของ Lim และคณะ (2007) รายงานว่าฝรั่งที่สกัดด้วยเอทานอล 50% มีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์โดยใช้การทดสอบด้วยวิธี potassium ferricyanide reduction assay สูงกว่าสารสกัดจากมะเฟือง ส้ม และมะละกอ นอกจากนี้ Patthamakanokporn และคณะ (2008) พบว่าฝรั่งมีค่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือค่า FRAP value เท่ากับ 15.0 ไมโครโมลของ trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด

จากการวิเคราะห์พบว่าสารสกัดโยอาหารจากกล้วยน้ำว้ามีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์สูงกว่าสารสกัดโยอาหารจากกล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนางและกล้วยหอมทอง จากผลการศึกษาของ Alothman (2009) พบว่ากล้วยที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีค่า FRAP value เท่ากับ 2.92 ไมโครโมลของเฟอร์รัสไอออน ($\mu\text{mol Fe}^{2+}$) ต่อกรัมน้ำหนักสด และจากรายงานของ Patthamakanokporn และคณะ (2008) พบว่ากล้วยน้ำว้ามีค่า FRAP value เท่ากับ 4.2 ไมโครโมลของ trolox ต่อกรัมน้ำหนักสด

นอกจากนี้จากการทดลองพบว่าสารสกัดโยอาหารจากสับปะรดมีความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์น้อยกว่าสารสกัดโยอาหารจากมะม่วงและฝรั่ง แต่สูงกว่าสารสกัดโยอาหารจากกล้วย จากผลการศึกษาของ Alothman (2009) พบว่าสับปะรด (*Ananas comosus* Merr.) ที่สกัดด้วยเอทานอล 70% มีค่า FRAP value เท่ากับ 3.41 ไมโครโมลของเฟอร์รัสไอออน ($\mu\text{mol Fe}^{2+}$) ต่อกรัมน้ำหนักสด

สรุปผลการวิจัย

ผลไม้ประเภทกล้วยมีปริมาณความชื้นน้อยกว่ามะม่วง สับปะรดและฝรั่ง แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และฟิโชนของกล้วยจะสูงผลไม้ประเภทอื่นๆ ขณะที่ค่าสีของผลไม้จะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และระดับการสุก

ปริมาณใยอาหารทั้งหมดของมะม่วงเขียวเสวย มะม่วงแรด มะม่วงน้ำดอกไม้ มะม่วงมหาชนก กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยไข่ กล้วยเล็บมือนาง สับปะรด และฝรั่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.26-3.84 กรัมต่อ 100 กรัม และสามารถเรียงลำดับปริมาณใยอาหารทั้งหมดของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ ฝรั่ง > กล้วยน้ำว้า > กล้วยเล็บมือนาง > กล้วยไข่ > มะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงแรด > กล้วยหอมทอง > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้ > สับปะรด

ผลไม้มีปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 0.15-1.01 กรัมต่อ 100 กรัม และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.84-2.85 กรัมต่อ 100 กรัม โดยฝรั่งมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 3.84 และ 2.85 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และมะม่วงเขียวเสวยมีปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้สูงสุดเท่ากับ 1.01 กรัมต่อ 100 กรัม สับปะรดมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ต่ำสุดเท่ากับ 1.26 และ 0.15 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้มะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้น้อยสุด เท่ากับ 0.84 กรัม/100 กรัม

ใยอาหารที่สกัดได้จากผลไม้มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย อยู่ในช่วง 6.27-11.27 3.65-12.89, 1.07-2.69 1.24-2.32 และ 3.17-31.89 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ใยอาหารที่สกัดจากกล้วยเล็บมือนางมีปริมาณโปรตีนสูงสุด ใยอาหารจากมะม่วงมหาชนกมีปริมาณไขมันสูงสุด ใยอาหารจากกล้วยหอมทองมีปริมาณเถ้าสูงสุด ขณะที่ใยอาหารจากฝรั่งมีปริมาณเยื่อใยสูงสุด ใยอาหารที่สกัดจากมะม่วงแรดมีปริมาณโปรตีนและปริมาณเถ้าต่ำสุด ใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวยมีปริมาณไขมันต่ำสุด และใยอาหารจากกล้วยน้ำว้ามีปริมาณเยื่อใยต่ำสุด

สารสกัดใยอาหารจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 77.66 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ขณะที่สารสกัดใยอาหารจากกล้วยน้ำว้ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 7.82 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง สารสกัดใยอาหารจากผลไม้ประเภทมะม่วงมีค่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์สูงกว่าผลไม้ประเภทกล้วย ฝรั่ง และสับปะรด โดยสารสกัดใยอาหารจากมะม่วงมีค่าความสามารถในการเป็นตัวรีดิวส์อยู่ในช่วง 0.264 – 0.291

นอกจากนี้สารสกัดใยอาหารจากผลไม้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีค่า EC_{50} อยู่ในช่วง 0.16-1.97 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และสามารถเรียงลำดับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดใยอาหารของผลไม้จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ สารสกัดใยอาหารจากมะม่วงเขียวเสวย > มะม่วงมหาชนก > มะม่วงน้ำดอกไม้ > กัลล้วยไข่ > มะม่วงแรด > กัลล้วยเล็บมือนาง > ฝรั่ง > กัลล้วยหอมทอง > กัลล้วยน้ำว้า > สับปะรด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมการวิเคราะห์ใยอาหารจากผลไม้ชนิดอื่นๆ เพิ่มมากขึ้น
2. ควรทำการศึกษากระบวนการและปัจจัยที่เหมาะสมในการสกัดใยอาหารจากผลไม้
3. ควรทำการศึกษาถึงคุณสมบัติทั้งทางด้านกายภาพ ทางเคมี และลักษณะทางจุลภาคของใยอาหารที่ผลิตจากผลไม้
4. ควรทำการศึกษาการใช้ประโยชน์ของใยอาหารจากผลไม้โดยการนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

เอกสารอ้างอิง

- แก้ว กังสดาลอำไพ. 2529. ไผ่ มัน ใยอาหาร และมะเร็ง, น. 191-200. ใน สมใจ วิชัยดิษฐ์, วิชัย ตันไพจิตร และ ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาต (ผู้รวบรวม). โภชนศาสตร์ประยุกต์. บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด, กรุงเทพฯ
- ชนินันท์ วรธนะหทัย. 2549. Resistance Maltodextrin: A Unique Soluble Dietary Fiber Source. J. Food Focus Thailand, September p. 35.
- นิธินา อรรถวานิช. 2544. ใยอาหารผงจากสัสมและการประยุกต์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ปทุม พุทธิวิช และ พิมพาภรณ์ ไตรณรงค์สกุล. 2540. ใยอาหาร สารที่ไม่มีคุณค่าแต่ที่น่าสนใจ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 45(145): 26-32.
- ปาริชาติ สักกะทำนุ. 2540. คุณค่าอาหารเส้นใยป้องกันบำบัดสารพัดโรค. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ รวมวรรณศิลป์, กรุงเทพฯ. 119 หน้า.
- ประภาศรี ภูวเสถียร, 2534. ใยอาหาร : ชนิด, คุณสมบัติของใยอาหารและแหล่งอาหาร, น. 303-320. ในเอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- ประภาศรี ภูวเสถียร, อุรุวรรณ วลัยพัชรา และรัชณี คงคาอุทัย. 2533. ใยอาหารในอาหารไทย. โภชนาการสาร 24(2): 43-68.
- ปรียา ลีพกุล. 2535. การรักษาโรคอ้วนด้วยใยอาหาร, น. 16-17. ใน รายงานการประชุมวิชาการ โภชนาการดี ชีวียั่งยืน, 25-26 มิถุนายน 2535. ห้องวิภาวดีบอลรูม โรงแรมเซ็นทรัลพลาซ่า, กรุงเทพฯ.
- ไพโรจน์ หลวงพิทักษ์ และ เบญจวรรณ ธรรมชนารักษ์. 2538 ก. เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต. วารสารเพื่อสุขภาพ 2(8): 63-68.
- _____. 2538 ข. เส้นใยอาหารกับคุณภาพชีวิต. วารสารเพื่อสุขภาพ 2(9): 65-68.
- วิจิตร บุญยะโหดระ 2536. ความเสี่ยงจากการบริโภคอาหารกากใยต่ำ, น. 33-54. ใน กัญจากอาหาร. สยามบรรณาการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- วิมล ศรีสุข. 2537. ใยอาหารกับสุขภาพ. จุลสารข้อมูลสมุนไพร 11(2): 9-20.
- ศิริวรรณ จำแนกสาร และประพันธ์ ปิ่นศิริโรตม 2552. ผลของระดับความสุกต่อปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลือกและเนื้อกล้วยหอมทองและกล้วย ไข่. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 1(1):49-60

- สุพรรณิ แก้วสุทธิ และ ปิยวรรณ สุรินทร์รัฐ 2545. คุณสมบัติในการต้านออกซิเดชันของผลไม้. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 28, 24-26 ตุลาคม 2545 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, กรุงเทพฯ. 835 หน้า
- สุรัตน์ โคมินทร์. 2534. ผลกระทบของใยอาหารและไฟเตตต่อสุขภาพและภาวะโภชนาการ, หน้า. 339- 349. ใน เอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- สันทนา อมรไชย. 2537. ใยอาหาร. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ 42(135): 27-33.
- ไสวรินทร์ กุลพงษ์. 2536. สารอาหารป้องกันมะเร็ง. วารสารโภชนาบำบัด 4(2): 81-87.
- ลิขรินทร์ ก้อนในเมือง และปราณี อานเป็อง. 2003. เส้นใยอาหารจากหัวกระเทียม. วารสารอาหาร 33(4): 283-290.
- Allothman, M., Bhat, R. and Karim, A. A. 2009. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. Food Chem. 115 (3):785-788.
- Anderson, J. W. and Chen, W. J. L. 1979. Plant fiber. Carbohydrate and Lipid metabolism. Amer. J. Clin Nutr. 32: 346-363.
- America Cristal Sugar Company. 1991. To Move a Product Through the Market with Regularity, You Need the Right Kind of Fiber in Techn. Bull., MB, USA
- AOAC. 1997. Official Methods of Analysis, 16th Edition, Volumn II, Section 45.4.07, Method 985.29.
- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International
- Archer Daniels Midlan Co. 1992. The ADM Ready Reference. Fiber Guide in Techn. Bull., Decatur, USA
- Annon. 1987. Dietary fiber Guide in Cereal Food World 32, 555-565.
- Baghurst, P. A., Baghurst, K. I. and Record, S. J. 1996. Dietary Fiber, non-starch polysaccharides and resistant starch-A. review. Supplement to J. Food Australia. 48 (3): S3-S35.
- Bernado, A. M. B., Dumoulin, E. D., Lebert, A. M. and Bimbenet, J. J. 1990. Drying of Sugar Beet Fiber With Hot Air or Super heat Steam in Drying Technol. 8: 767-779.
- Brodrribb, A. J. M. and Humphreys, D. M. 1976. Diverticular disease part II treatment with bran. Brit. Med. J. 1: 425.
- Eastwood, M. 1997. Principles of Human Nutrition. Chapman & Hall, London. 565p.

- Eastwood, M. A., Anderson, R. and W. D. Mitchell. 1976. A method to measure the absorption of bile salt to vegetable fiber of differing water-holding capacity. อ้างโดย สุรัตน์ โคมินทร์. ผลกระทบของใยอาหารและไฟเตตต่อสุขภาพและภาวะโภชนาการ, น. 339- 343. ใน เอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- Ferguson, R. and Fox, K. 1978. Dietary Citrus Fibers in Trans. ASME Citrus Eng. Conf., 24, Winterhaven, FL
- Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T., and Okuda, T. 1988. Two new flavonoids and other constituents in licorice root: their relative astringency and radical scavenging effects. Chem. Pharm. Bull. 36: 2090-2097.
- Heaton, K.W. 1980. Food intake regulation and fiber. อ้างโดย สุขศิริ โตกระแสร. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการยอมรับไอศกรีมโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำ เส้นใยสูง โดยการผสมเส้นใยจากฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ
- Heaton, K. W. 1983. Dietary fiber in perspective. Hum. Nutr. : Clin. Nutr. 37: 151-170.
- Heaton, K. W., Emmett, P. M., Henry, C. L., Thronton, J. P., Manhire, A. and Hartog. 1983. Not just fiber the international consequences of refined carbohydrate foods. อ้างโดย สุขศิริ โตกระแสร. การพัฒนา ผลิตภัณฑ์ และการยอมรับไอศกรีม โยเกิร์ตชนิด ไขมันต่ำ เส้นใยสูง โดยการผสมเส้นใยจาก ฝรั่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ
- Jenkins, D. J., Reynolds, A. D., Leeds, A. .R., Waller, A. L. and Cummings, J. H. 1979. Hypocholesterolemic action of dietary fiber: unrelated to fecal bulking effect. Amer. J. Clin. Nutr. 32: 2430.
- Kleiner, S. M. and Robinson, M. G. 1996. High Performance Nutrition. John Wiley & Sons Inc., New York. 280p.
- Lanza, E. and Butrum, P. R. 1986. A critical review of food fiber analysis and data. J. Amer. Diet. Ass. 86: 732-740.
- Larrauri, J. A., Ruperez, P., Borroto, B. and Saura-Calixto, F. 1996. Mango Peels as a New Tropical Fibre: Preparation and Characterization. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 29: 729-733.
- Larrauri, J. A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by – products. Trends Food Sci. Technol. 10: 3-8.
- Lairon, D. 1996. Dietary fiber: effect on lipid metabolism and mechanism of action. European. J. of Cli Nutr. 50: 125-133.

- Lim, Y. Y., Lim, T. T. and Tee, J. J. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chem.* 103 (3): 1003-1008.
- Monro, J. A. 1996. Dietary fiber, pp. 1051-1088. In Leo M.L. Nollet (ed.). *Handbook of Food Analysis Vol. I.* Marcel Dekkar Inc., New York.
- Nguyen, K. N., Welsx, J. D., Manion, C. V. and Ficken, V. J. 1982. Effect of fiber on breath hydrogen response and symptoms after oral lactose metabolism. อ้างโดย สุรัตน์ โคมินทร์. ผลกระทบของใยอาหารและไฟเตตต่อสุขภาพและภาวะโภชนาการ, น. 339-349. ในเอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- Oyaizu, M. (1996). Studies on products of browning reaction-Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucoamine. *Jpn. J. of Nutr.* 44, 307-315.
- Patthamakanokporn, O., Puwastien, P., Nitithamyong, A. and Sirichakwal, P. P. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *J. Food Compos. Anal.* 21: 241-248
- Prakongpan T, Nitithamyong A. and Luangpituksa P. 2002. Extraction and Application of Dietary Fiber and Cellulose from Pineapple Cores. *J. Food Science* 67(4) :1308- 1313
- Prosky, L. and DeVries, J. W. 1992. *Controlling Dietary Fiber in Food Products.* Van Nostrand Reinhold, New York. 161 p.
- Rampton, D. S., Cohen, S. L. and Crammond, V. B. 1984. Treatment of chronic renal failure with dietary fiber. อ้างโดย สุรัตน์ โคมินทร์. ผลกระทบของใยอาหารและไฟเตตต่อสุขภาพ และภาวะโภชนาการ, น.339-349. ใน เอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- Rin, C. and Ratchanee, K. 2009. Sugar profiles and soluble and insoluble dietary fiber contents of fruits in Thailand markets. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60(4):126-139.
- Schneeman, B.O. 1986. Dietary Fiber: physical and chemical properties, method of analysis and physiological effects. *Food Technol.* 40(2): 104-110.
- Singleton, Y. L., and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *Am. J. Enol. Viticult.* 16, 144-158.
- Spiller, G. A. and Kay, R. M. 1980. *Medical Aspects of Dietary Fiber.* Plenum medical book company, New York. 229 p.

- Stanley, M. M., Paul, D., Gackek, D. and Murphy, J. 1973. Effect of cholestyramine, Metamucil and cellulose on fecal bile excretion in man. อ้างโดย สุรัตน์ โคมินทร์. ผลกระทบของใยอาหารและไฟเตตต่อสุขภาพ และภาวะโภชนาการ, น.339-349. ในเอกสารการประชุมวิชาการโภชนาการ เรื่อง ก้าวไปกับโภชนาการเพื่อสุขภาพ, 13-15 ธันวาคม 2532. สถาบันวิจัยโภชนาการ และคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.
- Saura-Calixto, F. and Larrauri, J. A. 1996. Nuevos Tipos de Fibra Dietetica de Alta Calidad in Rev Aliment. Equipos y Tecnol., XV, 71-74
- Slavin, J. L. 1987. Dietary fiber: classification, chemical, analysis and food sources. J. Amer. Diet. Ass. 87: 1163-1171
- Stark, A. and Madar, Z.. 1994. Dietary Fiber, pp.183-201. In I. Golberg (ed.). Functional Foods. Tastee Apple Inc. 1991. Apple Fiber in Techn. Bull., OH, USA
- Vergara-Valencia, N., Granados-Pérez, E., Agama-Acevedo, E., Tover, J., Ruales, J. and Bello-Pérez, L. A. 2007. Fibre concentrate from mango fruit: Chracterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingradient. LWT Food Sci. Technol. 40:722-729.
- Vijaya, K. R. C., Sreeramulu, D. and Raghunath, M. 2009. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. Food Research International. (Article in Press, Corrected Proof).
- Woodstone Food Limited. 1991. Anything You Make, We Can Help Make Butter in Techn. Bull., MB, Cannada.