สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากผลไม้และวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้

Antioxidant dietary fiber from fruits and fruit by-products

จัดทำโดย

ผศ. ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
TX
553
.F53
P395
เลขหมู่.....
73033
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี 27 มิ.ย. 2550

โครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปี 2548

b 11768010
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

จากการทดสอบเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีแนวโน้มจะใช้เป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากวัตถุดิบ 5 ชนิด คือ เปลือกแก้วมังกร กากพุทรา กากส้มเขียวหวาน กากฝรั่ง และเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก เปรียบเทียบกับวิตามินอี พบว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก คือ ลดขนาดของเปลือกมะม่วงสุกก่อนขั้นตอนการล้างเท่ากับ 0.5 x 1.5 เซนติเมตร และใช้น้ำที่อุณหภูมิห้องในการล้างเพื่อกำจัดน้ำตาลที่ละลายได้บางส่วน จากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 7 % นำเปลือกมะม่วงสุกอบแห้งที่ได้ไปบดให้มีขนาดอนุภาคตามต้องการ เมื่อรวบรวมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกปริมาณ 10 กิโลกรัม มาเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงตามสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าว พบว่า ใยอาหารที่ได้มีองค์ประกอบของปริมาณใยอาหารทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 50.95 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด 95.11 มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่าง และ 1 กรัมของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้มีความความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าวิตามินอี 200 มิลลิกรัม 1.5 เท่า และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัม 3.5 เท่า เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่บดให้มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.5 มิลลิเมตร พบว่า ใยอาหารผงที่ได้มีความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน เท่ากับ 5.87 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง และ 1.45 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในขนมปังแซนด์วิช พบว่าการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารผงในปริมาณเพิ่มขึ้น น้ำหนักของขนมปังที่สูญเสียไปหลังการอบและปริมาตรของขนมปังจะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ขนมปังที่ได้มีความเข้มของสี รวมทั้งกลิ่นและรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความนุ่ม ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของขนมปังมีแนวโน้มลดลง จากผลการทดลองพบว่ามีความเป็นไปได้ในการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในขนมปังได้ถึง 5 % โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ขนมปังที่ได้มีองค์ประกอบของโพลีฟีนอลสูงกว่าตัวอย่างควบคุม รวมทั้งอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษาในถุง PP ที่อุณหภูมิห้องช้ากว่าตัวอย่างควบคุมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Preliminary studies in screening for an appropriate raw material from fruit by-products; including dragon fruit peel, jujube pulp, tangerine peel with pulp, guava pulp, and ripe mango (nam-dok-mai) peel to be used as a source of antioxidant dietary fiber showed that the ripe mango peel was the best material according to its strongest DPPH radical scavenging capacity compared with vitamin E. An optimized condition for the production of antioxidant dietary fiber powder from ripe mango peel was then investigated. It was found that mango peels with a dimension of about 0.5 x 1.5 cm, washed in room temperature (27 ± 2 °C) water to reduce some soluble sugars, dried in a tray dryer at 50°c to final moisture content of about 7% and ground into powder resulted in the antioxidant dietary fiber powder with optimal qualities in terms of total dietary fiber content, total polyphenol content, DPPH radical scavenging capacity, and inhibition of lipid oxidation. A 10-Kg batch of ripe mango peel were collected and prepared for the antioxidant dietary fiber powder according to the optimized condition. The antioxidant dietary fiber powder contained 50.95% dry wt total dietary fiber content. In addition, total polyphenol content in the fiber powder was 95.11mg gallic acid per gram sample and 1 g of the fiber powder exhibited 1.5 times greater capacity than 200 mg vitamin E in inhibition of lipid oxidation and 3.5 times greater extent in DPPH scavenging potential compared to 50 mg vitamin E. Water and oil holding capacity of the antioxidant dietary fiber powder with 0.5 mm particle size were 5.87 g water and 1.45 g oil per g dry powder.

When the antioxidant dietary fiber powder from mango peel was used to replace wheat flour in a sandwich bread recipe, volume and weight loss of the bread after baking decreased with the increasing amount of the dietary fiber powder substituted. Moreover, darker color and stronger intensity of sour flavor were observed with a decrease of softness, elasticity and overall acceptance for the bread when higher levels of the antioxidant dietary fiber powder substitution were used. It was possible to substitute wheat flour with the antioxidant dietary fiber powder from mango peel up to 5 wt. %. The resulted bread contained significant higher polyphenol content and exhibited lower TBARS values during storage in PP plastic bag at room temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับเงินทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินปี 2548 ซึ่งจัดสรรโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณเกรียงศักดิ์ ภูษิต คุณกริญญา แกะประจักษ์ คุณตะวัน แสงสว่าง และคุณวรรัธนมณฑ์ ชาญจารุจิตร์ ที่เป็นกำลังสำคัญในการทำวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ และขอขอบคุณโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยมาโดยตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V I
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ใยอาหาร(Dietary fiber)	3
2.2 ใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้	19
2.3 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและใยอาหารจากมะม่วง	26
2.4 ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant dietary fiber)	31
2.5 การใช้ประโยชน์จากใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ	32
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	33
3.1 วัตถุดิบ	33
3.2 สารเคมี	33
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ	35
3.4 สถานที่ดำเนินงาน	37
3.5 วิธีดำเนินงาน	37
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	45
4.1 การทดสอบเบื้องต้นสำหรับวัตถุดิบที่มีแนวโน้มเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน..... 46

4.3 การศึกษาองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก..... 58

4.4 การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกต่อคุณภาพของขนมปังแซนด์วิช 61

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 75

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 75

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 77

บรรณานุกรม..... 78

ภาคผนวก..... 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คำจำกัดความของใยอาหาร	3
2.2 การวิเคราะห์ใยอาหารด้วยวิธีต่าง ๆ และใยอาหารที่วิเคราะห์ได้	10
2.3 องค์ประกอบของใยอาหารที่ได้จากกากที่เหลือจากการคั้นน้ำผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ	21
2.4 องค์ประกอบ (กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และอัตราส่วนระหว่าง IDF/SDF ของใยอาหารที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ	21
2.5 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วง	27
4.1 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ในเปลือกมะม่วง ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อขนาดของชิ้นเปลือกมะม่วงและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างที่แตกต่างกัน	51
4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน	56
4.3 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน	57
4.4 ปริมาณของใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก	59
4.5 ค่าร้อยละของความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและค่าร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก	60
4.6 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก	61
4.7 สมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 น้ำหนักที่สูญเสียหลังจากการอบและปริมาตรของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ กัน 65
4.9 ค่าความแตกต่างของสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ 67
4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Scoring test ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ที่ระดับการทดแทนต่าง ๆ กัน 69
4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale test ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก 3% และ 5% โดยน้ำหนักแป้งสาลี 70
4.12 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ในตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 การเปลี่ยนแปลงของโพลีฟีนอลในมะม่วงที่ระยะการสุก 0, 4, 8, 12, 16, 20, และ 24 วันหลังการเก็บเกี่ยว..... 29

2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารโพลีฟีนอลและสารประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในเปลือกลำต้นของมะม่วง..... 30

3.1 ขั้นตอนพื้นฐานในการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน..... 37

4.1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารที่เตรียมได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ ปริมาณ 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 มิลลิกรัม..... 45

4.2 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ในตัวอย่างเปลือกมะม่วงสุกที่ผ่านการลดขนาดและล้างน้ำที่อุณหภูมิแตกต่างกัน..... 46

4.3 ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน..... 47

4.4 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน..... 48

4.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน..... 49

4.6 ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน..... 50

4.7 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน..... 53

4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน..... 54

4.9 ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน..... 55

4.10 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก..... 58

4.11 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (ก) และความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยวิธี FTC (ข) ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 มิลลิกรัม (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 200 มิลลิกรัม (ข) 63
4.12 ลักษณะเปลือก (ก) และเนื้อใน (ข) ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ กัน 65
4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่างกัน 74
ง1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิค..... 103
ช1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าการบริโภคอาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหาร (dietary fiber) ปริมาณสูงมีความสัมพันธ์กับการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งในลำไส้ การลดระดับของน้ำตาลและโคเลสเตอรอลในเลือด รวมทั้งการควบคุมระบบนิเวศของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ตามธรรมชาติ (micro flora ecosystem) และระบบขับถ่ายให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Dikeman and Fahey, Jr., 2006) ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาองค์การอนามัยโลก (WHO) และหน่วยงานของรัฐบาลประเทศต่าง ๆ ได้เสนอแนะให้มีการเพิ่มปริมาณการบริโภคใยอาหารในแต่ละวัน ดังนั้นการวิจัยพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหารปริมาณสูงจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีองค์ประกอบของใยอาหารปริมาณสูง ส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบประเภทธัญพืช โดยรูปแบบของผลิตภัณฑ์จะเป็นลักษณะของอาหารเช้าธัญชาติ (breakfast cereals) ขนมอบ (bakery product) และขนมปังกรอบ (biscuits) เป็นต้น อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีการนำใยอาหารจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะจากผลไม้มาใช้ประโยชน์มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากใยอาหารจากผลไม้มีคุณค่าทางโภชนาการโดยทั่วไปดีกว่าใยอาหารจากธัญพืช (Saura-Calixto, 1998) โดยที่ใยอาหารจากผลไม้จะมีองค์ประกอบของสารชีวกิจกรรม (bioactive compound) รวมอยู่ด้วย เช่น เฟลโวนอยด์ (flavonoids) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล (polyphenols) ชนิดอื่น ๆ ที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ใยอาหารจากผลไม้ยังมีองค์ประกอบที่มีความสมดุลของอัตราส่วนระหว่างใยอาหารที่ละลายน้ำได้ต่อใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (soluble/insoluble dietary fiber ratio) และยังมีความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันสูงกว่าใยอาหารจากธัญพืช นอกจากนี้ผลไม้ยังให้พลังงานน้อยกว่าและมีปริมาณของกรดไฟติก (phytic acid) ต่ำกว่าอีกด้วย

สำหรับสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลนั้น ได้มีรายงานว่าสารประกอบดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (ประพันธ์, 2545 ; Bravo, 1998) ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพ โดยมีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดโรคร้ายแรงต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคหัวใจเป็นต้น ดังนั้นแนวความคิดในการผลิตใยอาหารที่มีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพถึง 2 ทางพร้อม ๆ กัน คือ ประโยชน์จากใยอาหารและประโยชน์จากสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำใยอาหารไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น โดยทั่วไปจะสามารถใช้เติมในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่าง ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร ตัวอย่างที่ประสบผลดีได้แก่การใช้ใยอาหารจากแครอทเติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลายชนิด เช่น ไส้กรอก เนื้อบดเบอร์เกอร์ เป็นต้น โดยพบว่าใยอาหารจากแครอทดังกล่าวยังสามารถใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไขมันต่ำได้ (Huber *et al.*, 2002)

ในประเทศไทยมีผลไม้หลายชนิดซึ่งมีแนวโน้มที่จะเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี โดยเฉพาะในส่วนของวัสดุเหลือทิ้งจากการบริโภคผลไม้ เช่น เปลือกมะม่วง เปลือกส้ม เปลือกละมุด เปลือกแก้วมังกร แกนสับปะรด เป็นต้น ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่สามารถจะใช้เป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี ซึ่งจะนำไปสู่การผลิตและการใช้ประโยชน์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อคัดเลือกวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ที่สามารถใช้เป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1.2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

1.2.3 เพื่อศึกษาองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้

1.2.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เตรียมได้ในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ใยอาหาร (Dietary fiber)

2.1.1 นิยาม

คำจำกัดความของใยอาหารได้รับการพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่องในหลายประเทศและหลายองค์กรดังตารางที่ 2.1 โดยที่คำจำกัดความบางส่วนเน้นไปทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร ในขณะที่อีกส่วนหนึ่งเน้นถึงวิธีการในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบของใยอาหารที่ถูกต้อง คำจำกัดความของใยอาหารที่ปัจจุบันได้รับการยอมรับมากที่สุดเป็นของ Trowell ซึ่งกล่าวว่า "ใยอาหารประกอบด้วยส่วนที่เหลือของเซลพืชที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์" (Trowell *et al.*,1976) ซึ่งประกอบด้วย เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เซลลูโลส (cellulose) ลิกนิน (lignin) โอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) เพคติน (pectin) กัม (gum) และแวกซ์ (wax) อย่างไรก็ตามคำจำกัดความสำหรับใยอาหารสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นกับพื้นฐานของเทคนิคในการวิเคราะห์ที่ก้าวหน้า คุณค่าทางโภชนาการและข้อมูลทางกายภาพที่ค้นพบใหม่ (Champ *et al.*, 2003)

ตารางที่ 2.1 คำจำกัดความของใยอาหาร

ที่มาของคำจำกัดความของใยอาหาร	คำจำกัดความของใยอาหาร
Trowell *et al.*, 1976	ใยอาหารประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์และลิกนินจากพืชซึ่งทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์
Health and Welfare Canada, 1985	ใยอาหารเป็นองค์ประกอบในอาหารที่อยู่ภายในวัตถุดิบที่ได้จากพืชซึ่งทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ผลิตโดยมนุษย์ โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วย โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช (non-starch polysaccharides) และลิกนิน และอาจรวมถึงสารบางชนิดที่เกี่ยวข้อง
U.S. Food and Drug Administration (USFDA), 1987	ใยอาหารเป็นวัสดุที่ได้จากการแยกด้วยวิธีการของ AOAC 985.29
Life Sciences Research Office (LSRO), 1987	ใยอาหารเป็นองค์ประกอบในอาหารที่อยู่ภายในวัตถุดิบที่ได้จากพืชซึ่งทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ผลิตโดยมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ที่มาของคำจำกัดความของใยอาหาร	คำจำกัดความของใยอาหาร
Health Canada, 1988	แหล่งของใยอาหารชนิดใหม่คือ อาหารที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้เป็นแหล่งของใยอาหารซึ่งต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้ (1) ไม่ใช่ใยอาหารที่มนุษย์บริโภคกันมาแต่เดิม (2) ได้ผ่านกระบวนการทางเคมี (เช่น ออกซิไดซ์) หรือกระบวนการทางกายภาพ (เช่น การบดละเอียด) เพื่อที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของใยอาหาร หรือ (3) ทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นจากต้นกำเนิดที่ได้จากพืช
Anonymous, 1989 (Germany)	ใยอาหารเป็นสารที่มีต้นกำเนิดจากพืชซึ่งไม่สามารถย่อยสลายให้เป็นองค์ประกอบที่สามารถดูดซึมได้ด้วยเอนไซม์ภายในลำไส้เล็กของมนุษย์ ซึ่งทั้งหมดนี้รวมถึงส่วนของโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งที่ละลายและไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เพคติน (pectin) ไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) ลิกนิน (lignin) และ resistant starch โดยไม่รวมถึงสารเช่น สารทดแทนน้ำตาลบางชนิด กรดอินทรีย์ ไคติน ซึ่งไม่สามารถดูดซึมหรือดูดซึมได้อย่างไม่สมบูรณ์ในลำไส้เล็ก
Anonymous, 1992 (Belgium)	ใยอาหารเป็นองค์ประกอบของอาหารซึ่งโดยปกติไม่สามารถทำให้ย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ที่ผลิตจากร่างกายมนุษย์
Anonymous, 1993 (Italy)	ใยอาหารเป็นสารจากพืชที่รับประทานได้ซึ่งโดยปกติไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในระบบการย่อยอาหารของมนุษย์
FAO/WHO, 1995 (Codex Alimentarius Commission)	ใยอาหารเป็นวัสดุจากพืชหรือสัตว์ที่รับประทานได้ซึ่งไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ที่อยู่ภายในทางเดินอาหารของมนุษย์ และสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยวิธี Codex และวิธีที่ดัดแปลงจาก AOAC 985.29 และ 991.43
Jian-xian, 1995 (China)	ใยอาหารเป็นผลรวมขององค์ประกอบในอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์ภายในลำไส้และไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้
Denmark, 1995	ใยอาหารเป็นวัสดุที่แยกได้โดยวิธี AOAC 985.29 และ 997.08
Ministry of Health and Welfare, 1996 (Japan)	ใยอาหารเป็นวัสดุที่แยกได้โดยวิธี AOAC 985.29 ในอีกทางหนึ่งส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่ไม่สามารถย่อยได้ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ด้วย high performance liquid chromatography ก็จัดเป็นใยอาหารเช่นกัน
Committee on Medical Aspects of Foods (COMA), 1998 (United Kingdom)	ใยอาหารเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี Englyst

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ที่มาของคำจำกัดความของใยอาหาร	คำจำกัดความของใยอาหาร
Finland, 1998	ใยอาหารเป็นส่วนหนึ่งของคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี AOAC 985.29 และ AOAC 997.08
Norway, 1998	ใยอาหารเป็นวัสดุที่แยกได้โดยวิธี AOAC 985.29 รวมถึงอินนูลิน (inulin) และโอลิโกฟรุกโตส (oligofructose)
Sweden, 1999	ใยอาหารปีนวัตถุดิบที่สามารถรับประทานได้ซึ่งไม่สามารถย่อยสลายได้ด้วยเอนไซม์ภายในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ การวิเคราะห์ใยอาหารสามารถใช้วิธี AOAC 985.29 และ AOAC 997.08
American Association of Cereal Chemists (AACC), 2000	ใยอาหารเป็นส่วนของพืชที่รับประทานได้หรือคาร์โบไฮเดรตที่คล้ายคลึงกันซึ่งทนต่อการย่อยและการดูดซึมในลำไส้เล็กของมนุษย์ รวมทั้งสามารถเกิดการหมักได้อย่างสมบูรณ์หรือเป็นบางส่วนภายในลำไส้ใหญ่ ใยอาหารประกอบด้วย โพลี-แซคคาไรด์ โอลิโกแซคคาไรด์ ลิกนิน และสารอื่นที่เกี่ยวข้องที่ได้จากพืช ใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งรวมถึงการขับถ่าย และการลดระดับโคเรสเตอรอลและกลูโคสในเลือด
Hignett, 2000 (U.K. Food Standards Agency)	ใยอาหารเป็นวัสดุที่แยกได้โดยวิธี AOAC 985.29 และ/หรือ AOAC 991.43 ร่วมกับ AOAC 997.08
Australia New Zealand Food Authority (ANZFA) (Proposed), 2000	ใยอาหารเป็นส่วนที่รับประทานได้ของพืชหรือสารสกัดจากพืชหรือคาร์โบไฮเดรตที่คล้ายคลึงกันที่ทนต่อการย่อยและการดูดซึมในลำไส้เล็กของมนุษย์ รวมทั้งสามารถเกิดการหมักได้อย่างสมบูรณ์หรือเป็นบางส่วนภายในลำไส้ใหญ่ คำว่าใยอาหารนี้รวมถึงโพลีแซคคาไรด์ โอลิโกแซคคาไรด์ (degrees of polymerization >2) และลิกนิน ใยอาหารส่งผลดีต่อสุขภาพดังต่อไปนี้: ช่วยในเรื่องการขับถ่าย การลดระดับโคเรสเตอรอลและการควบคุมระดับกลูโคสในเลือด

ที่มา: ดัดแปลงจาก Institute of medicine, 2001

2.1.2 องค์ประกอบของใยอาหาร

องค์ประกอบของใยอาหารและองค์ประกอบที่มักพบรวมอยู่กับใยอาหารซึ่งอาจจัดเป็นใยอาหารหรือไม่จัดเป็นใยอาหารก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ใยอาหารสามารถแบ่งออกตามความสามารถในการละลายน้ำได้เป็น 2 ประเภท คือ ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber, SDF) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber, IDF) ในส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จะประกอบไปด้วยลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ส่วนใย-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่ละลายน้ำ จะมีเพคติน เบตา-กลูแคน (beta-glucan) กาแลคโตแมนแนนกัม (galactomanan gum) และส่วนของโอลิโกแซคคาไรด์ที่ไม่สามารถย่อยได้มากมายรวมไปจนถึงอินนูลิน (inulin) เป็นองค์ประกอบ

องค์ประกอบของใยอาหารและองค์ประกอบที่มักพบรวมอยู่กับใยอาหารทั้งที่ได้จากธรรมชาติและการสังเคราะห์มีดังต่อไปนี้ (Institute of medicine, 2001)

2.1.2.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เซลลูโลสเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ประกอบด้วยหน่วยของกลูโคไพราโนไซด์ (glucopyranoside) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ Î²-(1,4) ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลพืชซึ่งมนุษย์ไม่มีเอนไซม์ในการย่อยพันธะ Î²-(1,4) ดังนั้นจึงไม่สามารถดูดซึมกลูโคสจากเซลลูโลสได้

2.1.2.2 ไคตินและไคโตแซน (Chitin and Chitosan)

ไคตินเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับเซลลูโลส ยกเว้นหน่วยของ (1,4) N-acetyl-D-glucosamine ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสเชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรงที่ไม่มีกิ่งก้าน ไคโตแซนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการ N-deacetylated ของไคติน ทั้งไคตินและไคโตแซนเป็นส่วนประกอบในโครงสร้างของเปลือกปูและสัตว์ทะเลอื่น ๆ เนื่องจากองค์ประกอบที่มีปริมาณโพลีแซคคาไรด์อยู่สูง ไคตินและไคโตแซนจึงอาจมีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกับใยอาหาร สารประกอบบางชนิดเหล่านี้ไม่สามารถละลายในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์

2.1.2.3 คอนดรอยตินซัลเฟต (Chondroitin Sulfate)

คอนดรอยตินซัลเฟตประกอบด้วยหน่วยของกรดกลูโคโรนิก (glucuronic acid) เชื่อมต่อกับ N-acetyl-D-galactosamine เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์ซึ่งพบในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์ โดยเฉพาะในหลอดเลือด กระดูก และกระดูกอ่อน บางส่วนของสารประกอบเหล่านี้สามารถตกตะกอนในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์

2.1.2.4 คิวติน (Cutin)

คิวตินมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งซึ่งน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เป็นองค์ประกอบหลักของคิวติเคิล (cuticle) ซึ่งเป็นชั้นเคลือบที่ช่วยปกป้อง epidermal cell ของพืชจากสภาพแวดล้อมเหนือพื้นดิน

2.1.2.5 เดกซ์ตริน (Dextrins)

เดกซ์ตรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายสตาร์ชเป็นบางส่วน ซึ่งจะเกิดการย่อยอย่างสมบูรณ์ที่ลำไส้เล็กของมนุษย์ บางครั้งอาจหมายถึงมอลโตเดกซ์ตริน

2.1.2.6 ฟรุคแตน (Fructans)

ฟรุกแตนเป็นชื่อเรียกโดยทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยโพลีเมอร์ของฟรุกโตสทั้งแบบกิ่งหรือเส้นตรง ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยหน่วยไกลโคซิดิก (glycosidic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.7 กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Galactooligosaccharide)

กาแลคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีระดับการโพลิเมอไรเซชัน 3-10 ประกอบด้วยหน่วยของกาแลคโตสซึ่งไม่สามารถย่อยได้ภายในกระเพาะและลำไส้ พบในลำไส้ใหญ่

2.1.2.8 กัม (Gums)

กัมประกอบด้วยกลุ่มที่แตกต่างกันของโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำ ปกติแยกได้จากเมล็ดพืชและโดยทั่วไปมักมีความหนืดเมื่อละลายน้ำ

2.1.2.9 เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses)

เฮมิเซลลูโลสเป็นกลุ่มของโพลีแซคคาไรด์ที่พบในผนังเซลพืชซึ่งล้อมรอบเส้นใยเซลลูโลส โพลีเมอร์เหล่านี้อาจเป็นเส้นตรงหรือเป็นกิ่งและประกอบด้วย กลูโคส อราบิโนส (arabinose) แมนโนส (mannose) ไซโลส (xylose) และกรดกาแลกโตรูนิค (galacturonic acid)

2.1.2.10 ไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid)

ไฮโดรคอลลอยด์เป็นชื่อเรียกของกัม เช่น กัวกัม (guar gum) โลคัสบีนกัม (locust bean gum) และกัมอะราบิก (gum arabic) ไฮโดรคอลลอยด์ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส และความอุ้มน้ำ

2.1.2.11 อินนูลิน (Inulin)

อินนูลินเป็นโพลิเมอร์ของฟรุคโตสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-(2,1) ส่วนปลายสุดเป็นหน่วยของกลูโคสซึ่งสามารถแยกได้จากท่อของดอกรักเร่ พบปริมาณเล็กน้อยในผัก ผลไม้ และเมล็ดพืช เช่น ชิคอรี่ (chicory) และเยรูซาเลมอาร์ทิโชค (Jerusalem artichoke) ละลายได้ในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์

2.1.2.12 ลิกนิน (lignin)

ลิกนินเป็นโพลีเมอร์ที่แตกกิ่งก้านสูงของฟีนิลโพรเพน (phenylpropane) ซึ่งโดยทั่วไปมักรวมอยู่ในคำจำกัดความของใยอาหาร ลิกนินจับอยู่กับเส้นใยโพลีแซคคาไรด์ด้วยพันธะโควาเลนต์ (Jung and Fahey, 1983) และมีองค์ประกอบของฟีนิลโพรเพนตั้งแต่หนึ่งหรือสองหน่วยไปจนถึงมากมาย แม้ว่าจะพบลิกนินปริมาณน้อยในอาหารคน แต่งานวิจัยในสัตว์ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงแสดงให้เห็นว่า ลิกนินมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร ตัวอย่างเช่น ลิกนินเป็นอุปสรรคต่อการหมักโพลีแซคคาไรด์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Titgemeyer *et al.*, 1991)

2.1.2.13 โมดิไฟด์เซลลูโลส (modified cellulose)

โมดิไฟด์เซลลูโลสผลิตจากการทำปฏิกิริยาของเส้นใยเซลลูโลสซึ่งได้จากฝ้ายหรือเปลือกไม้ได้เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น เมธิลเซลลูโลส (methyl cellulose) คาร์บอกซีเมธิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose) และอนุพันธุ์ของสารเหล่านี้ ซึ่งสามารถละลายและไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตกตะกอนในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์ สารประกอบมากมายเหล่านี้นำมาใช้เป็นสารที่ช่วยในเรื่องการขับถ่ายและเติมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น น้ำสลัด ไอซ์ซิ่ง (icing) ทอปปิง (topping) ขนมหวาน และขนมอบ

2.1.2.14 โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช (nonstarch polysaccharides)

โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชเป็นส่วนที่แยกออกได้จากการตกตะกอนด้วยเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรวมถึง อินนูลิน ฟรุกแตน (fructans) โมดิไฟด์เซลลูโลส (modified cellulose) และอะราบิโนกาแลคแตน (arabinogalactans) โดยทั่วไปมักหมายถึงสารผสมระหว่าง เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน และกัม

2.1.2.15 โอลิโกฟรุกโตส (Oligofructose)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยอินนูลินด้วยเอนไซม์ β-fructofuranosidase ในเชื้อรา คือ โอลิโกฟรุคโตสซึ่งเรียกว่าเป็นฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ (fructooligosaccharide) ประกอบด้วยฟรุกโตส 3-5 หน่วย ส่วนปลายสุดเป็นหน่วยของกลูโคส และละลายได้ในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์ พบตามธรรมชาติในพืชเช่น หัวหอม

2.1.2.16 โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide)

โอลิโกแซคคาไรด์เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์ 2-10 หน่วยของน้ำตาลที่เหมือนหรือต่างชนิดกันเชื่อมต่อกันแบบเส้นตรงหรือกิ่งก้าน โดยทั่วไปละลายในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์ ไม่ตกตะกอน และไม่รวมอยู่ในการวิเคราะห์ใยอาหารใด ๆ อย่างไรก็ตามสารประกอบเหล่านี้โดยส่วนใหญ่มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายโพลีแซคคาไรด์

2.1.2.17 เพคติน (Pectins)

เพคตินพบในผนังเซลและเนื้อเยื่อระหว่างเซลของผลไม้หลายชนิด ประกอบด้วยหน่วยของกรดกาแลคโตรูนิคซึ่งมีแรมโนส (rhamnose) กระจายอยู่ในสายโซ่ที่เป็นเส้นตรง มักพบเพคตินที่มีโซ่กิ่งของน้ำตาลที่เป็นกลางและหน่วยของกาแลกโตสอาจเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชันกับหมู่เมธิล ซึ่งทำให้เพคตินมีความข้นหนืดเมื่ออยู่ในน้ำ

2.1.2.18 โพลีเดกซ์โตส (Polydextrose)

โพลีเดกซ์โตสเป็นโพลีเมอร์ของกลูโคสซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่สังเคราะห์ขึ้นได้จากกระบวนการโพลีเมอไรเซชันของกลูโคสด้วยความร้อน โดยทั่วไปใช้เป็น bulking agent และบางครั้งใช้แทนน้ำตาล ไม่สามารถตกตะกอนด้วยเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์

2.1.2.19 Resistant Maltodextrins

Resistant maltodextrins เป็นส่วนผสมระหว่างโอลิโกและโพลีแซคคาไรด์ซึ่งร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ผลิตโดยใช้แป้งข้าวโพดผ่านกระบวนการใช้กรดหรือความดันตามด้วยการย่อยโดยเอนไซม์ และไม่ตกตะกอนในเอธานอล 78-80 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.20 Resistant Starch

Resistant starch ประกอบด้วยแป้งและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการดีกราเดชันของสตาร์ช ไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ในลำไส้เล็กของมนุษย์ อัตราส่วนของ resistant starch รวมอยู่ในการวิเคราะห์ใยอาหารและมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับใยอาหาร ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็น retrograded amylase อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของ resistant starch ไม่คงที่สำหรับอาหารต่างชนิดที่ทำจากส่วนผสมอย่างเดียวกัน เนื่องจาก retrograded amylase เกิดขึ้นจากการหุงต้ม การแช่เย็น และกระบวนการแปรรูป

2.1.2.21 ซาโปนิน (Saponin)

ซาโปนินเป็นไกลโคไซด์จากพืชซึ่งเมื่อผ่านการย่อยจะได้คาร์โบไฮเดรตและซาโปจีนิน (sapogenin) ซึ่งเป็นสเตอรอยด์หรือสารประกอบไตรเทอปีน (triterpene) ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ได้อาจเป็นกลูโคส กาแลคโตส หรือ เมธิลเพนโทส (methylpentose)

2.1.2.22 ซอร์บิทอล (Sorbital)

ซอร์บิทอลเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ซึ่งเกิดโดยการรีดักชันของหมู่คาร์บอนิลในกลูโคส

2.1.2.23 แทนนิน (Tannins)

แทนนินหรือกรดแทนนิกเกิดโดยธรรมชาติในหลายส่วนของพืชรวมถึงราก ลำต้น ใบ และผล ให้กลิ่น สี รส ที่รุนแรงในกาแฟและชาหลายชนิด

2.1.2.24 แวกซ์ (Wax)

แวกซ์เป็นสารที่มีลักษณะอ่อนนิ่ม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับไขมันแล้วจะมีความลื่นและความแข็งน้อยกว่า แต่จะมีความเปราะมากกว่า แวกซ์ประกอบด้วยสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าไขมัน มีแหล่งกำเนิดมาจากพืช สัตว์ แร่ธาตุ และการสังเคราะห์

2.1.2.25 ส่วนประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต (Noncarbohydrate Components)

ส่วนประกอบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยลิกนิน คิวติน (cutin) แทนนิน (tannins) และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction products) สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้ในอาหารที่ไม่ผ่านกระบวนการมีอยู่น้อยมาก แต่กระบวนการแปรรูปสามารถเพิ่มปริมาณองค์ประกอบเหล่านี้ผ่านวิธีการที่ซับซ้อน ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดซึ่งเกิดจากกระบวนการการให้ความร้อน ดังนั้นการใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปอาจเพิ่มปริมาณใยอาหารได้ อย่างไรก็ตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้นจากการเกิดผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดโดยการให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณใยอาหารน้อยมาก

2.1.3 การวิเคราะห์ใยอาหาร

การวิเคราะห์ใยอาหารโดยทั่วไปมีอยู่สองวิธีซึ่งได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้แยกและวิเคราะห์ใยอาหาร ได้แก่ enzymatic-gravimetric method และ enzymatic-chemical method องค์ประกอบของใยอาหารที่แยกได้มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ ทั้ง enzymatic-gravimetric method และenzymatic-chemical method ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาขึ้นเรื่อยมาเป็นเวลามากว่า 20 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ตารางที่ 2.2) วิธี enzymatic-gravimetric method เป็นวิธีที่พยายามลอกเลียนแบบขั้นตอนภายในระบบการย่อยอาหารของมนุษย์โดยการใช้เอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะต้องกำจัดสตาร์ช โปรตีน และไขมัน และนำส่วนที่เหลือไปทำแห้งและชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำน้ำหนักโปรตีนและเถ้าที่ยังหลงเหลืออยู่ไปหักลบออก ผลที่ได้จะแสดงเป็นอัตราส่วนของใยอาหารต่อวัตถุดิบเริ่มต้น ส่วนวิธี enzymatic-chemical method เป็นวิธีที่จะแยกปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเส้นใยออกด้วยวิธีทางเคมีหลังจากการกำจัดคาร์โบไฮเดรตในส่วนของ available carbohydrate (โมโนแซคคาไรด์ ไดแซคคาไรด์ และสตาร์ช) และไขมันออกแล้ว วิธีการที่แตกต่างกันมากมายได้มีการพัฒนาขึ้นเรื่อยมาเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบของโมโนแซคคาไรด์และวิเคราะห์ชนิดของโมโนแซคคาไรด์ในคาร์โบไฮเดรต

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ใยอาหารด้วยวิธีต่าง ๆ และใยอาหารที่วิเคราะห์ได้

วิธีการวิเคราะห์ใยอาหาร	ชนิดของวิธีการวิเคราะห์ใยอาหาร	ใยอาหารที่วิเคราะห์ได้
Southgate, 1969	Enzymatic-colorimetric	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารทั้งหมด
Schweizer and Würsch, 1979	Enzymatic-gravimetric	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารทั้งหมด
Theander and Åman, 1979	Enzymatic-gas chromatographic	โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ โพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำ กรดยูโรนิก (uronic acid) ที่ไม่ละลายน้ำ กรดยูโรนิก (uronic acid) ที่ละลายน้ำ ลิกนิน (lignin) ใยอาหารทั้งหมด
Asp *et al.*, 1983	Enzymatic-gravimetric	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารทั้งหมด
Englyst and Cummings, 1984	Enzymatic-gas chromatographic	โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมด น้ำตาลแต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบ
Prosky *et al.*, 1985	Enzymatic-gravimetric	ใยอาหารทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วิธีการวิเคราะห์ใยอาหาร	ชนิดของวิธีการวิเคราะห์ใยอาหาร	ใยอาหารที่วิเคราะห์ได้
Theander and Westerlund, 1986	Enzymatic-gas chromatographic	โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ โพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำ กรดยูโรนิก (uronic acid) ที่ไม่ละลายน้ำ กรดยูโรนิก (uronic acid) ที่ละลายน้ำ ลิกนิน (lignin) ใยอาหารทั้งหมด
Englyst and Hudson, 1987	Enzymatic-colorimetric	โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมดที่ละลายน้ำ โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมดที่ไม่ละลายน้ำ โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมด
Lee *et al.*, 1992 (AOAC 991.43)	Enzymatic-gravimetric using MES-TRIS buffer	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารทั้งหมด
Prosky *et al.*, 1992 (AOAC 991.42)	Enzymatic-gravimetric	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ
Quigley and Englyst, 1992	Enzymatic-high performance liquid chromatographic	โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมดที่ละลายน้ำ โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมดที่ไม่ละลายน้ำ โพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ชทั้งหมด
Mongeau and Brassard, 1993 (AOAC 992.16)	Enzymatic-gravimetric	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารทั้งหมด
Li and Cardozo, 1994 (AOAC 993.21)	Enzymatic-gravimetric (For foods and food products with ≤ 2% starch)	ใยอาหารทั้งหมด
Prosky *et al.*, 1994 (AOAC 993.19)	Enzymatic-gravimetric	ใยอาหารที่ละลายน้ำ
Uppsala Method of Theander *et al.*, 1995 (AOAC 994.13)	Enzymatic-gas chromatographic	โพลีแซคคาไรด์ กรดยูโรนิก (uronic acid) ลิกนิน (lignin) ใยอาหารทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

วิธีการวิเคราะห์ใยอาหาร	ชนิดของวิธีการวิเคราะห์ใยอาหาร	ใยอาหารที่วิเคราะห์ได้
Hoebregs, 1997 (AOAC 997.08)	Enzymatic-ion exchange chromatographic	ฟรุกแตน (Fructans)
Craig *et al.*, 2000 (AOAC 2000.11)	Enzymatic-ion exchange chromatographic	โพลีเดกซ์โตส (Polydextrose)
McCleary *et al.*, 2000 (AOAC 999.03)	Enzymatic-spectrophoto-metric	ฟรุกแตน (Fructans)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Institute of medicine, 2001

2.1.4 แหล่งของใยอาหาร

ใยอาหารพบโดยธรรมชาติในธัญพืช ผัก ผลไม้ และถั่ว ซึ่งจะมีปริมาณและองค์ประกอบของใยอาหารแตกต่างกัน (Desmedt and Jacobs, 2001) โดยทั่วไปอาหารที่ไม่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณใยอาหาร 20 – 35 กรัมของใยอาหาร/100 กรัมน้ำหนักแห้ง และอาหารที่มีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณใยอาหาร 10 กรัมของใยอาหาร/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณใยอาหารที่มีอยู่ในผักและผลไม้จะมีค่าตั้งแต่ 1.5 – 2.5 กรัมของใยอาหาร/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (Selvendran and Robertson, 1994) เมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างอาหารชนิดต่าง ๆ ที่อุดมไปด้วยใยอาหาร ธัญพืชนับเป็นแหล่งสำคัญอันดับหนึ่งของใยอาหารซึ่งคิดเป็นปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณใยอาหารที่บริโภคกันในแถบตะวันตก (Lambo *et al.*, 2005) รองลงมาคือ ใยอาหารที่ได้จากผัก 30 – 40 เปอร์เซ็นต์ ใยอาหารจากผลไม้ 16 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลืออีก 3 เปอร์เซ็นต์ได้มาจากแหล่งอื่น ๆ (Gregory *et al.*, 1990; Cummings, 1996)

ความแตกต่างของปริมาณใยอาหารที่ได้จากธัญพืชขึ้นอยู่กับแหล่งและกระบวนการในการผลิต เช่น ปริมาณใยอาหารในแป้งสาลีจะมีความแตกต่างกันร้อยละ 2.5 ในแป้งสาลีบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 12 ในแป้งสาลีไม่ขัดสีที่ได้จากรำข้าวสาลีซึ่งเป็นแหล่งของใยอาหารโดยเฉพาะในส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและส่วนนี้จะสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการขัดสี สำหรับปริมาณใยอาหารในผักมีประมาณ 28 – 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บางชนิด เช่น ถั่วขาวและถั่วแดงมีปริมาณใยอาหารที่สูงกว่านี้ ส่วนผลไม้จะมีปริมาณน้ำพร้อมกับเนื้อเยื่อท่อลำเลียงปริมาณเล็กน้อยและมีผนังเซลบาง ซึ่งลักษณะเหล่านี้สัมพันธ์กับปริมาณใยอาหารที่ต่ำกว่าธัญพืช (1 – 3.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง) (John and Southgate, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ประโยชน์ของใยอาหารต่อสุขภาพ

ใยอาหารเริ่มได้รับความสนใจอันเนื่องมาจากได้มีการสังเกตพบว่า ประชากรในแถบยุโรปที่บริโภคอาหารซึ่งอุดมไปด้วยใยอาหารมีอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับลำไส้ใหญ่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ตามข้อมูลการศึกษาทำให้ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าใยอาหารแสดงบทบาทที่สำคัญในการป้องกันโรคได้หลายชนิด และการบริโภคอาหารที่ปริมาณใยอาหารสูง เช่น อาหารที่อุดมไปด้วยธัญพืช ผลไม้ และผักจะส่งผลดีต่อสุขภาพ เนื่องจากการบริโภคอาหารเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับการลดอัตราเสี่ยงของการเกิดมะเร็งหลายชนิดอย่างเห็นได้ชัด (Beecher, 1999; Jimenez-Escribano *et al.*, 2001) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาอื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งศึกษาเปรียบเทียบอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ มะเร็งลำไส้ใหญ่ หลอดเลือดอุดตัน เบาหวาน และโรคอื่น ๆ ต่อปริมาณใยอาหารที่มีในอาหารของชาวแอฟริกาและอเมริกา (Burkitt *et al.*, 1974) โดยทั่วไปประโยชน์ที่ได้รับจากการบริโภคใยอาหารมีดังต่อไปนี้

2.1.5.1 โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหาร

หน้าที่ของใยอาหารซึ่งเป็นที่รู้จักกันมายาวนานที่สุดคือการควบคุมระบบการทำงานของทางเดินอาหาร ใยอาหารสามารถเปลี่ยนปริมาณน้ำ ความหนืด และปริมาณจุลินทรีย์ในลำไส้ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของอาหารผ่านลำไส้ การเพิ่มปริมาณการบริโภคใยอาหารมีผลต่อการลดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของอาหารภายในระบบทางเดินอาหาร เพิ่มปริมาณอุจจาระ และช่วยในเรื่องของการขับถ่าย (Birkett *et al.*, 1997) พร้อมกับการเจือจางปริมาณอุจจาระภายในทางเดินของลำไส้ซึ่งคาดว่าเกี่ยวข้องกับการลดอัตราเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Trock *et al.*, 1990) การบริโภคใยอาหารในปริมาณต่ำเป็นสาเหตุให้เกิดการแข็งของอุจจาระซึ่งทำให้ใช้ระยะเวลานานในการสัมผัสกับสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็งในลำไส้ (Armstrong and Doll, 1975) การลดความดันภายในลำไส้ใหญ่อาจมีผลทำให้ความเสี่ยงในการเกิดถุงอุดตันภายในลำไส้ใหญ่ลดลง (Brodribb and Humphreys, 1976) การเปรียบเทียบระหว่างใยอาหารต่างชนิดกันเห็นได้ชัดว่า ใยอาหารที่เกิดการหมักได้ช้าหรือไม่สมบูรณ์หรือไม่เกิดการหมักมีส่วนในการเพิ่มปริมาณอุจจาระ โดยทั่วไปใยอาหารเหล่านี้จัดว่าเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และในทางตรงกันข้ามใยอาหารที่ละลายน้ำทั้งหมดจะเกิดการหมักได้อย่างรวดเร็ว

ใยอาหารจากพืชเป็นตัวควบคุมระยะเวลาในการเคลื่อนที่ภายในทางเดินอาหาร และมีผลต่อปริมาณอุจจาระ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและไขมันซึ่งมักเชื่อมโยงกับองค์ประกอบเล็ก ๆ อื่น ๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น เฟลโวนอยด์และแคโรทีนอยด์ (Heredia *et. al.*, 2002; Lefebvre and Thebaudin, 2002)

อาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารยังมีผลต่อความสามารถในการรวมกับกรดน้ำดี และการเผาผลาญโคเรสเตอรอล ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการย่อยและดูดซึมไขมันในลำไส้เล็ก กรดน้ำดีตัวแรก (primary bile acid) ที่รู้จักกันในนามกรดโคลิก (cholic) และกรดควิโนดีออกซีโคลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(quenodeoxycholic acid) จะเกิดปฏิกิริยาดีไฮโดรไลซ์ (dehydrolyze) และเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดีอันดับสอง (secondary bile acid) ที่เรียกว่า กรดดีออกซีโคลิก (deoxycholic) และกรดลิโตโคลิก (lithocholic acid) ตามลำดับ สารประกอบเหล่านี้แสดงบทบาทที่สำคัญยิ่งต่อสาเหตุของการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Nagengast, 1996) ระดับการดูดซึมของกรดน้ำดีธรรมดา กรดลิโตโคลิก กรดดีออกซีโคลิก และกรดโคลิก และโคเรสเทอรอลโดยใยอาหารจากพืชจะมีระดับการดูดซึมที่มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ สภาวะในการผลิต และชนิดของกรดน้ำดี (Gorecka *et al.*, 2002) มีการศึกษาพบว่ารำข้าวสาลีสามารถช่วยลดความเข้มข้นของกรดน้ำดีในอุจจาระ (Alberts *et al.*, 1996) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเป็นสารก่อมะเร็ง

โดยสรุปแล้วหลักฐานทางร่างกายชี้ให้เห็นว่าใยอาหารที่ย่อยได้ช้าหรือไม่สามารถเกิดการหมักได้ช่วยในด้านการขับถ่าย อย่างไรก็ตามหลักฐานไม่เพียงพอที่จะตัดสินถึงการลดอัตราเสี่ยงในการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ นอกจากนี้ในการศึกษาที่ละเอียดมากขึ้นได้สังเกตพบผลที่สอดคล้องกันน้อยลง (Lanza, 1990) เนื่องจากการศึกษาที่ซับซ้อนเกี่ยวกับสมมุติฐานในการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่และการศึกษาทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องซึ่งออกแบบให้เหมาะสมต่อการทดลองเป็นเรื่องที่ยากมากและใช้ระยะเวลานานกว่าที่จะประสบผลสำเร็จ

2.1.5.2 โรคมะเร็งเต้านม

หลักฐานบางอย่างแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคใยอาหารและอัตราเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเต้านม (Gerber, 1998) อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์เหล่านี้มีความสอดคล้องกันน้อยกว่าความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคใยอาหารกับการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ แม้ว่าในการทดลองได้แสดงให้เห็นถึงความสามารถของใยอาหารในการลดความเข้มข้นของเอสโตรเจน (estrogen) ในเลือดซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงสำหรับการพัฒนาของมะเร็งเต้านม (Rose *et al.*, 1991) แต่ข้อมูลที่มีไม่เพียงพอที่จะบ่งชี้ว่าอาหารที่มีใยอาหารสูงสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเต้านมได้เช่นกัน

2.1.5.3 โรคหัวใจและหลอดเลือด

ข้อมูลจากการทดลอง (Anderson *et al.*, 2000; Olson *et al.*, 1997; Ripsin *et al.*, 1992) สนับสนุนว่า การลดลงของระดับโคเรสเตอรอลในเลือดเป็นผลมาจากใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งมีความข้นหนืด และหลักฐานทางการแพทย์ก็ยังสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงเพิ่มขึ้นจะช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Rimm *et al.*, 1996; Wolk *et al.*, 1999)

การใช้ความเข้มข้นของโคเรสเตอรอลในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดแสดงให้เห็นว่า ใยอาหารให้ผลที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพโดยช่วยลดระดับโคเรสเตอรอลในเลือดและโดยการปรับสมดุลของสเตอรอล (sterol) (Anderson *et al.*, 1984; Everson *et al.*, 1992; Marlett *et al.*, 1994) การทดลองโดยใช้โพลีแซคคาไรด์บริสุทธิ์ที่มีความข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนืด (เช่น เพคติน psyllium และกัว (guar)) เป็นแหล่งของใยอาหารได้พิสูจน์ว่าโพลีแซคคาไรด์เหล่านี้ช่วยรักษาระดับโคเรสเตอรอลในผู้ป่วยที่มีระดับโคเรสเตอรอลสูง (Brown *et al.*, 1999) หลักฐานบางอย่างยังชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคใยอาหารและโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด (Ascherio *et al.*, 1992, 1996) แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าตัวใยอาหารเองหรือสารที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ในใยอาหาร เช่น สารพฤกษเคมี และแร่ธาตุ ว่าสิ่งใดที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลการทดลองที่ได้ในการศึกษาเหล่านี้ อย่างไรก็ตามในทางกลับกันได้มีการศึกษาพบว่า รำข้าวสาลีไม่มีผลต่อความเข้มข้นของโคเรสเตอรอลในเลือด (Anderson *et al.*, 1984) จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการสนับสนุนถึงประโยชน์ของใยอาหารต่อโรคที่เกิดกับหัวใจและหลอดเลือดได้

2.1.5.4 โรคเบาหวาน

บทบาทของอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงต่อการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานแบบ Type 2 และการรักษาเบาหวานทั้งสองรูปแบบมีความเกี่ยวข้องกับความข้นหนืดของใยอาหารซึ่งไปลดการตอบสนองต่อไกลซิมิก (glycemic) ได้ดีกว่าแหล่งของอาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารที่ไม่มีความข้นหนืด (เช่น เซลลูโลส และลิกนิน) (Wolever and Jenkins, 1993) นอกจากนี้ใยอาหารที่มีความข้นหนืดยังไปเพิ่มความไวต่ออินซูลิน (Fukagawa et al., 1990) ซึ่งความหนืดที่เพิ่มขึ้นมีผลในการการชะลอความหิว ชะลออัตราการดูดซึม และเปลี่ยนองค์ประกอบของแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ (Roberfroid, 1993) การศึกษาทางการแพทย์พบว่า การมีระดับไกลซิมิกสูงและการบริโภคใยอาหารจากธัญพืชต่ำมีความสัมพันธ์ต่อการเพิ่มอัตราเสี่ยงของการเกิดเบาหวานแบบ Type 2 (Salmerón *et al.*, 1997a, 1997b) ในอีกทางหนึ่งเมื่อให้ผู้ป่วยเบาหวานแบบ Type 2 บริโภคอาหารที่มีใยอาหารสูงจะพบว่า ผู้ป่วยมีความเข้มข้นของระดับกลูโคสในเลือดลดลงและช่วยลดความต้องการอินซูลินให้ต่ำลงได้ (Anderson and Ward, 1979) ประโยชน์ของใยอาหารที่มีความข้นหนืดต่อความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดได้ผ่านการทดลองมาเป็นเวลากว่า 25 ปีและมีผลที่ได้จากการศึกษาที่สนับสนุนที่เพิ่มขึ้นมากมาย

การย่อยโพลีแซคคาไรด์มีผลต่อการลดความหนืดของกัวกัม (Jenkins *et al.*, 1978; Wood *et al.*, 1994) เนื่องจากความหนืดที่ต่ำลงอาจเพิ่มประสิทธิภาพต่อการนำไปใช้ในอาหาร อย่างไรก็ตามข้อมูลแต่ละอย่างที่มีจะเห็นได้ชัดว่ามีความแตกต่างทางกายภาพเกิดขึ้นเมื่อความยาวของสายโซ่โพลีเมอร์และความหนืดลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติของใยอาหารในการช่วยลดการตอบสนองต่อไกลซิมิก และการลดระดับโคเรสเตอรอลที่อาจลดลงหรือสูญหายไป (Favier *et al.*, 1997; Jenkins *et al.*, 1978; Lund *et al.*, 1989; Wood *et al.*, 1994) ดังนั้นในการพัฒนาสมบัติความมีขั้วและความสะดวกในการใช้ในอาหารควรพิจารณาให้ดีถึงประโยชน์ต่อสุขภาพที่อาจสูญเสียไปซึ่งเป็นผลมาจากใยอาหารที่มีความยาวของสายโซ่ที่สั้นกว่าและความหนืดลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.5 โรคอ้วน

อาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารได้รับการเสนอแนะให้เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมน้ำหนักและรักษาโรคอ้วน (Appleby *et al.*, 1998; Burley *et al.*, 1993; Miller *et al.*, 1994) อาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงมีผลต่อการชะลอไม่ให้กระเพาะว่างซึ่งจะทำให้อิ่ม (Roberfroid, 1993) สิ่งเหล่านี้อาจมีผลทำให้พลังงานจากการบริโภคและอัตราการดูดซึมแร่ธาตุลดลง การลดปริมาณพลังงานที่ได้จากอาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงจึงได้รับการยอมรับในการรักษาโรคอ้วน อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาเพียงเท่านี้ยังไม่เพียงพอที่จะกำหนดให้ใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านการรักษาน้ำหนักตัว

2.1.5.6 บทบาทต่อสุขภาพในด้านอื่น

ใยอาหารและวัตถุดิบที่คล้ายใยอาหารมีประโยชน์ต่อสุขภาพมากมายซึ่งยังคงต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อยืนยันข้อเท็จจริงต่อไป ตัวอย่างเช่นการศึกษาบางกรณีค้นพบว่าใยอาหารอาจให้ผลในการป้องกันแผลที่เกิดในลำไส้ส่วนดูโอดีนัม (Aldoori *et al.*, 1997) และป้องกันมะเร็งที่เกี่ยวกับส่วนที่ติดกับหลอดอาหารของกระเพาะลำไส้ (Terry *et al.*, 2001) การทดลองในสัตว์ได้เสนอแนะถึงบทบาทของใยอาหารหลายชนิดต่อหน้าที่ทางระบบภูมิคุ้มคุ้มกันของลำไส้เล็ก (Field *et al.*, 1999; Lim *et al.*, 1997) แม้ว่าการศึกษาในคนยังมีไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามผลที่ได้รับจากใยอาหารในการเป็น substrate ให้กับแบคทีเรียในลำไส้ก็อาจเป็นอีกเรื่องที่น่าจะได้รับความสนใจ (Roberfroid, 1993) ซึ่งอาจมีความเป็นไปได้ในการใช้ใยอาหารเพื่อปรับอุจจาระและแบคทีเรียในลำไส้เหมือนกับการเสนอแนะให้ใช้โปรไบโอติก (probiotics)

แม้ว่าจะมีการศึกษาถึงผลของการบริโภคใยอาหารต่อสุขภาพที่ค้นพบขึ้นใหม่มากมาย แต่ก็ยังไม่เป็นที่กระจ่างจวบจนปัจจุบัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคใยอาหารและโรคเฉพาะอย่าง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อแสดงหน้าที่ที่ถูกต้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในใยอาหารต่อสุขภาพและโภชนาการของมนุษย์ต่อไป

2.1.6 ข้อเสนอแนะในการบริโภคใยอาหาร

ในปัจจุบันข้อเสนอแนะในการบริโภคอาหารได้เปลี่ยนมาให้ความสำคัญกับอาหารที่อุดมไปด้วยพืชเนื่องจากอาหารเหล่านี้มีส่วนช่วยในการรักษาและพัฒนาสุขภาพร่างกาย ดังผลที่ได้จากการสำรวจของ European Cost – 92 Programme พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในการบริโภคผักและผลไม้ระหว่างประเทศในแถบยุโรป (Cummings, 1996) ดังเช่น การบริโภคใยอาหารในประเทศแถบสแกนดิเนเวียต่ำกว่าการบริโภคใยอาหารในแถบยุโรป เช่น ฝรั่งเศส อิตาลี และสเปนเป็นอย่างมาก (Saura-Calixto & Goni, 1993) ข้อเสนอแนะของปริมาณใยอาหารที่ควรรับประทานในแต่ละประเทศแตกต่างกัน ขณะที่ประเทศในสหราชอาณาจักรได้เสนอให้บริโภคใยอาหารซึ่งอยู่ในรูปโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่สตาร์ช 18 กรัม/วัน แต่ปริมาณการบริโภคนี้เพิ่มขึ้นเป็น 30 กรัม/วันตามข้อเสนอแนะในประเทศเยอรมัน และในสหรัฐอเมริการะบุว่าผู้ชายควรบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใยอาหาร 38 กรัม/วัน ส่วนผู้หญิงควรบริโภคใยอาหาร 26 กรัม/วัน (Miller, 2004) อาหารในแถบเมดิเตอเรเนียนโดยเฉพาะในสเปน อิตาลี และกรีซให้ปริมาณใยอาหารสูง เนื่องจากอุดมไปด้วย ผัก ธัญพืช ผลไม้และพืชตระกูลถั่ว ซึ่งข้อเสนอแนะของการบริโภคใยอาหารในประเทศเหล่านี้ คือ 20 กรัม/วัน สำหรับผู้ชาย และ 15.7 กรัม/วัน สำหรับผู้หญิง

2.1.7 ผลของกระบวนการแปรรูปต่อสมบัติของใยอาหาร

สมบัติทางด้านหน้าที่ของใยอาหารจากพืชขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ขนาดอนุภาค สภาวะในการสกัด และแหล่งที่มาของผักผลไม้ (Cadden, 1987; Drehen, 1987; Jaime *et al.*, 2002) รายงานที่เกี่ยวข้องกับผลของปัจจัยในการแปรรูปต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหารมีอยู่อย่างจำกัดและบางครั้งก็ขัดแย้งกัน ดังนั้นจึงมีการใช้วัตถุดิบ วิธีการในการวิเคราะห์ใยอาหาร และสภาวะในกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันมากมาย (Larrauri, 1999)

2.1.7.1 ผลของการหมักต่อสมบัติของใยอาหาร

การหมักเป็นกระบวนการหนึ่งในกระบวนการแปรรูปอาหารจากพืชที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบและโครงสร้างของใยอาหาร การเปลี่ยนแปลงนี้กระตุ้นโดยกิจกรรมทางเอนไซม์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการหมัก และโดยหลักจะประกอบด้วยการละลายของโพลีแซคคาไรด์ต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซล เอนไซม์ชนิดหลักที่พบในกระบวนการหมักในน้ำเกลือคือ อะไมเลส (amylase) โปรตีเนส (proteinase) โพลีกาแลกทูโรเนส (polygalacturonase) เซลลูเลส (cellulase) และเบตา-กาแลกโตซิเดส (β-galactosidase) ซึ่งย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลอย่างเฉพาะเจาะจง และผลที่ได้คือ การลดลงของปริมาณใยอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยการสูญเสียใยอาหารที่ละลายน้ำและแม้แต่บางส่วนของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำก็สามารถเกิดการย่อยได้ โพลีแซคคาไรด์จึงถูกปลดปล่อยสู่น้ำเกลือรวมถึงสารประกอบที่ละลายน้ำ เช่นโพลีแซคคาไรด์ เพคตินที่เป็นกลาง และองค์ประกอบของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส (Jimenez *et al.*, 1998)

มะกอกและกะหล่ำปลีเป็นอาหารหมักที่ทำจากพืชที่รู้จักกันดีที่สุด มะกอกที่ผ่านการแปรรูปเพื่อการบริโภคมีการสูญเสียใยอาหารระหว่างกระบวนการผลิตมาก (Fernandez-Bolanos *et al.*, 2002) ขณะที่ปริมาณใยอาหารจากกะหล่ำปลีดองมีค่าใกล้เคียงกับกะหล่ำปลีสด (Roch *et al.*, 2000) แต่ทั่วไปในความเป็นจริงอาหารเหล่านี้จะถูกบริโภคพร้อมกับส่วนที่เป็นของเหลวที่ใช้ในการแปรรูปซึ่งมีส่วนของใยอาหารที่สูญเสียไปละลายอยู่ (Soo and Hong, 1997)

2.1.7.2 ผลของการให้ความร้อนต่อคุณสมบัติของใยอาหาร

กระบวนการที่ใช้กันมากที่สุดในการแปรรูปวัตถุดิบที่ได้จากพืชคือ การให้ความร้อน ซึ่งได้แก่ การต้มให้เดือด การหุงต้ม และการบรรจุกระป๋อง มีการพบว่าการให้ความร้อนสามารถเปลี่ยนเนื้อสัมผัสของเนื้อเยื่อพืช และการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและโครงสร้างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

73033

ส่วนที่เป็นใยอาหาร ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อสมบัติทางเคมี สมบัติกายภาพ และสมบัติทางชีวภาพของใยอาหาร เพื่อที่จะได้ทราบถึงปริมาณที่ถูกต้องของสารประกอบในใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ส่งถึงผู้บริโภค

โดยปกติการต้มให้เดือดเป็นกระบวนการที่ไม่ยาวนานซึ่งทำการให้ความร้อนตัวอย่างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ไอน้ำ หรือไมโครเวฟ กระบวนการเหล่านี้มีผลในการยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ทั้งหมดที่สามารถส่งผลเสียต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผลที่ไม่พึงปรารถนาบางประการที่สามารถเกิดขึ้นคือ ความนิ่มของเนื้อเยื่อพืชที่มากเกินไป การสูญเสียสีและกลิ่น รวมถึงการเกิดสีและกลิ่นที่ผิดปกติ การหุงต้มโดยทั่วไปยาวนานกว่ากระบวนการต้มให้เดือดและสามารถทำที่อุณหภูมิการเดือดหรือที่อุณหภูมิต่ำกว่าโดยอาจใช้หรือไม่ใช้ความดันสูงร่วมด้วยก็ได้ และโดยการใช้เตาอบแบบธรรมดาหรือเตาอบไมโครเวฟ (Heredia *et al.*, 2002) ส่วนการบรรจุกระป๋องโดยทั่วไปจะทำโดยการใช้อุณหภูมิสูงและความดันในระยะเวลาอันสั้น

ทั้ง ๆ ที่ในความเป็นจริงมีการบริโภคอาหารจากพืชที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนในปริมาณมาก (Block and Lance, 1987; Reistad and Froyich, 1984) แต่ไม่มีเอกสารอ้างอิงหรือเอกสารที่ได้รับการตีพิมพ์มากนักที่บ่งบอกถึงผลการเปลี่ยนแปลงของใยอาหารและองค์ประกอบของใยอาหารในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน แม้จะมีรายงานว่าเฮมิเซลลูโลสและสารประกอบจำพวกเพคตินที่ดูเหมือนว่าจะเป็นส่วนประกอบที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด (Ben-Shalom *et al.*, 1992; Massiot *et al.*, 1992)

Tatjana และคณะ (2002) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแปรรูปโดยการให้ความร้อนถั่วแดงหลวง (kidney bean) พบว่า การละลายของโพลีแซคคาไรด์มีผลต่อการลดลงของปริมาณใยอาหารทั้งหมดและส่วนใหญ่เกิดจากการสูญเสียใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

การเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดของปริมาณใยอาหารที่พบในบางกรณีเป็นผลจากการเกิดองค์ประกอบที่ซับซ้อนระหว่างโพลีแซคคาไรด์และองค์ประกอบอื่น ๆ ในอาหาร เช่น โปรตีน และสารประกอบฟีนอลิคที่ได้รับการวิเคราะห์ว่าเป็นใยอาหาร (Takeyama *et al.*, 1996)

กระบวนการแปรรูปมีความจำเป็นเพื่อที่จะทำให้ผักและถั่วเหมาะแก่การรับประทาน ซึ่งสามารถก่อให้เกิดการลดลงขององค์ประกอบใยอาหารมากมาย ตัวอย่างเช่น ระหว่างกระบวนการหุงต้มเลนทิล (lentil) จะมีปริมาณใยอาหารลดน้อยลงเนื่องจากการลดลงของเฮมิเซลลูโลสในปริมาณมาก (Vidal-Valverde and Frias, 1991; Vidal-Valverde *et al*, 1992) ในขณะที่รำข้าวสาลีได้มีการค้นพบว่า การให้ความร้อน (การต้มให้เดือด การหุงต้มหรือการอบ) ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณใยอาหารทั้งหมดซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ แต่เกิดจากการเกิดองค์ประกอบที่ซับซ้อนระหว่างโปรตีนและใยอาหารซึ่งทนต่อการให้ความร้อนและการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (Caprez et al., 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้การหุงต้มผลิตภัณฑ์ผักมีการใช้กรดและสารละลายชนิดต่างๆ ดังนั้น pH จึงเป็นกุญแจสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชระหว่างกระบวนการนี้ ตัวอย่างเช่น ได้มีการรายงานว่า มันฝรั่ง ต้นกะหล่ำดอก ถั่วรูปไต และถั่วต่าง ๆ มีค่าความแน่นเนื้อเพิ่มมากขึ้นเมื่อหุงต้มที่ pH 4 ซึ่งมากกว่าการหุงต้มที่ pH 10 ทั้งนี้สามารถอธิบายได้ว่า การละลายขององค์ประกอบใยอาหารมีผลต่อการลดลงของเนื้อสัมผัส ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้มีนัยสำคัญเป็นพิเศษในผลิตภัณฑ์ เช่น ต้นกะหล่ำดอกซึ่งมีปริมาณใยอาหารสูงและทนต่อการแพร่ของสารละลายด่างได้น้อย โดยทั่วไปผลกระทบที่เกิดจากสภาวะ pH ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของใยอาหาร ระยะเวลาของการให้ปัจจัย ขนาดของพืช และระดับการแพร่ของของเหลวในการผลิต (Brand *et al.*, 1984)

2.1.7.3 ผลของการเก็บรักษาต่อสมบัติของใยอาหาร

การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวผลไม้และผักสดเพื่อพยายามที่จะรักษาลักษณะทางประสาทสัมผัส (สี เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส) และคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์สุดท้ายในสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาณและคุณภาพของใยอาหารขึ้นอยู่กับสภาวะในการเก็บรักษามากมาย เช่น ในแอปเปิ้ลที่เก็บในสภาวะบรรยากาศควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณใยอาหารทั้งหมด ในอีกทางหนึ่งหัวหอมซึ่งโดยทั่วไปเก็บในสภาวะที่ดับแคบพบการเพิ่มขึ้นขององค์ประกอบใยอาหารและโดยส่วนมากเป็นพวกกรดยูโรนิก (uronic acid) ที่ประกอบด้วยเพคติกโพลีแซคคาไรด์ (pectic polysaccharides) (Marlett, 2000) ระหว่างการเก็บรักษาผักหลายชนิด เช่น ต้นกะหล่ำดอก บลอคโครี และหน่อไม้ฝรั่ง มีการผ่านกระบวนการที่ช่วยทำให้ทนทานซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความเป็นเส้นใย ทั้งนี้จะมีผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายลดลง กระบวนการนี้นิยมทำในหน่อไม้ฝรั่ง โดยมากจะกระทำที่ส่วนก้านให้แข็งขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของใยอาหารที่ประกอบด้วยลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส (Bernalte-Garcia *et al.*, 1995; Rodringuez *et al.*, 1999a, b)

2.1.7.4 ผลของการแช่แข็งต่อสมบัติของใยอาหาร

การแช่แข็งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อรักษาคุณภาพของผักสดที่ต้องการ แม้ว่าจะมีการศึกษาไม่มากนักเกี่ยวกับผลของกระบวนการนี้ต่อคุณสมบัติของใยอาหาร และยิ่งกว่านั้นผลที่ได้ก็ยังขัดแย้งกัน การศึกษาที่ทำในผลไม้เมืองร้อนแสดงให้เห็นว่า ปริมาณใยอาหารในผลไม้แช่แข็งต่ำกว่าในผลไม้สด (Salgado *et al.*, 1999) แต่ผลในทางตรงกันข้ามกลับพบว่าการแช่แข็งไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อปริมาณใยอาหารในผัก เช่น แครอท ถั่วต่าง ๆ พืชตระกูลกะหล่ำ และถั่วเขียว (Nyman *et al.*, 1987)

2.2 ใยอาหารจากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้

ตลาดของใยอาหารมีการแข่งขันกันสูงและมีใยอาหารชนิดใหม่ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีต่อสุขภาพออกมาตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นทุกวัน ซึ่งก็ยังมีวัตถุดิบที่เหลือทิ้งจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกษตรอีกมากมายที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (Chi-Fai *et al.*,2003) วัตถุดิบที่เหลือจากการแยกเอาองค์ประกอบหลักที่ต้องการออกจากพืชแล้วมีมากมายซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกและไม่มีคุณค่า โดยที่วัตถุดิบเหลือทิ้งเหล่านี้นำมาใช้เพียงแค่เป็นเชื้อเพลิงหรือเป็นปุ๋ย (Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 1999) ปัจจุบันการค้นหาวัตถุดิบที่อาจนำมาใช้เป็นแหล่งของใยอาหารเพื่อเสริมลงในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณใยอาหารต่ำเริ่มได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นใน (Fernandez-Bolanos *et al.*,1990) ขณะที่ในอดีตวัตถุดิบที่เหลือจากพืชซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแปรรูปก่อให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม แต่ ณ วันนี้วัตถุดิบเหล่านี้ได้รับการพิจารณาให้เป็นแหล่งของ functional compounds (Carle *et al.*, 2001)

กากที่เหลือจากการคั้นน้ำผลไม้เป็นของเสียหลักที่ได้จากกระบวนการแปรรูปผลไม้สดเพื่อนำมาผลิตไวน์ น้ำผลไม้ และเครื่องดื่ม ซึ่งมีปริมาณอย่างน้อย 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณวัตถุดิบเริ่มต้น (Fronc and Nawirska, 1994) มีข้อมูลบันทึกว่าประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ของกากที่เหลือจากการคั้นน้ำผลไม้ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปในโปแลนด์จะถูกส่งไปเก็บในพื้นดินที่ว่างซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งกากที่เหลือจากการคั้นน้ำผลไม้เหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพและมีส่วนผสมที่มีคุณค่าชนิดอื่น ๆ (เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน แร่ธาตุ และอื่น ๆ) กากที่เหลือจากการคั้นน้ำผลไม้ยังเป็นวัตถุดิบที่มีราคาถูกที่ใช้สำหรับอาหารคนและอาหารสัตว์ (Fronc and Nawirska, 1994) การจัดการที่เหมาะสมกับของเสียที่เกิดจากการแปรรูปผักผลไม้อาจช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและค่าสาธารณูปโภค และยังมีข้อได้เปรียบอื่นทางเศรษฐกิจด้านศักยภาพในการนำเอาของของเสียเหล่านี้มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม

มีผลไม้หลายชนิดตัวอย่างเช่น ส้ม แอปเปิ้ล พีช และมะกอกซึ่งนำมาใช้ในการสกัดน้ำผลไม้และมีการค้นพบว่าวัสดุเหลือทิ้งที่ได้มีสารประกอบที่มีคุณค่าต่าง ๆ ในปริมาณสูง โดยในส่วนของใยอาหารเป็นส่วนที่มีประสิทธิภาพที่ดีในการนำมาเตรียมเพื่อใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ (functional foods)

กากที่เหลือจากการคั้นน้ำผักและผลไม้ ได้แก่ แอปเปิ้ล เชอรี่ โชกเบอรี่ แบลคเคอเรนท์ แพร์ และแครอทมีองค์ประกอบของใยอาหารที่มีปริมาณเพคตินต่ำและมีลิกนินสูง(Nawirska and Kwasniewsk, 2003) (ตารางที่ 2.3) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Laurrauri (1999) ยังพบว่าวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ ได้แก่ เกรฟฟรุต มะนาว ส้ม และแอปเปิ้ลเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยใยอาหารซึ่งมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 2.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของใยอาหารที่ได้จากกากที่เหลือจากการคั้นน้ำผักและผลไม้ชนิดต่าง ๆ

องค์ประกอบของใยอาหาร	แอปเปิ้ล	เชอรี่	โชกเบอรี่	แบลคเคอเรนท์	แพร์	แครอท
เพคติน	11.7	1.51	7.85	2.73	13.4	3.88
เฮมิเซลลูโลส	24.4	10.7	33.5	25.3	18.6	12.3
เซลลูโลส	43.6	18.4	34.6	12.0	34.5	51.6
ลิกนิน	20.4	69.4	24.1	59.3	33.5	32.2

ที่มา : Nawirska and Kwasniewsk, 2003

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบ (กรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และอัตราส่วนระหว่าง IDF/SDF ของใยอาหารที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ

ปริมาณใยอาหาร	IDF	SDF	TDF	IDF/SDF
เกรฟฟรุตพันธุ์ Ruby	56.0	4.57	62.6	12.7 : 1
มะนาวพันธุ์ Eureka	50.9	9.20	60.1	5.5 : 1
มะนาวพันธุ์ Fino 49	62.0	6.25	68.3	9.9 : 1
ส้มพันธุ์ Valencia	54.0	10.28	64.3	5.3 : 1
แอปเปิ้ลพันธุ์ Royal Gara	63.9	14.33	78.2	4.5 : 1
แอปเปิ้ลพันธุ์ Granny Smith	56.5	4.14	60.7	12.9:1
แอปเปิ้ลพันธุ์ Liberty	81.6	8.20	89.8	9.9:1

ที่มา : ดัดแปลงจาก Larrauri, 1999

หมายเหตุ : IDF = ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ SDF = ใยอาหารที่ละลายน้ำ และ TDF = ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

วัสดุเหลือทิ้งจากส้มและมะนาวซึ่งมีปริมาณมากและมีราคาถูกจัดเป็นแหล่งที่สำคัญของใยอาหาร เนื่องจากอุดมไปด้วยเพคติน (Askar, 1998) ผลไม้ชนิดอื่นเช่น องุ่น แอปเปิ้ล กล้วย ฝรั่ง และอื่น ๆ ซึ่งในกระบวนการแปรรูปล้วนก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก เช่น เปลือก แกน และเมล็ด วัตถุดิบเหล่านี้สามารถเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมทางด้านการค้าของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ถ้ายังไม่มีการค้นพบถึงประโยชน์ เนื่องจากมีการสูญเสียมากเมื่อเทียบกับวัตถุดิบเริ่มต้นจึงสามารถส่งผลต่อการเพิ่มราคาของกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้ (Schieber *et al.*, 2002)

ของเสียจากแหล่งอื่นที่ได้มาจากกีวีมีปริมาณใยอาหารประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแห้ง (Martin-Cabrejas *et al.*,1995) และจากเปลือกสัปปะรดซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณสูง (70 เปอร์เซ็นต์ของใยอาหารทั้งหมด) โดยองค์ประกอบหลักประกอบไปด้วย น้ำตาล เช่น กลูโคสและไซโลสและมีความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพ (Salvi and Rajput, 1995; Larrauri *et al.*, 1997) นอกจากนี้ยังมีมะกอกซึ่งใช้สำหรับผลิตน้ำมันก็ยังให้วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตที่อุดมไปด้วยสารประกอบต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมถึงโพลีฟีนอลและใยอาหาร (Heredia *et al.*, 1993)

2.2.1 ประโยชน์ของใยอาหารจากผลไม้

ปัจจุบันประโยชน์ต่อสุขภาพที่ได้จากผลไม้ในการป้องกันโรคหัวใจและโรคมะเร็งหลายชนิดได้รับการยอมรับกันอย่างกว้างขวางว่าเกี่ยวข้องกับสารประกอบที่มีประโยชน์ที่อยู่ในตัวผลไม้ (Benavente-Garcia *et al.*, 1997; Block, 1992) ดังรายงานที่เสนอแนะว่ากรดแอสคอร์บิก (วิตามินซี) และเฟลโวนอยด์ในผลไม้ สามารถยับยั้งโรคเหล่านี้เนื่องมาจากประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Hertog *et al.*, 1993; Marin, 2002; Salah *et al.*, 1995)

อิทธิพลของกรดแอสคอร์บิกในหลายกระบวนการเช่นการดูดซับเหล็ก การเผาผลาญกรด-อะมิโน กระบวนการออกซิเดชันและรีดักชันของเซลและฮอร์โมนได้รับการตีพิมพ์อย่างแพร่หลาย (Buettner, 1993) ซึ่งนำไปสู่ข้อสันนิษฐานว่ากรดแอสคอร์บิกซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถยับยั้งการพัฒนาของเซลมะเร็ง (Diplock, 1991) นอกจากนี้เฟลโวนอยด์ก็เป็นสารที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากอีกตัวหนึ่งในฐานะที่เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารต้านมะเร็ง ยับยั้งการติดเชื้อ และเนื่องจากผลในการยับยั้งการออกซิเดชันของไขมัน (Elangovan *et al.*, 1994; Jean and Bodinier, 1994; Marin *et. al.*, 2002; Meyer, 1994; Rice Evans *et al.*, 1997)

ผลิตภัณฑ์ใยอาหารส่วนใหญ่มักใช้ธัญพืชเป็นวัตถุดิบชนิดหลัก อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปใยอาหารที่ได้จากผลไม้มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีกว่าธัญพืชเนื่องจากประกอบไปด้วยสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในปริมาณที่เหมาะสม มีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำทั้งหมด ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ความสามารถในการหมักในลำไส้ใหญ่ที่สูงกว่า ในขณะเดียวกันก็มีปริมาณกรดไฟติกและค่าพลังงานต่ำ ดังนั้นใยอาหารที่ได้จากผลไม้จึงเริ่มมีความสำคัญมากขึ้น และมีการพัฒนากระบวนการสำหรับการเตรียมใยอาหารจากผลไม้ให้มีการสูญเสียสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพน้อยที่สุดซึ่งอาจให้ผลดีต่อสุขภาพที่สูงกว่าตัวใยอาหารเองเพียงอย่างเดียว (Larrauri, 1999) ใยอาหารเข้มข้นจากผลไม้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารพร้อมกับให้ผลที่ดีเยี่ยม ซึ่งเป็นใยอาหารที่ประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำ 15 เปอร์เซ็นต์โดยรวมและมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้หลายเท่า (Habafood, 2002)

วัสดุเหลือทิ้งจากแอปเปิ้ลมีเพคตินและโพลีฟีนอลซึ่งเป็นสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Carle *et al.*, 2001) และกากที่เหลือจากการคั้นน้ำองุ่นก็ประกอบด้วยใยอาหารชนิดต่าง ๆ เช่นเดียวกับเปลือกและเนื้อฝรั่ง (Schieber et al., 2002) เนื่องจากใยอาหารเหล่านี้มีความเชื่อมโยงกับสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เป็นอนุพันธ์ของกรดและยังประกอบไปด้วยสารที่ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารอย่างสมบูรณ์และมากมาย ใยอาหารชนิดอื่นที่น่าสนใจคือใยอาหารชนิดที่มีเพคตินที่มีกิ่งก้านอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งสามารถแยกได้จากเปลือกมะม่วง (Sudahakar and Maini, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gorinstein *et al.*, 2001 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณใยอาหาร สารโพลีฟีนอล และแร่ธาตุในแอปเปิ้ล พบว่า แอปเปิ้ลเป็นแหล่งของใยอาหารที่มีความสมดุลของอัตราส่วนระหว่างใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 1998 ศึกษาผลของการเติมใยอาหารจากผลไม้ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของแยมสตรอเบอรี่ พบว่า ส่วนที่เหลือจากการคั้นน้ำส้มเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดีเยี่ยมเนื่องจากมีปริมาณเพคตินสูง

Fernandez-Gines *et al.*, 2003; Wolfe and Liu, 2003 ศึกษาใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ ในฐานะที่ใช้เป็นส่วนผสมที่เติมลงในอาหารเพื่อเพิ่มคุณค่า พบว่า ใยอาหารจากส้มและแอปเปิ้ลมีคุณภาพที่ดีกว่าใยอาหารจากแหล่งอื่นเนื่องจากมีสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น เฟลโวนอยด์ โพลีฟีนอล และแคโรทีน

Gorinstein *et al.*, 2001; Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 1999; Prosky *et al.*, 1988 พบว่า ใยอาหารที่ได้จากพืชตระกูลส้มมีข้อได้เปรียบกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งของใยอาหารที่บริโภคกันโดยทั่วไป เช่น ธัญพืช เนื่องจากพืชตระกูลส้มมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ในรำข้าวสาลีพบปริมาณใยอาหารเพียง 7 เปอร์เซ็นต์

2.1.2 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารชนิดผงจากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้

Larrauri (1999) ได้รายงานว่าใยอาหารในทางอุดมคติควรมีสมบัติดังต่อไปนี้ คือ ไม่มีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ มีความเข้มข้นมากเท่าที่จะเป็นไปได้ ไม่มีรสชาติ สี และกลิ่น มีองค์ประกอบของสารชีวกิจกรรมที่สมดุลและมีปริมาณเพียงพอ มีอายุการเก็บรักษานาน มีความเข้ากันได้กับกระบวนการผลิต มีสมบัติทางกายภาพตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตามอาหารที่อุดมไปด้วยใยอาหารไม่เพียงแต่จะส่งผลต่อคุณภาพโดยรวมของอาหารโดยการเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อเติมใยอาหารจากพืชลงในผลิตภัณฑ์อาหารจะมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำและความหนืดของผลิตภัณฑ์ (Kethireddipalli *et al.*, 2002) ทั้งนี้ความหนืดของส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำมีความสำคัญกว่าส่วนที่เป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในอาหาร โดยที่ใยอาหารที่ละลายน้ำเมื่อผสมกับน้ำจะช่วยให้เกิดความหนืด (Gorinstein *et al.*, 2001)

ปัจจุบันมีวัสดุเหลือทิ้งมากมายที่สามารถใช้เป็นแหล่งของใยอาหารได้ เช่น ส้ม มะม่วง สัปปะรด องุ่น ฝรั่ง ซึ่งเป็นแหล่งของใยอาหารที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ความสามารถในการหมักในลำไส้ใหญ่ที่สูง และมีกรดไฟติกและปริมาณพลังงานที่ต่ำ จึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนากระบวนการเตรียมใยอาหารจากผลไม้ให้มีการสูญเสียองค์ประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ เฟลโวนอยด์ สารประกอบโพลีฟีนอล แคโรทีน และอื่น ๆ ให้น้อยที่สุด ลักษณะเฉพาะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในทางการค้าคือ มีปริมาณใยอาหารสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นต่ำกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไขมันต่ำ มีปริมาณพลังงานต่ำ (ต่ำกว่า 8.36 กิโลจูลต่อกรัม) และปราศจากสีและกลิ่นรส ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนของการผลิตใยอาหารชนิดผงจากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้มีดังต่อไปนี้

2.1.2.1 การลดขนาด (Wet milling)

ขนาดอนุภาคที่เล็กมากในวัตถุดิบสดเริ่มต้นเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากระหว่างขั้นตอนการล้างจะสามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก ซึ่งทำให้ยากแก่ขั้นตอนการอบแห้ง และยังอาจทำให้เกิดการสูญเสียวัตถุดิบที่บดแล้วระหว่างการแยกน้ำออก ในอีกทางหนึ่งขนาดอนุภาคที่ใหญ่เกินไปก็ไม่สะดวกแก่การกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการ เช่น น้ำตาล ระหว่างขั้นตอนการล้าง ซึ่งทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนาน

มีการใช้ขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันในการบดวัตถุดิบเริ่มต้นตั้งแต่ 0.6-2.0 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการและชนิดของวัตถุดิบ

2.1.2.2 การล้าง (Washing)

การล้างมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการในใยอาหารและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ซึ่งอาจทำให้เกิดการสูญเสียองค์ประกอบในส่วนที่เป็นใยอาหารที่ละลายน้ำ เช่น เพคตินได้

การกำจัดน้ำตาลจากวัตถุดิบเริ่มต้นมีผลดีต่อขั้นตอนการอบแห้ง ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดสีคล้ำในผลิตภัณฑ์ และยังทำให้ใยอาหารมีพลังงานต่ำลง ผลของการล้างต่อคุณภาพของวัตถุดิบบางชนิดมีดังต่อไปนี้

1) ส้ม

ปริมาณน้ำตาลอิสระในตัวอย่างเปลือกส้มที่ล้างด้วยน้ำร้อนต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำธรรมดาล้าง ส่วนอนุภาคขนาดเล็กก่อนการล้างจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำที่น้อยกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งอาจเนื่องมาจากอนุภาคขนาดเล็กทำให้ง่ายต่อการสูญเสียองค์ประกอบของใยอาหารที่ละลายน้ำ ส่วนตัวอย่างที่ไม่ได้ล้างน้ำมีปริมาณน้ำตาลอิสระทั้งหมดสูงที่สุดและมีความสามารถในการดูดซับน้ำต่ำที่สุด (Larrauri, 1997)

2) มะม่วง

เช่นเดียวกันกับเปลือกส้ม การล้างเปลือกมะม่วงด้วยกระบวนการที่แตกต่างกันทำให้คุณลักษณะทางเคมีกายภาพเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะโพลีฟีนอลและใยอาหารที่ละลายน้ำ ซึ่งโพลีฟีนอลและใยอาหารที่ละลายน้ำจะมีปริมาณสูงสุดเมื่อใช้ขนาดอนุภาคใหญ่และระยะเวลาในการล้างสั้น ส่วนอนุภาคขนาดเล็กสามารถนำไปสู่การสูญเสียสารประกอบโพลีฟีนอลที่อยู่ในใยอาหารได้ (Larrauri *et al.*, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 การทำแห้ง (Drying)

การกำจัดน้ำออกจากวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการทำแห้งเป็นสิ่งจำเป็น ทั้งนี้หมายถึงขั้นตอนการคัดเลือก การคั้นน้ำ หรือขั้นตอนอื่น ๆ (Ferguson and Fox, 1978) การทำแห้งเป็นขั้นตอนหลักในการผลิตใยอาหารที่มีราคาสูงที่สุด ซึ่งจะช่วยเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาโดยไม่ต้องเติมพวกสารกันบูด และช่วยลดขนาดของภาชนะบรรจุรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้วิธีในการอบแห้งมากมาย อย่างไรก็ตามก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้งในการผลิตใยอาหารผงจากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ ลักษณะของวัตถุดิบ ได้แก่ ความชื้นสูงและปริมาณน้ำตาลต่ำ จะต้องได้รับการพิจารณาเพื่อการออกแบบกระบวนการที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้น้อยที่สุด (Ferguson and Fox, 1978; Bernardo *et al.*, 1990)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกวิธีในการอบแห้งมีดังนี้คือ สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ การอนุรักษ์พลังงาน การเว้นช่องว่างระหว่างวัตถุดิบที่พอเหมาะ ความสะดวกในการปฏิบัติงาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และใช้ต้นทุนต่ำ

มีข้อมูลน้อยมากที่สามารถยืนยันถึงผลของกระบวนการทำแห้งต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่โดยทั่วไปการใช้ความร้อนสูงจะไปทำลายเยื่อหุ้มเซลและปลดปล่อยสารที่อยู่ภายในเซลออกมาซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพของโพลีแซคคาไรด์ เช่น เพคติน มีรายงานที่อธิบายถึงกลไกที่เป็นไปได้ของการสูญเสียสารประกอบโพลีฟีนอลในตัวอย่างที่ทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ทั้งนี้จะทำให้เกิดการปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลที่จับอยู่ในใยอาหารจากการเสื่อมสลายของลิกนินซึ่งนำไปสู่การปลดปล่อยอนุพันธ์ของกรดฟีนอลิค หรือเป็นจุดเริ่มต้นของการเสื่อมสลายของสารประกอบโพลีฟีนอลด้วยความร้อน (Millard and Berset, 1995) โดยผลของสภาวะในการอบแห้งต่อคุณภาพของวัตถุดิบบางชนิดมีดังต่อไปนี้

1) ส้ม

อัตราในการทำแห้งเปลือกส้มมีผลมาจากปริมาณเปลือกส้มที่ใช้ในการอบแห้งแต่ละครั้ง และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งจะมีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของใยอาหาร ยิ่งอัตราการทำแห้งสูงก็ยิ่งทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของตัวอย่างลดน้อยลง (Larrauri, 1997) นอกจากนี้การเสื่อมสลายขององค์ประกอบบางชนิดในใยอาหารที่ละลายน้ำเมื่อใช้อุณหภูมิสูงอาจเกิดขึ้นได้เช่นกัน

2) องุ่น

ปริมาณโพลีฟีนอลและแทนนินในกากองุ่นแดงไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ขณะที่เมื่อใช้อุณหภูมิในการทำแห้ง 100 และ140 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลลดลง 18.6 และ 32.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำแห้งเดียวกันจะทำให้สูญเสียแทนนินเพียงแค่ 11.1 และ 16.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Larrauri *et al.*, 1997)

2.1.2.4 การบดแห้ง (Dry milling)

การบดแห้งใยอาหารทั้งหมดทำขึ้นเพื่อเพิ่มการยอมรับในผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งใยอาหารที่บดแห้งแล้วอาจมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบหรือองค์ประกอบของผนังเซล การบดอาจมีผลต่อคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของใยอาหารและมีผลต่อเนื้อสัมผัส ซึ่งการยอมรับและคุณภาพของใยอาหารที่จะใช้เติมลงไปในอาหารขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหาร โดยทั่วไปขนาดอนุภาคของใยอาหารชนิดผงที่ใช้ในทางการค้ามีค่าระหว่าง 0.15 และ 0.43 มิลลิเมตร (Archer Daniels Midlan Co., 1992)

2.3 สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันและใยอาหารจากมะม่วง

มะม่วงมีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ คือ *Mangifera indica Linn.* มะม่วงเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ใบเดี่ยวสีเขียว ขอบใบเรียบ ฐานใบมน ปลายใบแหลม กลีบดอกมี 5 กลีบ ดอกออกช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ลูกดิบสีเขียว เมื่อสุกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเหลืองส้ม มีเมล็ดภายใน 1 เมล็ด พันธุ์มะม่วงที่นิยมปลูก ได้แก่ มะม่วงแก้วศรีสะเกษ มะม่วงพันธุ์มรกต มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ทะวาย พันธุ์ฟ้าลั่น พันธุ์หนองแซง พันธุ์เขียวเสวย เป็นต้น และมีพันธุ์ส่งเสริมแยกตามลักษณะการรับประทานดังนี้ พันธุ์รับประทานสุก ได้แก่ น้ำดอกไม้ อกร่อง ทองดำ พันธุ์รับประทานดิบ ได้แก่ ฟ้าลั่น เขียวเสวย และแรด พันธุ์แปรรูป ได้แก่ แก้วสามปี

มะม่วงเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น เบตา-แคโรทีน วิตามินเอ บี และซี และสารประกอบในกลุ่มเฟลโวนอยด์ ได้แก่ ฟีนอลเควอซิติน (phenols) เควอซิติน (quercetin) ไอโซเควอซิติน (isoquercitfin) แอสตรากาลิน (astragalin) ฟิสติน (fisetin) กรดแกลลิก (gallic acid) และเมธิลแกลเลต (methylgallate) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการป้องกันโรคมะเร็งและโรคหัวใจ มะม่วงยังประกอบไปด้วยโพแทสเซียมและใยอาหาร อีกทั้งยังให้พลังงานต่ำ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำซึ่งพบมากในมะม่วงมีส่วนช่วยในการป้องกันท้องผูกและมะเร็งลำไส้ใหญ่ คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วงแสดงในตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วง

สารอาหาร	หน่วย	ปริมาณ 1 ถ้วย (165 กรัม)
น้ำ	g	134.821
พลังงาน	kcal	107.250
โปรตีน	g	0.842
ไขมัน	g	0.446
เถ้า	g	0.825
คาร์โบไฮเดรต	g	28.050
ใยอาหาร	g	2.970
แร่ธาตุ		
แคลเซียม , Ca	mg	16.500
เหล็ก , Fe	mg	0.214
แมกนีเซียม , Mg	mg	14.850
ฟอสฟอรัส , P	mg	18.150
โพแทสเซียม , K	mg	257.400
โซเดียม , Na	mg	3.300
สังกะสี , Zn	mg	0.066
ทองแดง , Cu	mg	0.181
แมงกานีส , Mn	mg	0.045
ซีลีเนียม , Se	mcg	0.990
วิตามิน		
Vitamin C	mg	45.705
Thiamin	mg	0.096
Riboflavin	mg	0.094
Niacin	mg	0.964
Pantothenic acid	mg	0.264
Vitamin B-6	mg	0.221
Folate	mcg	23.100
Folate	mcg	23.100
Vitamin A, IU	IU	6425.100
Tocopherol, alpha	mg	1.848
ไขมัน		
Fatty acids, total saturated	g	0.109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

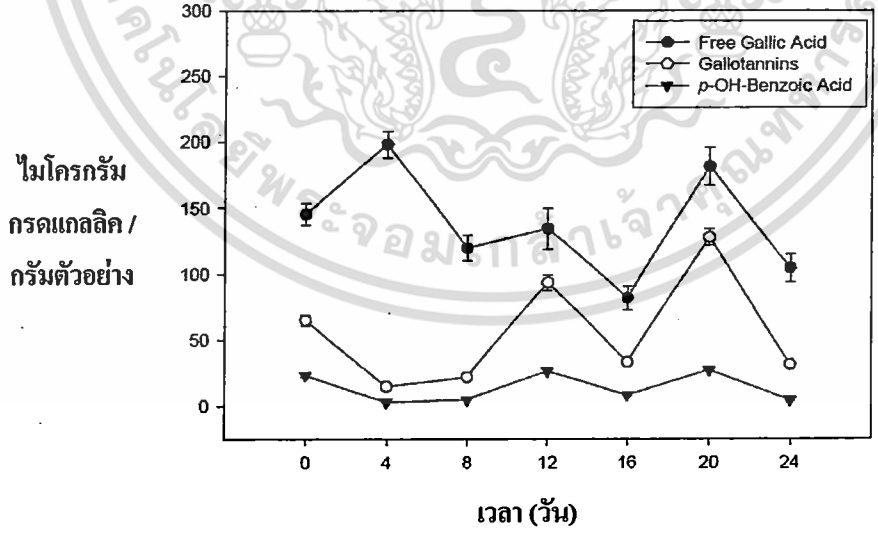
ตารางที่ 2.5 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วง (ต่อ)

สารอาหาร	หน่วย	ปริมาณ 1 ถ้วย (165 กรัม)
12:0	g	0.002
14:0	g	0.015
16:0	g	0.086
18:0	g	0.005
Fatty acids, total monounsaturated	g	0.167
16:1 undifferentiated	g	0.079
18:1 undifferentiated	g	0.089
Fatty acids, total polyunsaturated	g	0.084
18:2 undifferentiated	g	0.023
18:3 undifferentiated	g	0.061
กรดอะมิโน		
Tryptophan	g	0.013
Threonine	g	0.031
Isoleucine	g	0.030
Leucine	g	0.051
Lysine	g	0.068
Methionine	g	0.008
Phenylalanine	g	0.028
Tyrosine	g	0.017
Valine	g	0.043
Arginine	g	0.031
Histidine	g	0.020
Alanine	g	0.084
Aspartic acid	g	0.069
Glutamic acid	g	0.099
Glycine	g	0.035
Proline	g	0.030
Serine	g	0.036

ที่มา : ดัดแปลงจาก USDA, 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการแยกและระบุชนิดสารประกอบโพลีฟีนอลในมะม่วงโดยใช้เทคนิคในการแยกและการสกัดมากมายมาแล้วกว่า 30 ปี ผลงานวิจัยชิ้นแรกที่เผยแพร่เกี่ยวกับสารประกอบโพลีฟีนอลในมะม่วงด้วยวิธีการแยกโดย two-dimensional paper chromatography เพื่อแยกสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งสกัดด้วย อะซิโตน อีเธอร์ เอธิลอะซิเตด และเมธานอล (El Ansari *et al.*, 1969) งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จในการแยก ellagic acid , gallic acid (GA) , *m*-digallic acid , *m*-trigallic acids, isoquercitin , mangiferin , quercetin และ gallotannin (GT) จากมะม่วงพันธุ์ 'Rumani' การศึกษาเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้ใช้วิธีการแยกสารประกอบโพลีฟีนอลโดยใช้ HPLC เนื่องจากมีข้อได้เปรียบในเรื่องความเร็ว ความถูกต้อง และความแม่นยำ Schieber *et al.* (2000) ได้ทำการแยกสารประกอบโพลีฟีนอลในมะม่วง ซึ่งพบว่าประกอบด้วย quercetin ที่อยู่ในรูป glycoside 7 ชนิด ได้แก่ quercetin 3-arabanose-glucose (peltatoside) , quercetin 3-galactose (hyperoside) , quercetin 3-glucose (isoquercitrin) , quercetin (pentose) , quercetin 3-arabonose (avicularin) , quercetin 3-rhamanose (quercitrin) , และ quercetin (aglycon) รวมทั้ง kaempferol ที่อยู่ในรูป glycosides 4 ชนิด ได้แก่ kaempferol (hexose) , kaempferol 3-glucose (astragalin) , kaempferol (pentose) , และ kaempferol (aglycon) นอกจากนี้ยังพบ GA , caffeic acid , protocatechuic acid , *p*-coumaric acid , mangiferin , และ GT ภาพที่ 2.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโพลีฟีนอลในมะม่วงที่ระยะการสุก 0, 4, 8, 12, 16, 20, และ 24 วันหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าระหว่างการสุกของมะม่วงไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกรดแกลลิคอิสระ แกลโลแทนนิน และ*p*-Hydroxy-benzoic acid ซึ่งเป็นสารในกลุ่มโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญเกิดขึ้น



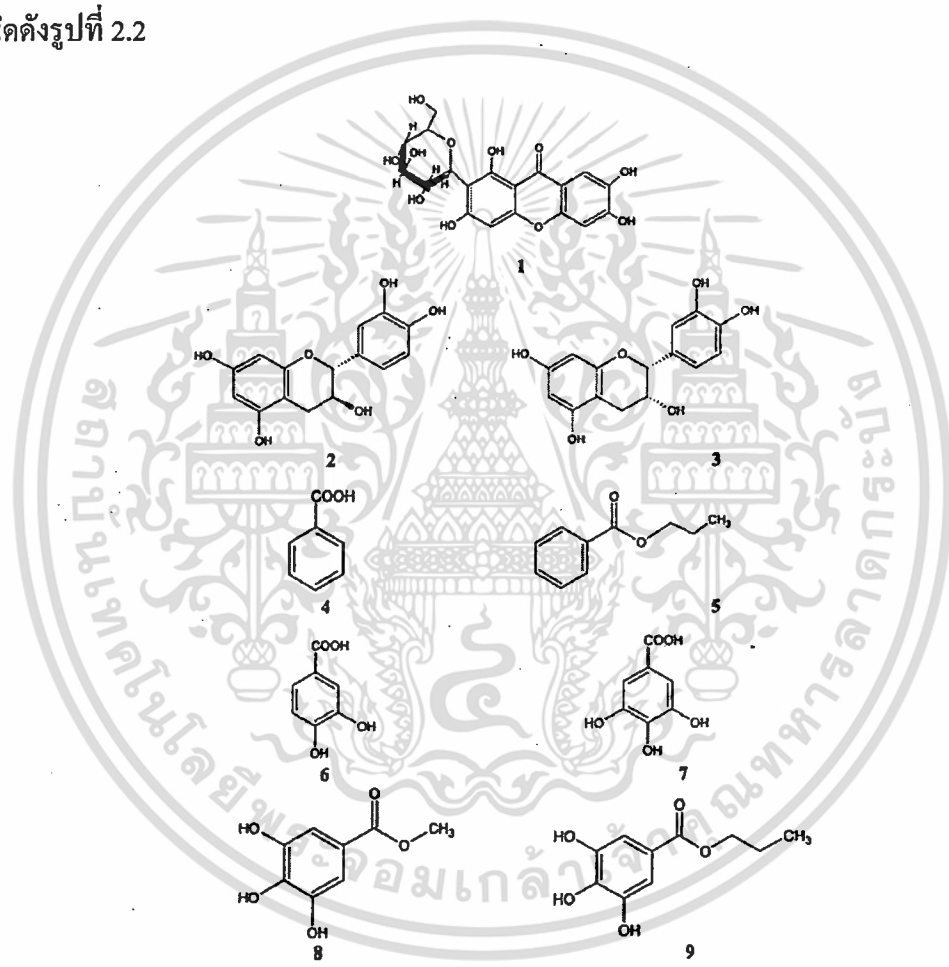
รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของโพลีฟีนอลในมะม่วงที่ระยะการสุก 0, 4, 8, 12, 16, 20, และ 24 วันหลังการเก็บเกี่ยว

ที่มา: Angela (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างกระบวนการแปรรูปมะม่วง ส่วนของเปลือกและเมล็ดก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งประมาณ 40 – 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักผลทั้งหมด ซึ่งวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้นับเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารอาหารมากมายและสามารถนำมาเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารได้ เปลือกมะม่วงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดเพคตินที่มีคุณภาพดีซึ่งมีปริมาณถึง 6.1 เปอร์เซ็นต์และยังประกอบไปด้วยใยอาหารถึง 5.4 เปอร์เซ็นต์

สารสกัดที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของมะม่วงได้แก่ ใบ เมล็ด เนื้อ ราก เปลือก และเปลือกของลำต้นมีการนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางยารักษาโรคในหลายประเทศ การศึกษาของ Alberto (2005) พบว่า เปลือกลำต้นของมะม่วงประกอบด้วยสารประกอบโพลีฟีนอลในปริมาณสูง ซึ่งพบทั้งหมด 7 ชนิดดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารโพลีฟีนอลและสารประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในเปลือกลำต้นของมะม่วง , Mangiferin (1); (+) Catechin (2); (-) Epicatechin (3); Benzoic acid (4); Benzoic acid, propyl ester (5); 3,4-Dihydroxybenzoic acid (6); Gallic acid (7); Gallic acid, metyl ester (8); Gallic acid, propyl ester (9)

ที่มา: Alberto (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gorinstein และคณะ (1999) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและใยอาหารในผลไม้เมืองร้อน ได้แก่ สัปปะรด แอปเปิ้ล พลัม เงาะ ลิ้นจี่ ฝรั่ง และมะม่วงพบว่า มะม่วงสุกมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด กรดแกลลิค ใยอาหารทั้งหมด และใยอาหารที่ละลายน้ำสูงที่สุด

Larrauri และคณะ (1997) ศึกษาสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากใยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงพบว่า สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากใยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี ferric thiocyanate colorimetric ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.05 มีฤทธิ์ในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่า BHA 0.75 เท่า และสูงกว่า French PARAD'OX (โพลีฟีนอลเข้มข้นที่ใช้ในทางการค้า) และวิตามินอี 1.4 และ 3.4 เท่าตามลำดับ

2.4 ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant dietary fiber)

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant dietary fiber) หมายถึง อาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นทั้งเส้นใยอาหาร (dietary fiber) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) โดยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) จากพืชที่สำคัญ ได้แก่ โพลีฟีนอล (ซึ่งที่พบมาก ได้แก่ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์) และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี โดยมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ และอนุพันธ์ของออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (reactive oxygen species) ซึ่งเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่สำคัญของการเกิดโรคต่าง ๆ สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติดังกล่าวจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยสามารถป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้

Saura-Calixto (1998) ได้ให้คำจำกัดความของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant dietary fiber) ไว้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติ (natural antioxidant) ในปริมาณที่สูง โดยรวมอยู่กับโครงร่างของเส้นใยอาหาร (fiber matrix) ซึ่งลักษณะที่สำคัญของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควรจะมีคุณสมบัติ 3 ประการ ดังต่อไปนี้

1) ปริมาณของใยอาหาร (วิเคราะห์โดยวิธีของ AOAC) ควรมีค่าสูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง

2) ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 1 กรัม ควรมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (วิเคราะห์โดยวิธี Ferric thiocyanate colorimetric method, FTC) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (วิเคราะห์โดยวิธี DPPH)

3) สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวจะต้องเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ภายในตัวของวัตถุดิบตามธรรมชาติ ไม่ใช่ด้วยวิธีการเติมลงไป หรือเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีหรือปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการเตรียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Larrauri และคณะ (1996a) ศึกษาการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกส้มและเปลือกมะนาว พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณใยอาหาร 61 – 69 เปอร์เซ็นต์โดยมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ 19 – 22 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง และความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของใยอาหารจากเปลือกมะนาวมีค่าที่สูงกว่าใยอาหารจากเปลือกส้ม ทั้งนี้เนื่องจากชนิดและองค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลแตกต่างกัน

Larrauri และคณะ (1996b) ทดลองเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วง พบว่าการลดขนาดของเปลือกมะม่วงให้มีขนาดอนุภาค 15 มิลลิเมตร และล้างด้วยน้ำเป็นเวลา 5 นาที มีผลในการกำจัดปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ดีและเพิ่มปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลโดยมีปริมาณเท่ากับ 70 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบของใยอาหารที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 281 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง ใยอาหารที่เตรียมได้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีคือ 11.4 กรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง และมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าวิตามินอี 3.4 เท่า

Jimenez-Escrig และคณะ (2001) ทดลองเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกและเนื้อฝรั่ง พบว่าทั้งส่วนของเปลือกและเนื้อฝรั่งมีองค์ประกอบของใยอาหารปริมาณสูง (48 – 49 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้เปลือกและเนื้อฝรั่ง 1 กรัม ยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับวิตามินอี 104.1 มิลลิกรัม และ 54.0 มิลลิกรัม ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์โดยวิธี DPPH ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี

Saura-Calixto (1998) ทดลองเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากกากองุ่น พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาณใยอาหาร 64.6 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้กากองุ่น 1 กรัม ยังมีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (วิเคราะห์โดยวิธี Ferric thiocyanate colorimetric method, FTC) และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (วิเคราะห์โดยวิธี DPPH) เท่ากับวิตามินอี 400 มิลลิกรัม และ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากากองุ่นเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี

2.5 การใช้ประโยชน์จากใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

พรฤดีและวิชชุลดา (2541) ศึกษาถึงชนิดและปริมาณของใยอาหารที่สามารถเติมลงไปในขนมปังเบอร์เกอร์ โดยการแทนที่แป้งสาลีปริมาณร้อยละ 5, 7, 10, 13 และ 15 ซึ่งแหล่งของใยอาหารที่นำมาใช้คือ ข้าวฟ่าง งาดำ และรำข้าวสาลี โดยผลการทดลองพบว่าปริมาณที่เหมาะสมคือ ใช้ปริมาณใยอาหารไม่เกินร้อยละ 5 ซึ่งมีคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น สี ความรู้สึกในปาก ลักษณะโพรงอากาศ และความชอบรวมสูงสุด และเมื่อนำใยอาหารทั้ง 3 ชนิดมาใช้รวมกัน ผลที่ได้คือ อัตราส่วนของใยอาหารจากของแป้งข้าวฟ่างต่อผงงาดำต่อรำข้าวสาลีเป็น 5 : 3 : 3 ซึ่งมีคะแนนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด พบว่ามีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอีกด้วย จากนั้นคำนวณหาคุณค่าทางอาหารพบว่า ขนมปังเบอร์-เกอร์เสริมใยอาหาร 100 กรัม จะมีพลังงานทั้งหมด 554 กิโลกรัมแคลอรีและมีปริมาณใยอาหาร 4.1 กรัม ในขณะที่ขนมปังเบอร์เกอร์ตามท้องตลาดสูตรปกติมีปริมาณใยอาหาร 1.6 – 2.72 กรัมต่อขนมปัง 100 กรัม การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพพบว่าขนมปังเบอร์เกอร์เสริมใยอาหารทุกชนิด จะมีปริมาตรลดลง และมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณใยอาหารสูงขึ้น

จันทนาและพรพรรณ (2542) ศึกษาการเสริมซังขนุนในผลิตภัณฑ์ขนมปัง โดยใช้ซังขนุนผงที่มีขนาด 70 เมช (mesh) มีใยอาหาร 4.749-7.113% ของซังขนุนอบแห้ง พบว่าสามารถเติมซังขนุนลงในขนมปังได้ 5% ของแป้งสาลี ทำให้สีเข้มขึ้น ปริมาตรและขนาดของโพรงอากาศลดลง เนื้อสัมผัสกระด้างขึ้น และกลิ่นซังขนุนแรงขึ้นเมื่อเติมซังขนุนมากขึ้นพร้อมกับมีความขมเกิดขึ้นด้วย และเมื่อศึกษาการเติมซังขนุนลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าสามารถเติมซังขนุนได้ 20% ของแป้งสาลีจึงมีระดับคะแนนการยอมรับใกล้เคียงสูตรมาตรฐานมากที่สุด โดยเมื่อเติมซังขนุนมากขึ้นจะมีแนวโน้มความเข้มของสีเพิ่มขึ้น กลิ่นแรงขึ้นพร้อมกับเกิดรสขมด้วย และเมื่อศึกษาการเติมซังขนุนลงในผลิตภัณฑ์เค้ก โดยเติมซังขนุนผงที่มีขนาด 80 เมช ในปริมาณ 15, 20 และ 25% ของแป้งสาลี พบว่าสีของเค้กมีความเข้มมากขึ้น มีความร่วนมากขึ้น มีรสชาติซังขนุนที่รุนแรงขึ้น โพรงอากาศมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีปริมาตรและความนุ่มลดลงตามลำดับพร้อมกับเกิดความขมมากขึ้น เมื่อเติมซังขนุนในปริมาณมากขึ้น เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้บริโภคยอมรับเค้กที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยซังขนุนในปริมาณ 15% ของแป้งสาลีไม่มีความแตกต่างกับการยอมรับเค้กสูตรปกติที่ไม่เติมซังขนุนอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Vergara-Valencia และคณะ (2006) ทดลองเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากผลมะม่วงดิบเปลือกเขียว แทนจมูกข้าวสาลีในสูตรขนมปังและคุกกี้ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีองค์-ประกอบของใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่สมดุล กล่าวคือมีสัดส่านของใยอาหารทั้งสองชนิดในปริมาณที่ใกล้เคียงกันเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่เติมใยอาหารจากผลมะม่วงยังแสดงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมใยอาหาร

3.1.1.1 เปลือกมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* L.) ซึ่งเลือกผลสุกที่มีสีเหลืองนวลทั้งผล จาก อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา

3.1.1.2 เปลือกแก้วมังกร (*Hylocereus undatus*)

3.1.1.3 กากพุทรา (*Zizyiphus mauritiana* L.) ที่เหลือจากการแยกน้ำโดยใช้เครื่องแยกกาก

3.1.1.4 กากฝรั่ง (*Psidium guajava* L.) ที่เหลือจากการแยกน้ำฝรั่ง

3.1.1.5 กากส้มเขียวหวาน (*Citrus reticulate*) ที่เหลือจากการคั้นน้ำส้ม

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมปัง

3.1.2.1 แป้งสาลี

3.1.2.2 ยีสต์

3.1.2.3 เนยขาว

3.1.2.4 น้ำตาล

3.1.2.5 เกลือ

3.1.2.6 แคลเซียมโพรพิโอเนต (วัตถุกันเสีย)

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber)

3.2.1.1 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนวิเคราะห์ใยอาหาร

- Ethanol 95%	LABSCAN, Thailand
- Heat-stable alpha-amylase	Catalog Number A 3306 SIGMA CHEMICAL, USA
- Protease	Catalog Number P 3910 SIGMA CHEMICAL, USA
- Amyloglucosidase	Catalog Number AMG A9913 SIGMA CHEMICAL, USA
- Diatomaceous earth (Celite 545)	Celite 545 AW, NO. C8656

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SIGMA CHEMICAL, USA
- MES - 2 - (*N*-Morpholino)ethanesulfonic acid	NO. M-8250
	SIGMA CHEMICAL, USA
- TRIS - Tris(hydroxymethyl)aminomethane	NO. T-1503
	SIGMA CHEMICAL, USA
- Hydrochloric acid (HCl)	LABSCAN, Thailand

3.2.1.2 สารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนวิเคราะห์โปรตีน

- Sulfuric acid (H_2SO_4)	LABSCAN, Thailand
- Boric acid	MERCK, German
- Hydrochloric acid (HCl)	LABSCAN, Thailand
- Sodium hydroxide (NaOH)	CARLO, Italy
- Silinium Dioxide (SeO_2)	MERCK, German
- Potassium sulphate (K_2SO_4)	CARLO, Italy
- Copper Sulphate ($CuSO_4.5H_2O$)	CARLO, Italy
- Bromocresol green	MERCK, German
- Methyl red	MERCK, German

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (free radical scavenging capacity)

- Ethanol 95%	LABSCAN, Thailand
- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	SIGMA CHEMICAL, USA
- DL-α-tocopherol	SIGMA CHEMICAL, USA

3.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (inhibition of lipid oxidation)

- Ethanol 99.5%	LABSCAN, Thailand
- Linoleic acid	SIGMA CHEMICAL, USA
- Sodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4)	MERCK, German
- Sodium dihydrogen phosphate (NaH_2PO_4)	MERCK, German
- Ammonium thiocyanate (NH_4SCN)	SIGMA CHEMICAL, USA
- Ferrous chloride ($FeCl_2$)	SIGMA CHEMICAL, USA
- Hydrochloric acid (HCl)	LABSCAN, Thailand
- DL-α-tocopherol	SIGMA CHEMICAL, USA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol contents)

- Ethanol 95%	LABSCAN, Thailand
- Sodium carbonate (Na_2CO_3)	MERCK, German
- Folin-Ciocalteau	CARLO, Italy
- Gallic acid	FLUKA, Switzerland

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการเตรียมวัตถุดิบ

- ตู้อบแห้งลมร้อน (Tray drier)	OR 663 PATCH, Thailand
- อุปกรณ์คั้นน้ำผลไม้แบบใช้มือกด	
- เครื่องแยกกาก	KENWOOD, England
- เครื่องบดแห้ง (pin mill)	ZM 200 RETSCH, Germany
- เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Halogen moisture analyzer)	HR73 METTLER-TOLEDO, Switzerland

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว	
- ชุดวิเคราะห์ใยอาหาร	VELP, Thailand
- ชุดวิเคราะห์โปรตีน	GERHARDT, Germany
- เตาเผา	S 302 AU
	CARBOLITE, England

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS spectrophotometer) SHIMADZU, Japan

3.3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ MEMMERT, Germany
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS spectrophotometer) SHIMADZU, Japan

3.3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-VIS spectrophotometer) SHIMADZU, Japan

3.3.6 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน

- อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- ชุดเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) T - 42 K
  CENTRIKON, Italy
- ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet) S 306 AK
  GERHARDT, Germany
- ชุดกรองสุญญากาศ WJ-20 SIBATA, Japan
- เตาอบลมร้อน (Hot air oven) MEMMERT, Germany

3.3.7 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้

- Reflactometer ATAGO, USA

3.4 สถานที่ดำเนินงาน

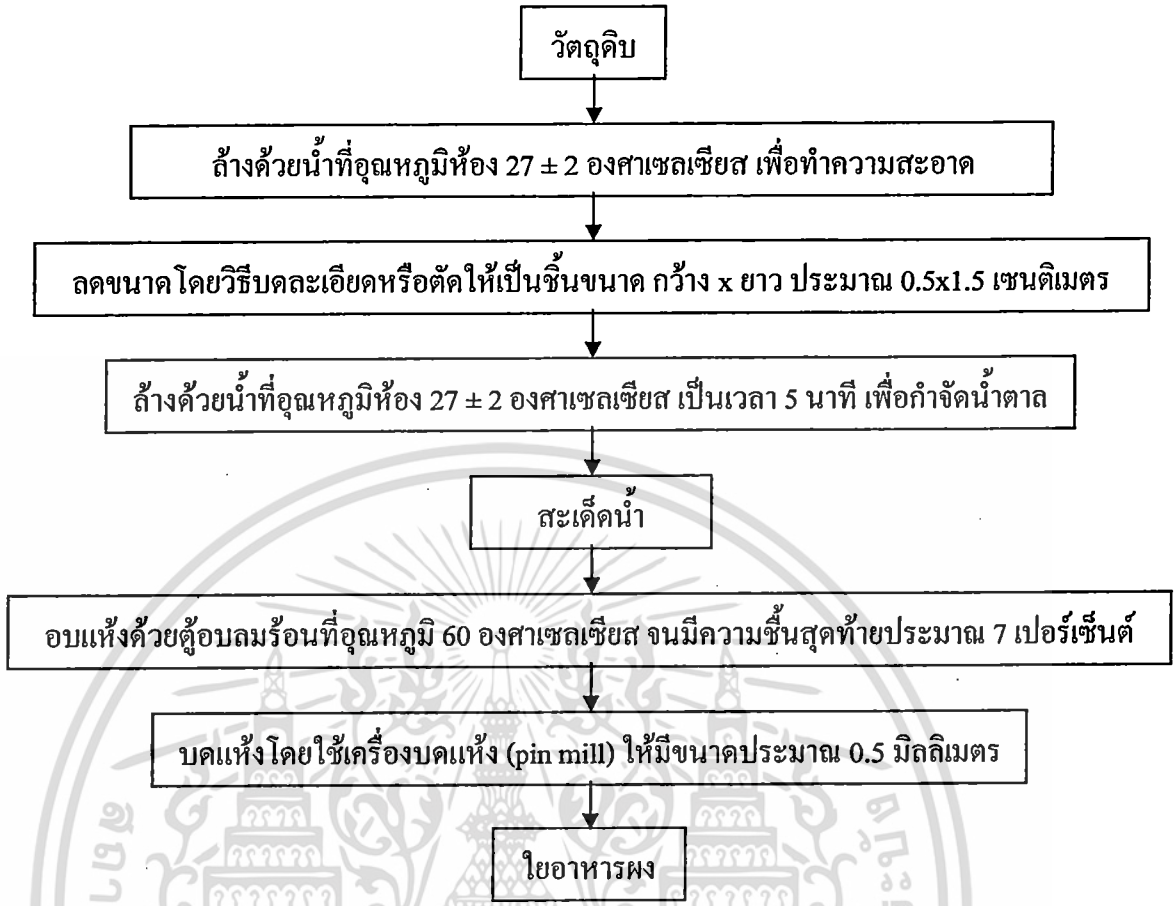
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการดำเนินงาน

3.5.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบทั้ง 5 ชนิดได้แก่ เปลือกแก้วมังกร กากพุทรา กากฝรั่ง กากส้ม และเปลือกมะม่วงสุก มาผลิตใยอาหารชนิดผง ซึ่งขั้นตอนการเตรียมใยอาหารชนิดผงจะใช้วิธีเบื้องต้นที่รายงานโดย Larrauri และคณะ (1999) ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งจะดัดแปลงให้เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยกากพุทรา กากฝรั่ง จะใช้การบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องแยกกากก่อนนำไปอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนพื้นฐานในการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Larrauri *et al.* (1999)

โดยขั้นตอนหลักในการเตรียมใยอาหารผงดังกล่าวประกอบด้วย การนำวัตถุดิบมาล้างน้ำให้สะอาดและลดขนาดด้วยวิธี บด หั่น หรือตัด จากนั้นล้างน้ำด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัดน้ำตาลออกบางส่วน จากนั้นคั้นน้ำออกบางส่วน และทำแห้งโดยการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นสุดท้ายประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ บดให้เป็นผงโดยให้มีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.5.2 การทดสอบเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีแนวโน้มเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี

เนื่องจากสมบัติที่สำคัญของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นการทดสอบเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีแนวโน้มเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีจึงใช้การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีในภาคผนวก ข. ทดสอบตัวอย่างใยอาหารที่เตรียมได้เปรียบเทียบกับวิตามินอี ซึ่งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบจะใช้เกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) โดยที่ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 1 กรัม ควรมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม

3.5.3 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ขั้นตอนการเตรียมใยอาหารจากผลไม้โดยทั่วไปจะประกอบด้วย การลดขนาด การล้างด้วยน้ำ การบีบคั้นน้ำ การอบแห้ง การบดให้เป็นผง (Larrauri, 1999) ซึ่งสภาวะที่ใช้สำหรับขั้นตอนต่าง ๆ อาจมีผลต่อองค์ประกอบและคุณภาพของใยอาหารที่เตรียมได้ ดังนั้นในหัวข้อการทดลองนี้จะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนที่สำคัญในการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากวัสดุที่คัดเลือกได้จากหัวข้อ 3.5.2 ซึ่งได้แก่เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

3.5.3.1 การลดขนาดและการล้างด้วยน้ำ

ขนาดของวัตถุดิบก่อนขั้นตอนการล้างด้วยน้ำและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างมีผลต่อองค์ประกอบและคุณภาพสุดท้ายของใยอาหารที่เตรียมได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดขนาดวัตถุดิบและการล้างด้วยน้ำ โดยเตรียมวัตถุดิบให้มีขนาดต่างกัน คือ 0.5x0.5 และ 0.5x1.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน คือ อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) และ 60 องศาเซลเซียส โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านขั้นตอนการล้างน้ำ วิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ (free soluble sugar) ในวัตถุดิบสดหลังจากสะเด็ดน้ำแล้ว จากนั้นผลิตใยอาหารผงโดยนำเปลือกมะม่วงสุกที่ผ่านการลดขนาดและล้างด้วยน้ำที่สภาวะต่าง ๆ ดังกล่าวหลังจากสะเด็ดน้ำแล้วไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ บดให้เป็นผงโดยให้มีขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร นำตัวอย่างใยอาหารผงที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีในข้อ 3.5.5

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่ได้จากขั้นตอนการลดขนาดและการล้างด้วยน้ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.01 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.5.3.2 การอบแห้ง

นำวัตถุดิบที่ผ่านการลดขนาดและล้างด้วยน้ำตามสภาวะที่เหมาะสมซึ่งได้จากผลการทดลองในข้อ 3.5.4.1 มาสะเด็ดน้ำก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิต่างกันคือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส นำใยอาหารที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ค่าปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีในข้อ 3.5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.01 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.5.3.3 การบดให้เป็นผง

ขนาดอนุภาคของใยอาหารผงที่เตรียมได้จะมีผลต่อคุณภาพโดยรวมโดยเฉพาะสมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหาร ทดลองบดใยอาหารที่ผลิตได้จากสภาวะที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองในหัวข้อ 3.5.3.1 และ 3.5.3.2 ให้เป็นผงขนาดต่างกัน คือ 0.25 และ 0.5 มิลลิเมตร เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของตัวอย่างใยอาหารที่ผลิตได้ตามวิธีในข้อ 3.5.5

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันโดยวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 11.01 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

3.5.4 ศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้

นำตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ผลิตได้ตามสภาวะที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลอง ข้อ 3.5.3 มาวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญตามวิธีในข้อ 3.5.5 ดังนี้

- ปริมาณใยอาหารทั้งหมด
- ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้
- ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ
- ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

วิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังนี้

- วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH free-radical scavenging assay
- วิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันโดยวิธี ferric thiocyanate (FTC)

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของใยอาหาร ได้แก่

- ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Water holding capacity)
- ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (Oil absorption capacity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 การวิเคราะห์ทางเคมีและเคมีกายภาพที่ใช้ในการทดลอง

1) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber)

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างอาหารผงที่เตรียมได้ จะใช้วิธี Enzymatic-Gravimetric method (AOAC, 1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก ซึ่งผลิตภัณฑ์ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีควรมีองค์ประกอบที่เป็นใยอาหารไม่น้อยกว่า 50% โดยน้ำหนักแห้ง (Saura-Calixto, 1998)

2) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (free radical scavenging capacity)

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่าง จะใช้วิธี DPPH free-radical scavenging assay (Brand-Williams *et al.*, 1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข โดยเปรียบเทียบกับวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมาตรฐาน ตัวอย่างใยอาหารผง 1 กรัม ที่มีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม จะเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี (Saura-Calixto, 1998)

3) ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (inhibition of lipid oxidation)

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงจะใช้วิธี Ferric thiocyanate colorimetric method (FTC) (Kikuzaki and Nakatani 1993) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ค. โดยเปรียบเทียบกับวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมาตรฐาน ตัวอย่างใยอาหารผง 1 กรัม ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม จะเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี (Saura-Calixto, 1998)

4) ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol contents)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จะใช้วิธี Folin-Ciocalteau method โดยใช้กรดแกลลิค (gallic acid) เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน (Singleton *et al.*, 1999) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง ซึ่งโดยทั่วไปตัวอย่างที่มีปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในปริมาณที่สูงก็จะมีแนวโน้มในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี

5) ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ (soluble sugar)

การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ในตัวอย่าง จะทำโดยการคั้นน้ำ (โดยใช้อุปกรณ์บีบคั้น) จากตัวอย่างสดที่ผ่านการลดขนาด ล้างด้วยน้ำและสะเด็ดน้ำแล้วมาวัดปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ในตัวอย่างโดยใช้ Reflactometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ความสามารถในการดูดซับน้ำ (water holding capacity)

การวิเคราะห์หาความสามารถในการดูดซับน้ำของตัวอย่างจะใช้วิธีที่รายงานโดย Robertson และคณะ (2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ

7) ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (oil holding capacity)

การวิเคราะห์หาความสามารถในการดูดซับน้ำมันจะใช้วิธีที่รายงานโดย Robertson และคณะ (2000) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ฉ

3.5.6 การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพของขนมปังแซนวิช

3.5..6.1 การเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

เก็บรวบรวมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกจากร้านค้าในตลาดสดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง โดยนำมาล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นสะเด็ดน้ำ เก็บในถุงพลาสติกและนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้เตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงตามวิธีที่เหมาะสมซึ่งได้จากผลการทดลองข้อ 3.5.3 โดยบดให้มีขนาดอนุภาคประมาณ 0.5 มิลลิเมตร นำใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ สมบัติทางเคมีกายภาพคือ ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ตามวิธีที่กล่าวถึงในข้อ 3.5.5 วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ใช้วิธี DNS method (ประพันธ์ , 2538) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ช และค่าความเป็นกรด (total titrable acidity) โดยวิธีการไตเตรชันจะใช้วิธีที่รายงานโดย AOAC (1995) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ซ

3.5.6.2 การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในขนมปังแซนวิช

ผลิตขนมปังแซนวิชตามสูตรมาตรฐานดังนี้

แป้งสาลี	200 กรัม
ยีสต์	2 กรัม
น้ำตาล	30 กรัม
เกลือ	3.5 กรัม
เนยขาว	12 กรัม
น้ำ	120 กรัม
สารกันรา (แคลเซียมโปรปิโอเนต)	0.4% ของปริมาณแป้งสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการผลิตขนมปัง เริ่มจากผสมแป้ง ยีสต์และสารกันราลงในเครื่องผสม ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมที่ความเร็วต่ำ จากนั้นผสมส่วนของน้ำ น้ำตาลทรายและเกลือเข้าด้วยกัน คนให้ละลาย แล้วนำมาเติมลงในเครื่องผสม ตีส่วนผสมให้เข้ากันจนไม่มีผงแป้งเหลืออยู่ จากนั้นเติมเนยขาวแล้วตีให้เข้ากันด้วยความเร็วสูงนานประมาณ 15 นาที นำก้อนแป้งมานวดแล้วคลึงให้เป็นก้อนกลม นำไปบ่มในตู้บ่มขนมปังที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำแป้งมานวดแล้วคลึงให้เป็นก้อนกลม พร้อมกับไล่อากาศ แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มขนมปังที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสอีกครั้งนาน 10 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำแป้งมานวดแล้วคลึงให้เป็นก้อนกลม พร้อมกับไล่อากาศอีกครั้ง เมื่อเสร็จแล้วนำก้อนแป้งใส่ลงในพิมพ์ ปิดฝาให้มีช่องถ่ายเทอากาศเพียงเล็กน้อย รอให้แป้งขึ้นฟูเต็มพิมพ์ แล้วนำเข้าเตาอบอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง เมื่อขนมปังสุกนำไปพักไว้บนตะแกรงจนเย็นสนิท หั่นเป็นชิ้นบางความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร

ในการทดลองจะเตรียมขนมปังตามสูตรมาตรฐานด้วยวิธีการข้างต้น โดยทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ในระดับการทดแทน 0 %, 3 %, 5 %, 7 % และ 9 % โดยน้ำหนัก จากนั้นนำขนมปังที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1) คุณภาพทางด้านกายภาพ

- ชั่งน้ำหนักขนมปังที่ได้แต่ละตัวอย่าง
- หาปริมาตรจำเพาะขนมปัง โดยวิธี rapeseed displacement โดยใช้เมล็ดงาในการแทนที่ ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2524) ดังแสดงในภาคผนวก ฌ
- ตรวจวัดสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (chroma meter) แสดงผลในรูปของค่า L^*, a^*, b^* แล้วหาค่าความแตกต่างของสี (dE^*) จากสูตร $dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$

2) คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการ scoring test ทดสอบโดยผู้ชิมที่ได้รับการฝึกฝนเบื้องต้น 15 คน ทางด้านสี กลิ่นเปรี้ยว รสเปรี้ยว ความนุ่ม ความเหนียว ความชุ่มชื้นและการยอมรับโดยรวม กำหนดระดับคะแนนเป็น 1 ถึง 5 (1 = ระดับความเข้มของปัจจัยต่ำที่สุดและ 5= ระดับความเข้มของปัจจัยสูงที่สุด) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงในภาคผนวก ญ

3) คุณภาพทางด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของขนมปัง จะวิเคราะห์ในตัวอย่างขนมปังที่ทด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณการแทนที่ 0 % และในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดอีก 1 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

- วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในขนมปัง จะใช้วิธี Enzymatic-Gravimetric method (AOAC, 1995) โดยส่งวิเคราะห์ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในขนมปัง จะใช้วิธี Folin-Ciocalteau method ทรานายงานโดย Singleton และคณะ (1999) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ง

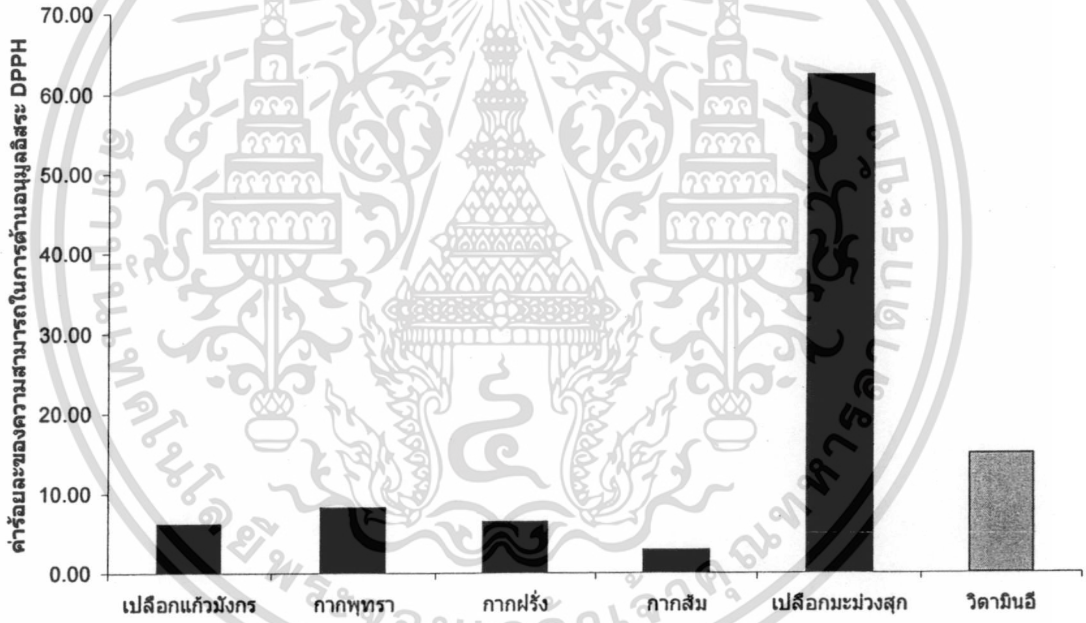
- ติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในตัวอย่าง เมื่อเก็บรักษาในถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน การวิเคราะห์ค่า TBARS ใช้วิธีที่รายงานใน Shahidi และคณะ (1985) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ฎ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบเบื้องต้นสำหรับวัตถุดิบที่มีแนวโน้มเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

จากการทดลองนำตัวอย่างวัตถุดิบ 5 ชนิด คือ เปลือกมะม่วงสุก เปลือกแก้วมังกร กากพุทรา กากฝรั่ง และกากส้มเขียวหวาน มาเตรียมใยอาหารชนิดผงตามวิธีในข้อ 3.5.1 จากนั้นนำมาเตรียมสารสกัดเพื่อใช้ในการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เปรียบเทียบกับวิตามิน-อีผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารที่เตรียมได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ชนิดต่างๆ ปริมาณ 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 มิลลิกรัม

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกจะให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็น เปลือกแก้วมังกร กากพุทรา กากฝรั่ง และกากส้มเขียวหวาน นอกจากนี้ใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกปริมาณ 1 กรัม ยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัมอีกด้วย ซึ่งเป็นไปตามข้อเสนอแนะของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่กำหนดไว้โดย Saura-Carlixto (1998) ที่ว่า

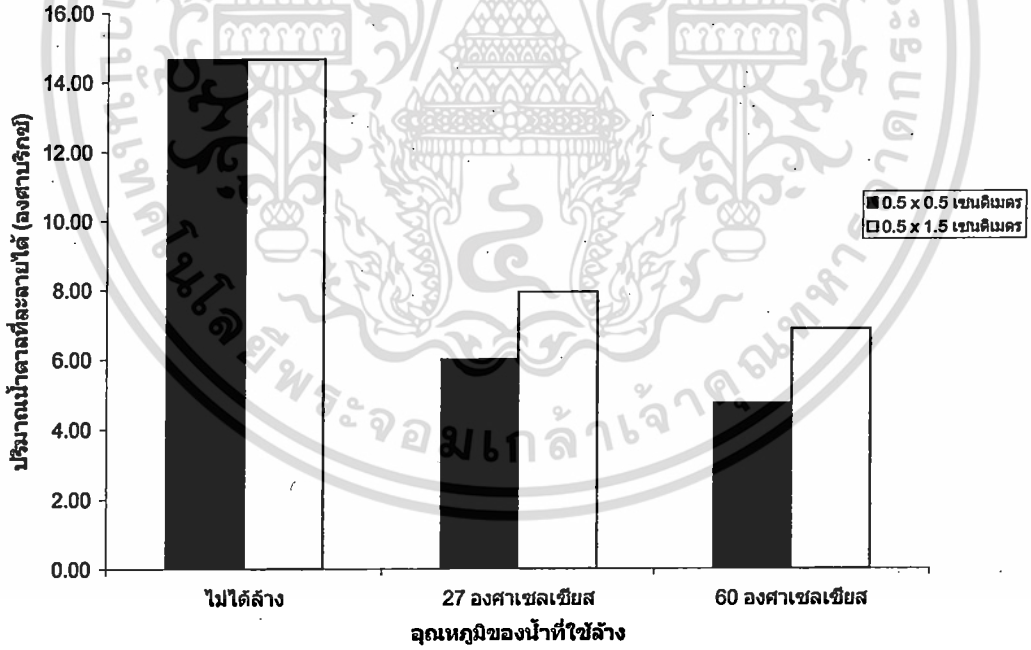
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 1 กรัม ควรมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (วิเคราะห์โดยวิธี DPPH) ในขณะที่ใยอาหารจากวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่น้อยกว่าวิตามินอี ดังนั้นในการทดลองหัวข้อถัดไปจึงเลือกใช้เปลือกมะม่วงสุกมาศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันชนิดผงต่อไป

4.2 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

4.2.1 การลดขนาดและการล้างด้วยน้ำ

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดขนาดและการล้างน้ำในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ซึ่งเหลือในเปลือกมะม่วงสุกที่ผ่านการลดขนาดและล้างน้ำที่สภาวะต่างกันและวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.2 – 4.6 และตารางที่ 4.1

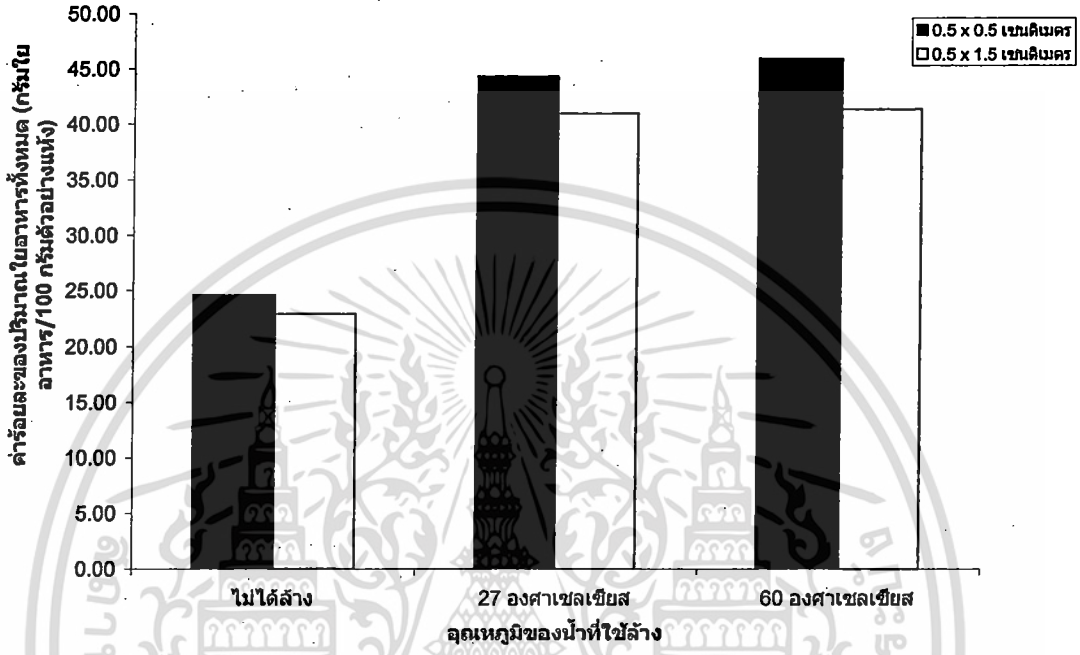


รูปที่ 4.2 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ในตัวอย่างเปลือกมะม่วงสุกที่ผ่านการลดขนาดและล้างน้ำที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำสามารถลดปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ล้างน้ำ และให้ค่าที่ลดลงมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

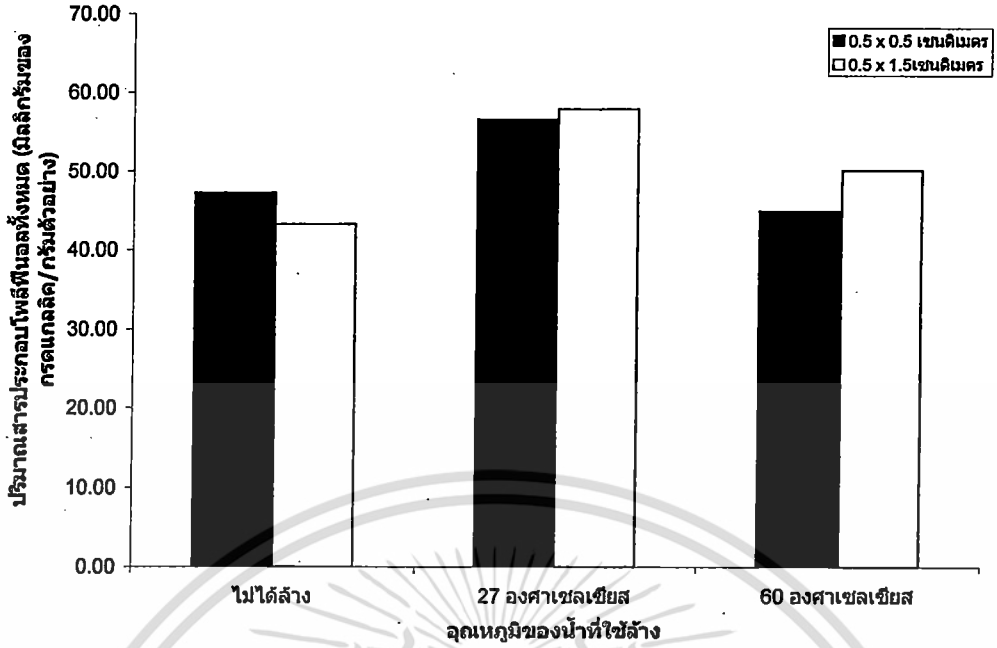
อุณหภูมิของน้ำและลดขนาดของตัวอย่างก่อนนำมาล้างด้วยน้ำ ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้สอดคล้องกับการทดลองที่รายงานโดย Larrauri (1999) พบว่า การล้างเปลือกส้มด้วยน้ำสามารถลดปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ล้างน้ำ และปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้จะลดลงมากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างและลดขนาดของตัวอย่าง



รูปที่ 4.3 ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก โดยใช้ขนาดของชิ้นเปลือกมะม่วงสุกและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน (รูปที่ 4.3) จะเห็นได้ว่าการล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำทั้งที่อุณหภูมิ 25 และ 60 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มสัดส่วนของปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้างด้วยน้ำ ทั้งนี้เนื่องจากการล้างด้วยน้ำเป็นการกำจัดน้ำตาลที่ละลายได้ออกบางส่วน สัดส่วนของปริมาณใยอาหารทั้งหมดจึงเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำดังกล่าวก็มีโอกาสทำให้เกิดการสูญเสียใยอาหารที่ละลายน้ำได้บางส่วนเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

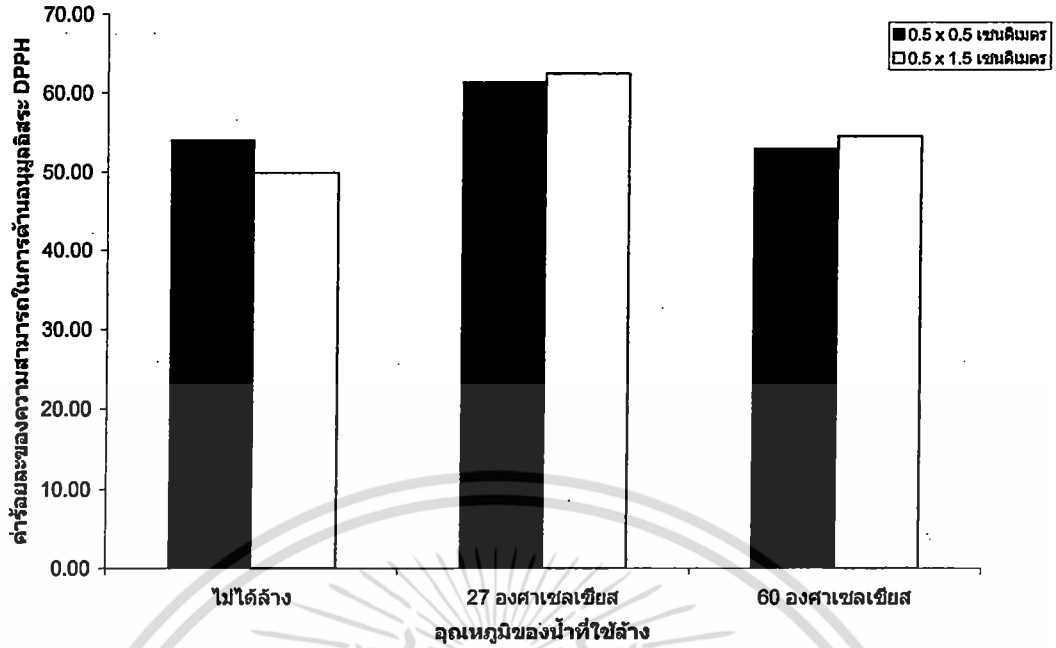


รูปที่ 4.4 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน

ผลการทดลองในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าการล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสจะทำให้ได้ใยอาหารผงที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้างหรือล้างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำอาจมีผลทำให้มีการสูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่ละลายน้ำได้โดยเฉพาะการล้างที่อุณหภูมิสูงขึ้นน่าจะมีผลต่อการถูกชะล้างของสารประกอบโพลีฟีนอลมากกว่าการล้างที่อุณหภูมิต่ำ สำหรับตัวอย่างที่ไม่ได้ล้างด้วยน้ำจะให้ค่าที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างเปลือกมะม่วงสุกที่ผ่านการล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำตาลที่สูงกว่าจะมีผลทำให้สัดส่วนของปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดลดลง

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่หั่นให้มีขนาดแตกต่างกันก่อนทำการล้างด้วยน้ำจะเห็นว่า เปลือกมะม่วงสุกที่หั่นให้มีขนาดเล็กจะเกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงกว่าเปลือกมะม่วงสุกที่หั่นให้มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Larrauri (1999) ซึ่งพบว่าในกรณีที่ขนาดของตัวอย่างเปลือกมะม่วงที่นำมาล้างด้วยน้ำมีขนาดเล็กจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่เหลืออยู่น้อยกว่าตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่

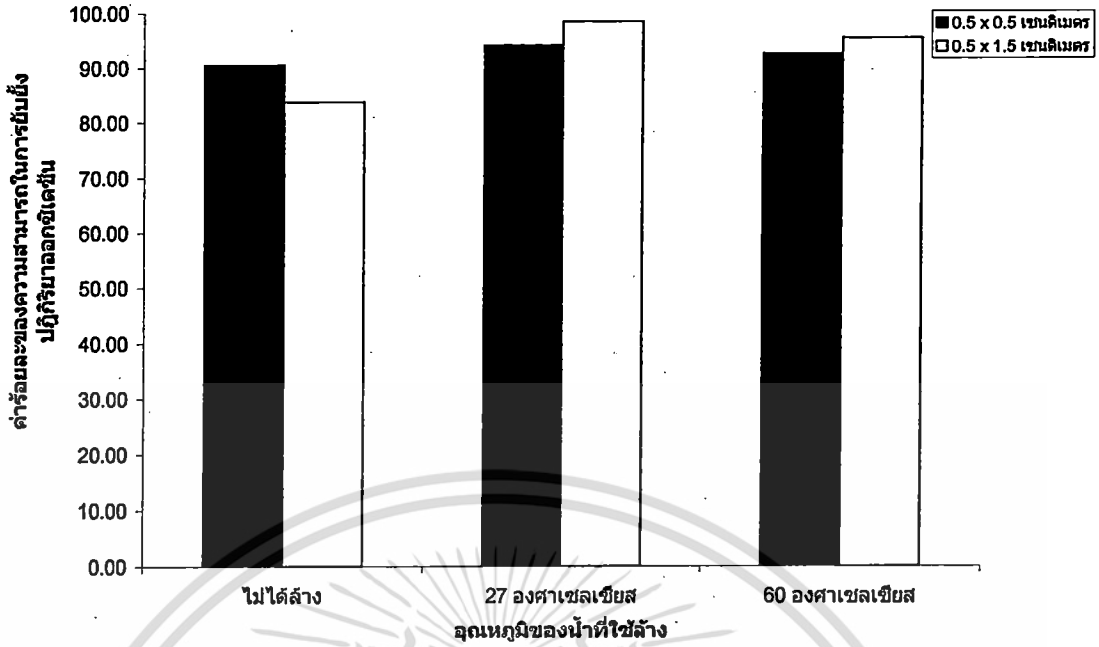
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกันดังผลการทดลองในรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าขนาดของตัวอย่างเปลือกมะม่วงสุกและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้าง มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงและสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง (รูปที่ 4.4) กล่าวคือตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง จะแสดงสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลต่ำกว่า ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า การล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและชิ้นเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดใหญ่กว่าจะให้ใยอาหารผงที่มีแนวโน้มความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าสภาวะอื่นที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างแตกต่างกันดังผลการทดลองในรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าขนาดของตัวอย่างเปลือกมะม่วงสุกและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างมีผลต่อความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงและสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง (รูปที่ 4.4) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (รูปที่ 4.5) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการล้างเปลือกมะม่วงสุกด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้องและชิ้นเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดใหญ่กว่าจะให้ใยอาหารผงที่มีความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ผ่านการล้างหรือล้างที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชิ้นเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดเล็กกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ในเปลือกมะม่วงสุก ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อขนาดของชิ้นเปลือกมะม่วงและอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้าง (องศาเซลเซียส)	ขนาดตัวอย่าง (เซนติเมตร)	น้ำตาลที่ละลายได้ที่เหลืออยู่ (บริกซ์)	ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง)	ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)	การยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (ร้อยละ)
ไม่ได้ล้าง	0.5 x 0.5	14.67 ± 0.29^{a}	24.59 ± 0.88^{d}	47.20 ± 1.10^{c}	53.99 ± 0.79^{b}	90.44 ± 2.36^{d}
	0.5 x 1.5	14.67 ± 0.29^{a}	22.92 ± 0.46^{e}	43.20 ± 1.30^{e}	49.84 ± 1.62^{c}	83.69 ± 1.35^{e}
27	0.5 x 0.5	6.0 ± 0.00^{d}	44.32 ± 0.74^{b}	56.60 ± 0.60^{a}	61.31 ± 1.07^{a}	94.07 ± 1.10^{bc}
	0.5 x 1.5	7.93 ± 0.12^{b}	40.96 ± 0.11^{c}	57.90 ± 0.50^{a}	62.40 ± 1.23^{a}	98.37 ± 0.15^{a}
60	0.5 x 0.5	4.73 ± 0.23^{e}	45.92 ± 0.23^{a}	44.90 ± 0.40^{c}	52.86 ± 1.83^{bc}	92.52 ± 1.37^{cd}
	0.5 x 1.5	6.87 ± 0.23^{c}	41.34 ± 0.28^{c}	50.10 ± 1.10^{b}	54.46 ± 2.97^{b}	95.34 ± 1.69^{b}

หมายเหตุ : 1) ค่าต่างๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

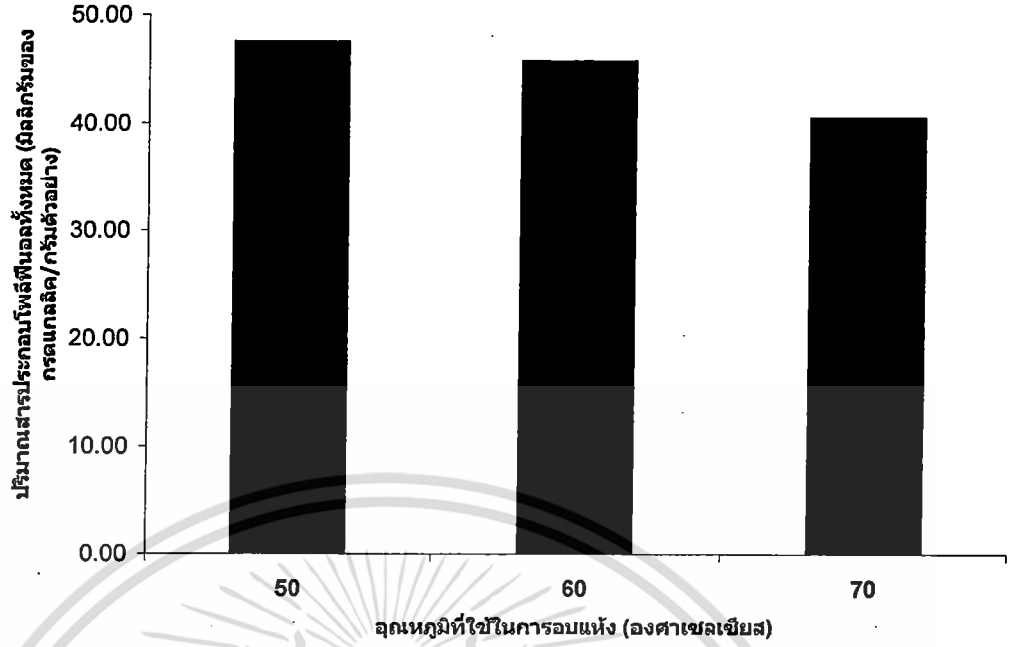
2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อนำข้อมูลจากการศึกษาทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (ตารางที่ 4.1) เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการลดขนาดและการล้างน้ำสำหรับการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก พบว่าตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร และตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 0.5 x 1.5 เซนติเมตร ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างคือ 27 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที จะให้ค่าต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการลดขนาดของตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร เหมาะกับการใช้เครื่องบดมากกว่าการใช้มีดตัด ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้มีดตัดให้มีขนาดเล็กลงดังนั้นตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 0.5 x 1.5 เซนติเมตร จะทำได้สะดวกกว่า จึงเลือกสภาวะเหมาะสมที่จะนำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป คือ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 0.5 x 1.5 เซนติเมตร และอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ล้างคือ 27 องศาเซลเซียสหรืออุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที ทั้งนี้เนื่องจากใยอาหารที่เตรียมได้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดีที่สุด ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดต่ำกว่าสภาวะอื่นๆ ก็ตาม แต่ทั้งนี้ก็ถือว่ามีปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่จัดว่าสูงแล้วเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารโดยทั่วไปที่ใช้เป็นแหล่งของใยอาหาร เช่น ใยอาหารที่ได้จากผักซึ่งมีปริมาณ 28 – 30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (John and Southgate, 1994)

4.2.2 การอบแห้ง

จากการทดลองเตรียมใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกตามวิธีในรูปที่ 3.1 โดยใช้เปลือกมะม่วงสุกที่หั่นให้มีขนาด 0.5 x 1.5 เซนติเมตร และล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที โดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง (50, 60, 70 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการอบแห้งเพื่อให้ตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 18, 14 และ 10 ชั่วโมง ตามลำดับ) นำตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้วิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.7 – 4.9 และตารางที่ 4.2

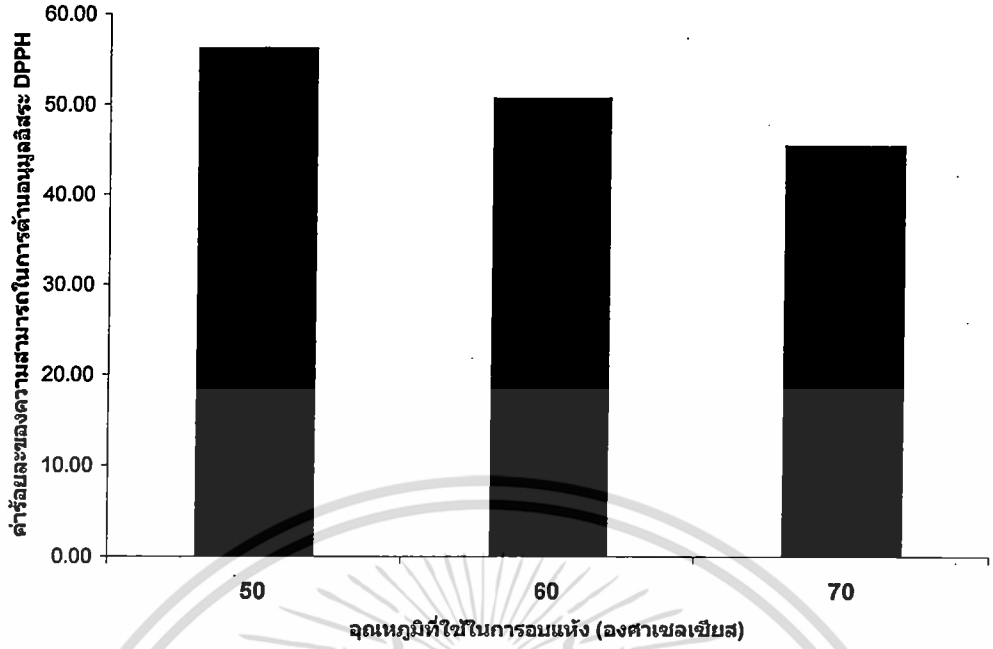
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน

ผลการทดลองในรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกลดลง ซึ่งข้อมูลที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Larrauri และคณะ1997 ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งต่อปริมาณโพลีฟีนอลในกากองุ่นแดงพบว่า การทำแห้งที่อุณหภูมิ 100 และ140 องศาเซลเซียสจะมีผลทำให้ปริมาณโพลีฟีนอลในกากองุ่นแดงลดลง 18.6 และ 32.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งจะทำให้เกิดการปลดปล่อยสารประกอบโพลีฟีนอลที่จับอยู่ในใยอาหารจากการเสื่อมสลายของลิกนินซึ่งนำไปสู่การปลดปล่อยอนุพันธ์ของโพลีฟีนอล หรือเป็นจุดเริ่มต้นของการเสื่อมสลายของสารประกอบโพลีฟีนอลด้วยความร้อน (Millard and Berset, 1995)

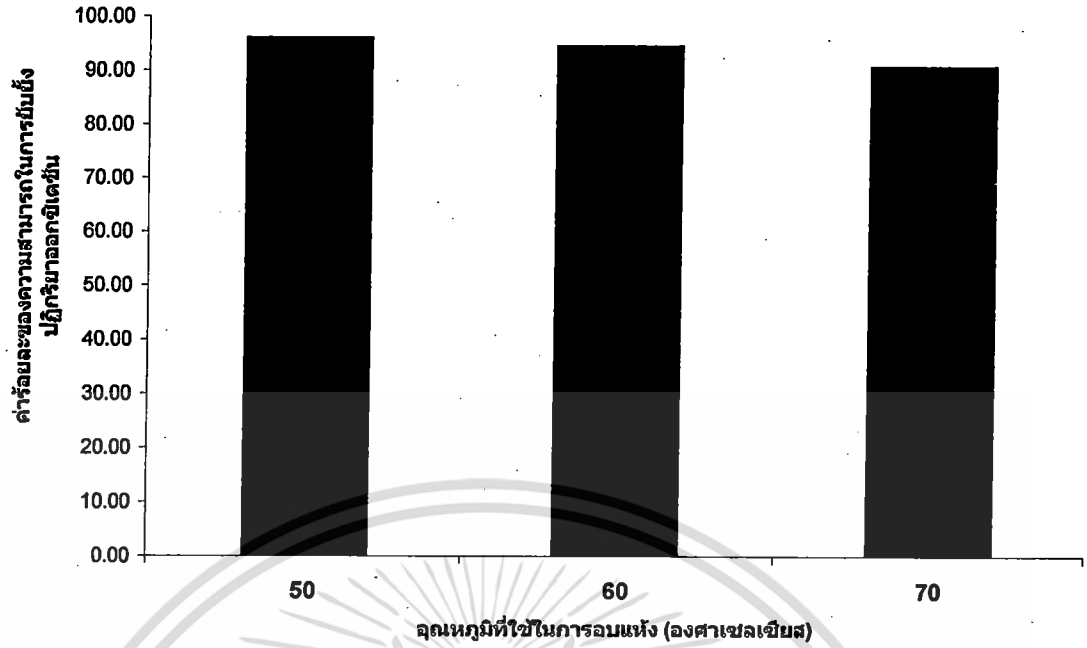
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่ใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน คือ 50, 60, และ 70 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4.8) จะเห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุก มีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงและสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง (รูปที่ 4.7) กล่าวคือตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดสูง จะแสดงสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลต่ำกว่า ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียสในการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุกจะให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกันดังผลการทดลองในรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุกมีผลต่อค่าความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้ในลักษณะที่คล้ายคลึงและสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (รูปที่ 4.7) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (รูปที่ 4.8) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียสในการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุกจะให้ค่าความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าที่ 60 และ 70 องศาเซลเซียส

เมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุก พบว่าการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุกที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ใยอาหารผงที่เตรียมได้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล และความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันสูงสุดไม่แตกต่างกัน แต่การอบแห้งเปลือกมะม่วงสุกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สูงกว่า ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป คือ นำเปลือกมะม่วงสุกซึ่งมีขนาด 0.5 x 1.5 เซนติเมตร และผ่านการล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาทีมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)	ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (ร้อยละ)
50	47.56 ± 1.54^{a}	56.20 ± 3.70^{a}	96.03 ± 0.09^{a}
60	45.77 ± 2.26^{a}	50.68 ± 1.21^{b}	94.53 ± 1.15^{a}
70	40.56 ± 0.68^{b}	45.40 ± 2.68^{b}	90.83 ± 1.06^{b}

หมายเหตุ : 1) ค่าต่าง ๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

2) ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2.3 การบดให้เป็นผง

จากการทดลองเตรียมใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการลดขนาดและการล้างด้วยน้ำซึ่งได้จากผลการทดลองข้อ 4.2.1 และอบแห้งเปลือกมะม่วงสุกจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ตามสภาวะที่เหมาะสมซึ่งได้จากผลการทดลองข้อ 4.2.2 จากนั้นนำเปลือกมะม่วงสุกอบแห้งมาบดให้เป็นผงให้มีขนาดอนุภาคต่างกันคือ 0.25 และ 0.50 มิลลิเมตร นำตัวอย่างที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่มีขนาดอนุภาคแตกต่างกัน

ขนาดอนุภาค (มิลลิเมตร)	ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง)	ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง)
0.25	5.22 ± 0.71^{b}	1.63 ± 0.13^{c}
0.50	5.86 ± 0.21^{a}	1.98 ± 0.30^{c}

หมายเหตุ : ค่าต่างๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในดังตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าจะให้ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูงกว่าใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า ในขณะที่ค่าดูดซับน้ำมันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารจากมะนาว ของ Lario (2004) ซึ่งพบว่าความสามารถในการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น

อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกที่มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันเป็นเพียงการบอกค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันเท่านั้น สำหรับขนาดที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความชุ่มชื้น หรือต้องการทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถอุ้มความชื้นไว้ได้มากและนานขึ้น ควรเลือกใช้ใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ หรือในผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชันอาจไม่เหมาะสมหากเลือกใช้ใยอาหารที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันต่ำซึ่งอาจทำให้เกิดการแยกชั้นของไขมันในผลิตภัณฑ์ได้

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างใยอาหารผงที่ได้จากเปลือกมะม่วงสุกโดยสรุปแสดงดังรูปที่ 4.10 ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาทั้งหมดมีดังต่อไปนี้ คือ นำเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะม่วงสุกมาล้างน้ำเพื่อทำความสะอาด และนำไปหั่นให้มีขนาด 0.5 x 1.5 เซนติเมตร จากนั้นจึงล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เพื่อกำจัดน้ำตาลที่ละลายได้ออกบางส่วน แล้วจึงนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ และบดให้เป็นผงให้มีขนาดเหมาะตามวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้ต่อไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ตัวอย่างใยอาหารผงที่ได้จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบและสมบัติทางเคมีกายภาพในหัวข้อที่ 4.3 ต่อไป

รูปที่ 4.10 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

4.3 การศึกษาองค์ประกอบและสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

นำตัวอย่างใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่เตรียมได้โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมดังรูปที่ 4.10 แล้ววิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ โพลีฟีนอลทั้งหมด ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4-4.6

4.3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญ

จากการนำตัวอย่างใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่เตรียมได้โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม แล้ววิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณของใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

องค์ประกอบ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ใยอาหารทั้งหมด (กรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	45.57 ± 4.30
ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (กรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	18.08 ± 3.04
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (กรัม/100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	27.49 ± 3.67
ปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่างแห้ง)	69.21 ± 2.37

หมายเหตุ : ค่าต่างๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

ผลการทดลองในตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกประกอบด้วยปริมาณใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 45.57 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งจัดว่ามีองค์ประกอบของใยอาหารอยู่ในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่เป็นแหล่งของใยอาหารชนิดอื่น รวมถึงมีความสมดุลในสัดส่วนของปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ร้อยละ 18.08 โดยน้ำหนักแห้ง และปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 27.49 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกยังเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ สารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงถึง 69.21 มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าร้อยละของความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและค่าร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

ตัวอย่าง	ร้อยละของความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน	ร้อยละความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH
ใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม	89.99 ± 0.85	88.11 ± 1.23
วิตามินอี	83.82 ± 1.72 วิตามินอี 200 มิลลิกรัม	14.87 ± 1.67 วิตามินอี 50 มิลลิกรัม

หมายเหตุ : ค่าต่างๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในตารางที่ 4.5 จะเห็นว่า ใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกมีค่าความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ร้อยละ 89.99 และ 88.11 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของวิตามินอีปริมาณ 200 และ 50 มิลลิกรัมจะเห็นได้ว่า ใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม มีค่าร้อยละของความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าค่าที่ได้จากวิตามินอีปริมาณ 200 มิลลิกรัมเล็กน้อย แต่ในส่วนของค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จะเห็นว่าใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าวิตามินอีจำนวน 50 มิลลิกรัมถึง 6 เท่า

4.3.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมัน

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่มีขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

สมบัติที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง)	6.46 ± 0.35
ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง)	1.50 ± 0.17

หมายเหตุ : ค่าต่างๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 จะเห็นว่า ใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 6.46 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งค่าที่วิเคราะห์ได้นี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของใยอาหารที่ได้จากแครอทและส้มซึ่งมีค่า 6.54 และ 5.02 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าใยอาหารที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ เซลลูโลส และใยอาหารจากข้าวโอ๊ตซึ่งมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ 2.78 และ 2.32 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้งตามลำดับ ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูงมีประโยชน์ต่อสุขภาพในเรื่องของการขับถ่ายและช่วยชะลอไม่ให้กระเพาะอาหารว่าง นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้อีกด้วย (Brock-Lundberg, 2005)

เมื่อพิจารณาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.50 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง โดยมีค่าใกล้เคียงกับใยอาหารที่ได้จากข้าวโอ๊ตซึ่งมีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 1 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง (Wesche-Ebeling, 2005) และมีค่าน้อยกว่าค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันที่ได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการคั้นน้ำมะนาวซึ่งมีค่า 6.7 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง (Lario, 2004) ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกเหมาะที่จะนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีใยอาหารที่สูง พลังงานต่ำ และมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มชุ่มชื้น

4.4 การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกต่อคุณภาพของขนมปังแซนด์วิช

4.4.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่เก็บรวบรวมได้จากร้านค้าในปริมาณมาก (10 กิโลกรัม) จากนั้นศึกษาสมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก โดยวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ความสามารถในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 สมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

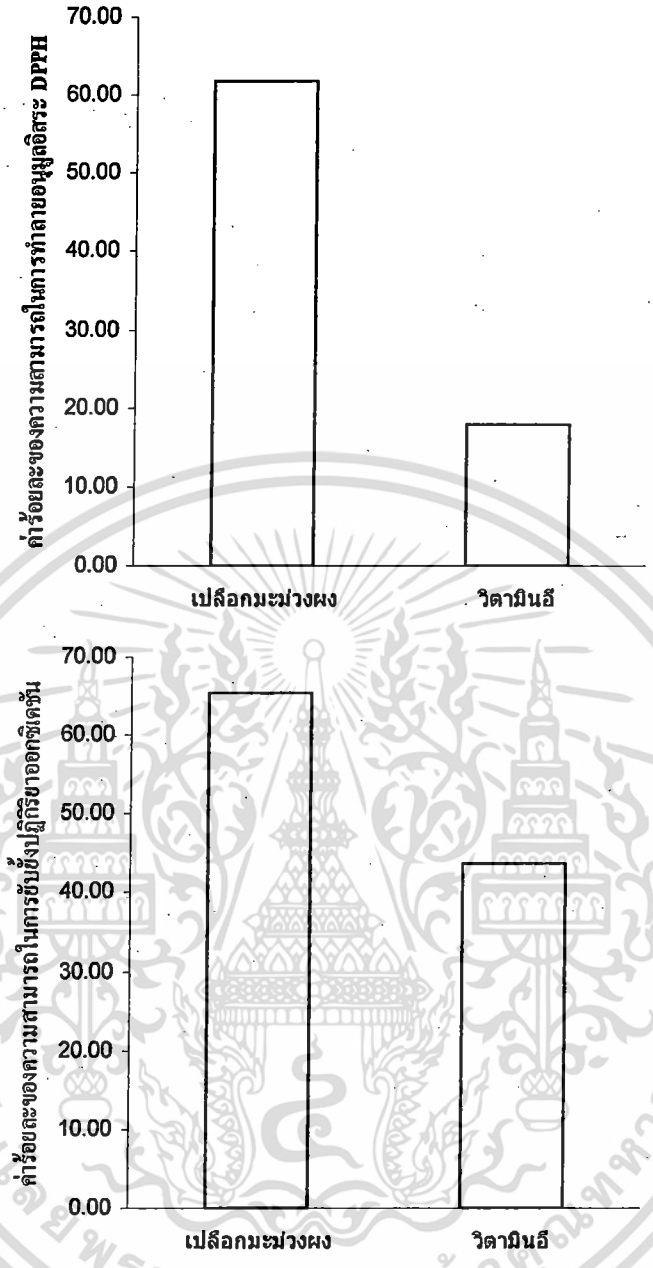
สมบัติทางเคมีกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (%โดยน้ำหนักแห้ง)	50.95*
ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง)	95.11 $\pm$ 0.17
ปริมาณกรดทั้งหมด (%โดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับกรดมาลิก)	1.59 $\pm$ 0.04
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง)	1.41 $\pm$ 0.02
ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัมของน้ำ / กรัมใยอาหารผง)	5.87 $\pm$ 0.09
ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (กรัมของน้ำมัน / กรัมใยอาหารผง)	1.45 $\pm$ 0.07

หมายเหตุ: ค่าต่าง ๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

* เป็นค่าที่ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (โดยวิธี FTC) ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 และ 200 มิลลิกรัม แสดงดังรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (ก) และความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยวิธี FTC (ข) ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 มิลลิกรัม (ก) และ 200 มิลลิกรัม (ข)

เมื่อพิจารณาถึงวัตถุดิบที่มีแนวโน้มในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ตามหลักเกณฑ์ที่นำเสนอโดย Saura-Calixto (2003) 3 ข้อ คือ

1. วัตถุดิบที่มีแนวโน้มในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ควรมีปริมาณใยอาหารมากกว่า 50 % ของน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. 1 กรัม ของอาหารที่มีสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควรจะมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (เมื่อตรวจวัดด้วยวิธี FTC) และควรมีความสามารถในการทำลาย อนุมูลอิสระ (free radical) ได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (เมื่อตรวจวัดด้วยวิธี DPPH)
3. ความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ต้องเป็นคุณสมบัติที่มีอยู่แล้วภายในตัววัตถุดิบตามธรรมชาติ ไม่ใช่ด้วยวิธีการเติมลงไป หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมี หรือปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการเตรียม

จากข้อมูลในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เตรียมได้ มีสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 50.95 % โดยน้ำหนักแห้ง ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัมมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 65.30 $\pm$ 0.32 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 200 มิลลิกรัม ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 43.78 $\pm$ 0.15 % (รูปที่ 4.11 ก) และมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้เท่ากับ 61.79 $\pm$ 0.70 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัมที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 17.89 $\pm$ 0.19 % (รูปที่ 4.11 ข)

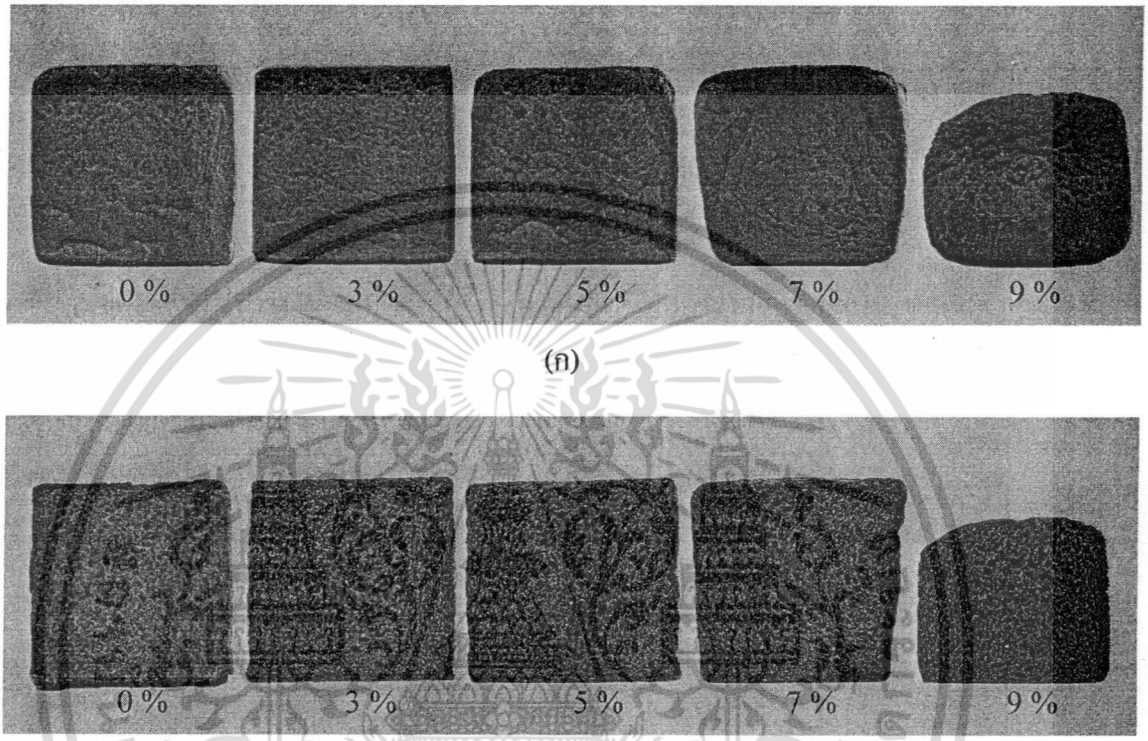
เมื่อพิจารณาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เตรียมได้ในหัวข้อนี้ มีค่าแตกต่างไปจากผลการทดลองที่ได้ในข้อ 4.3.1 และ 4.3.2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน รวมทั้งช่วงเวลาของการรวมรวมวัตถุดิบก็ต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ปริมาณกรดทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เตรียมได้มีค่าเท่ากับ 1.59 $\pm$ 0.04 %โดยน้ำหนักแห้งเทียบกับกรดมาลิค และ1.41 $\pm$ 0.02 มิลลิกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

4.4.2 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกต่อคุณภาพทางกายภาพของขนมปัง

เมื่อทดลองเตรียมขนมปังแซนด์วิชตามสูตรมาตรฐาน โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ในปริมาณการแทนที่ 0 %, 3 %, 5 %, 7 % และ 9 % โดยน้ำหนักตามลำดับ ขนมปังที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.12 และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กายภาพของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกดังกล่าว โดยชั่งน้ำหนักขนมปังที่ได้แต่ละตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบ (weight loss) ของขนมปัง และหาปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยวิธี rapeseed displacement ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.8



รูปที่ 4.12 ลักษณะเปลือก (ก) และเนื้อใน (ข) ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักที่สูญเสียหลังจากการอบและปริมาตรของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ กัน

ปริมาณใยอาหารผง (% โดยน้ำหนัก)	น้ำหนักของขนมปังที่สูญเสียหลังจากการอบ (%)	ปริมาตรของขนมปัง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)
0	11.58	1,150
3	11.43	1,150
5	11.27	1,140
7	10.97	1,130
9	10.00	650

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีในขนมปังด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น น้ำหนักของขนมปังที่สูญเสียภายหลังจากการอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ทำให้เมื่อเติมปริมาณใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในขนมปังเพิ่มมากขึ้น ขนมปังที่ได้จะสามารถกักเก็บความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ส่งผลให้การสูญเสียความชื้นน้อยลงนั่นเอง

เมื่อพิจารณาปริมาตรของขนมปัง พบว่า ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณ 0 % และ 3 % โดยน้ำหนัก มีปริมาตรเท่ากับ 1,150 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งเท่ากับปริมาตรของพิมพ์ขนมปังที่ใช้ในการผลิต ในขณะที่ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในขนมปังในปริมาณ 5 %, 7 % และ 9 % โดยน้ำหนัก ปริมาตรของขนมปังจะลดลง โดยมีปริมาตรเท่ากับ 1,140, 1,130 และ 650 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เติมลงไปมีความเป็นกรด (ค่าความเป็นกรดทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 1.59 $\pm$ 0.04 % โดยน้ำหนัก ในรูปของกรดมาลิก) ซึ่งการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกทดแทนแป้งสาลีในปริมาณมากขึ้น ย่อมทำให้ขนมปังมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น ซึ่งไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ทำให้การขึ้นฟูของขนมปังเกิดขึ้นน้อยลง ขนมปังที่ได้จึงมีปริมาตรลดลง และสาเหตุอีกประการหนึ่งอาจเนื่องมาจาก เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ในปริมาณสูงขึ้น ปริมาณแป้งสาลีซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดโครงสร้างของโดขนมปังมีปริมาณลดลง ทำให้คุณภาพของโดลดลง ส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลงได้ อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณไม่เกิน 7 % มีผลต่อปริมาตรของขนมปังที่ได้น้อยมาก

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีของขนมปัง ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ เปรียบเทียบกับขนมปังตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผง โดยการตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดสี ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.9 จากข้อมูลในตาราง จะเห็นได้ว่าเปลือกและเนื้อในของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะมีค่าความแตกต่างของสีของค่าความสว่าง (dL*) เป็นค่าลบมากขึ้น แสดงว่าขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงในปริมาณที่มากขึ้น จะสว่างน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ในขณะเดียวกันเปลือกและเนื้อในของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่าความแตกต่างของสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ

ปริมาณใยอาหารผง (% โดยน้ำหนัก)	สีเปลือกขนมปัง				สีเนื้อในขนมปัง			
	dL*	da*	db*	dE*	dL*	da*	db*	dE*
3	-9.38	0.49	-5.37	10.82	-13.2	8.48	18.96	24.61
5	-13.56	0.13	-8.62	16.07	-15.62	9.12	17.82	25.39
7	-19.82	-0.40	-12.86	23.63	-22.34	10.32	16.86	27.32
9	-25.43	-1.45	-19.49	32.07	-35.67	10.91	5.66	37.73

หมายเหตุ 1) ตัวอย่างควบคุม คือ ขนมปังที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก

2) $dL^* = L^*$ ของตัวอย่าง $- L^*$ ของตัวอย่างควบคุม

$da^* = a^*$ ของตัวอย่าง $- a^*$ ของตัวอย่างควบคุม

$db^* = b^*$ ของตัวอย่าง $- b^*$ ของตัวอย่างควบคุม

3) $dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$

อาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณเพิ่มขึ้น จะมีค่า da* และ db* ลดลงด้วย

จากรูปที่ 4.12 เมื่อสังเกตสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่าง ๆ ด้วยสายตา จะเห็นว่าขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะมีสีออกน้ำตาลเข้มเพิ่มมากขึ้น โดยมีสีเหมือนกับขนมปังช็อคโกแลต ทั้งนี้เนื่องจากสีของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีสีน้ำตาลอยู่แล้ว นอกจากนี้การที่ใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีน้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบ (จากการวิเคราะห์มีค่า เท่ากับ 1.41 $\pm$ 0.02 มิลลิกรัมกลูโคส / กรัม) จะเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งทำให้ขนมปังเกิดสีน้ำตาลเข้มได้ ดังนั้นตัวอย่างขนมปังที่มีการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณมากขึ้น จึงมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นด้วย

4.4.3 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปัง ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ในปริมาณการแทนที่ 0 %, 3 %, 5 %, 7 % และ 9 % โดยน้ำหนัก ด้วยวิธี Scoring test โดยทดสอบผู้ชิมที่ได้รับการฝึกฝนเบื้องต้น 15 คน ทางด้านสี กลิ่นเปรี้ยว รสเปรี้ยว ความนุ่ม ความเหนียว ความชุ่มชื้นและการยอมรับโดยรวม และกำหนดระดับคะแนนเป็น 1 ถึง 5 (1 = ระดับความเข้มของปัจจัยต่ำที่สุด, 5 = ระดับความเข้มของปัจจัยสูงที่สุด) ได้ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.10

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น คุณภาพด้านสี กลิ่นและรสเปรี้ยวของขนมปังที่ได้จะมีคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นั่นคือ ขนมปังที่ได้มีความเข้มของสี กลิ่นเปรี้ยวและรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความนุ่ม ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของขนมปัง จะลดลงเมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ในปริมาณที่มากขึ้น สำหรับคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชุ่มชื้น ที่ทุกระดับการทดแทนพบว่ามีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับการทดลองของจันทนาและพรพรรณ (2542) ที่รายงานว่าเมื่อเสริมใยอาหารจากซังขนุนในผลิตภัณฑ์ขนมปังในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะทำให้สีของขนมปังเข้มขึ้น ปริมาตรและขนาดของโพรงอากาศลดลง เนื้อสัมผัสกระด้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Scoring test ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ที่ระดับการทดแทนต่าง ๆ กัน

ปัจจัยที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยแต่ละเปอร์เซ็นต์แป้ง				
	0 %	3%	5%	7%	9%
สี	1.27^{a}	2.07^{b}	2.93^{c}	4.27^{d}	4.73^{e}
กลิ่นเปรี้ยว	1.40^{a}	2.33^{b}	3.27^{c}	3.93^{d}	4.07^{d}
รสเปรี้ยว	1.20^{a}	1.93^{b}	2.87^{c}	3.67^{d}	3.73^{d}
ความนุ่ม	4.27^{d}	3.40^{c}	2.87^{bc}	2.40^{ab}	1.93^{a}
ความเหนียว	3.73^{b}	2.93^{ab}	2.87^{ab}	2.67^{a}	2.20^{a}
ความชุ่มชื้น	3.07^{ns}	2.73^{ns}	2.87^{ns}	3.00^{ns}	3.07^{ns}
การยอมรับโดยรวม	4.07^{c}	3.73^{bc}	3.20^{b}	2.27^{a}	2.00^{a}

หมายเหตุ : ตัวอักษรด้านขวาที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

นอกจากนี้ยังพบว่า ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณ 3 % และ 5 % โดยน้ำหนักแป้งสาลี มีคะแนนเฉลี่ยของทุกปัจจัยที่ทดสอบในระดับที่มีแนวโน้มในการยอมรับได้ จึงวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังทั้ง 2 ตัวอย่างอีกครั้งด้วยวิธี Hedonic scale test เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการแทนที่แป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับ โดยทดสอบผู้ชิมที่ได้รับการฝึกฝนเบื้องต้น 15 คน ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.11

จากตารางที่ 4.11 เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยที่ทำการทดสอบด้วยวิธี t-test พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยที่ทำการทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณการแทนที่ได้ถึง 5% โดยน้ำหนักแป้งสาลี โดยเฉพาะถ้ามีการปรับปรุงกลิ่นรสของขนมปังเพื่อบดบังกลิ่นรสเปรี้ยวของใยอาหารผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale test ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก 3% และ 5% โดยน้ำหนักแป้งสาลี

ปัจจัยที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ยแต่ละเปอร์เซ็นต์แป้ง	
	3%	5%
สี	4.80^{ns}	4.53^{ns}
กลิ่นเปรี้ยว	5.20^{ns}	5.13^{ns}
รสเปรี้ยว	4.53^{ns}	4.80^{ns}
ความนุ่ม	4.60^{ns}	5.27^{ns}
ความเหนียว	4.93^{ns}	5.00^{ns}
ความชุ่มชื้น	4.40^{ns}	4.60^{ns}
การยอมรับโดยรวม	5.20^{ns}	5.20^{ns}

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.4.4 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกต่อคุณภาพทางเคมีของขนมปัง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ของขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ในปริมาณการแทนที่ต่าง ๆ กัน ด้วยวิธี Scoring test พบว่า ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณการแทนที่ 3 % และ 5 % โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงใกล้เคียงกัน และได้รับการยอมรับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p. \leq 0.05$) เมื่อทดสอบด้วยวิธี Hedonic scale test ในการศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพทางเคมีของขนมปังนี้ จึงเลือกศึกษาคุณภาพทางเคมีในขนมปัง ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะ-ม่วงสุกที่ระดับ 3 % และ 5 % โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างขนมปังทั้ง 2 ตัวอย่างข้างต้น เปรียบเทียบกับขนมปังตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด และปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ในตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

ปริมาณใยอาหารผง (% โดยน้ำหนัก)	ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (% โดยน้ำหนักแห้ง)		ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค/ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการวิเคราะห์
0 (ตัวอย่างควบคุม)	0	4.36*	0	154.38
3	4.07	ไม่ได้วิเคราะห์	253.73	387.14 (232.76)
5	6.89	8.56*(4.20)	427.16	507.62 (353.24)

หมายเหตุ *เป็นค่าที่ส่งวิเคราะห์ที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวเลขในวงเล็บได้จากการนำค่าที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละตัวอย่างลบกับค่าที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างควบคุม

จากตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ขนมปังจะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นด้วย ปริมาณใยอาหารทั้งหมดแบ่งพิจารณาเป็น 2 ค่า คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยในขนมปังควบคุมที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ค่าที่ได้จากการคำนวณจะสมมุติให้เท่ากับ 0 % (โดยน้ำหนักแห้ง) และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 4.36 % (โดยน้ำหนักแห้ง) แสดงให้เห็นว่าในขนมปังควบคุมมีปริมาณใยอาหารอยู่ด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในขนมปังควบคุมมีส่วนประกอบอื่นที่เป็นแหล่งของใยอาหาร ซึ่งอาจได้แก่ แป้งสาลี โดยตามข้อมูลของ นิธิยา (2543) แป้งสาลีโดยทั่วไปมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 3.60 % นอกจากนี้พบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % โดยน้ำหนัก (ปริมาณ 10 กรัม) เมื่อคำนวณโดยคิดปริมาณใยอาหารทั้งหมด ในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกเท่ากับ 50.95% โดยน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4.7) ในขนมปังที่ได้ควรมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 6.89 % (โดยน้ำหนักแห้ง) แต่จากการวิเคราะห์พบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 8.56 % (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งคิดเป็นปริมาณใยอาหารที่ได้ใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกที่เติมลงไปเท่ากับ 4.20 % (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตขนมปังโดยเฉพาะขั้นตอนการอบที่อุณหภูมิสูง (180 องศาเซลเซียส) อาจมีผลต่อการสูญเสียใยอาหารได้ โดยเฉพาะใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จะถูกทำลายได้เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูง (Tatjana *et al.* 2002)

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในขนมปังพบว่า เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ในปริมาณมากขึ้น ขนมปังจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นด้วย ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดแบ่งพิจารณาเป็น 2 ค่า คือค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยในขนมปังควบคุม ที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณจะสมมุติให้มีค่าเท่ากับ 0 แต่ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 154.38 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง แสดงให้เห็นว่าในขนมปังควบคุมมีส่วนประกอบอื่นที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งอาจได้แก่ แป้งสาลี และพบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 3 % โดยน้ำหนัก (ปริมาณ 6 กรัม) เมื่อคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (จากตารางที่ 4.7 ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 95.11 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง) ในขนมปังควรมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 253.73 มิลลิกรัม /100 กรัมตัวอย่างแห้ง แต่จากการวิเคราะห์ พบว่าในขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 3 % มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 387.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งเป็นปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่ได้จากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกเพียง 232.76 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง จะเห็นว่าขนมปังที่ได้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดต่ำกว่าค่าจากการคำนวณเล็กน้อย และในทำนองเดียวกัน ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % โดยน้ำหนัก (ปริมาณ 10 กรัม) เมื่อคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในขนมปังควรมีค่าเท่ากับ 427.16 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง แต่จากการวิเคราะห์พบว่าในขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 507.62 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง ซึ่งคิดเป็นปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่ได้จากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก เพียง 353.24 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัม จะเห็นว่ามีปริมาณต่ำกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณถึง 73.92 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง หรือสูญเสียไปประมาณ 17.3 % ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารประกอบโพลีฟีนอลในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกถูกทำลายไปในระหว่างกระบวนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wang และ Zhou (2004) ที่พบว่าสารประกอบคาเทชิน (catechins) ซึ่งเป็นโพลีฟีนอลจากสารสกัดชาเขียวที่เติมลงในสูตรขนมปัง จะมีปริมาณลดลงประมาณ 10-20 % ในขนมปังที่เตรียมได้เนื่องจากถูกทำลายไปโดยความร้อนในระหว่างการอบ และระดับการสูญเสียจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณของสารประกอบคาเทชินที่เติมลงในขนมปังมากขึ้น

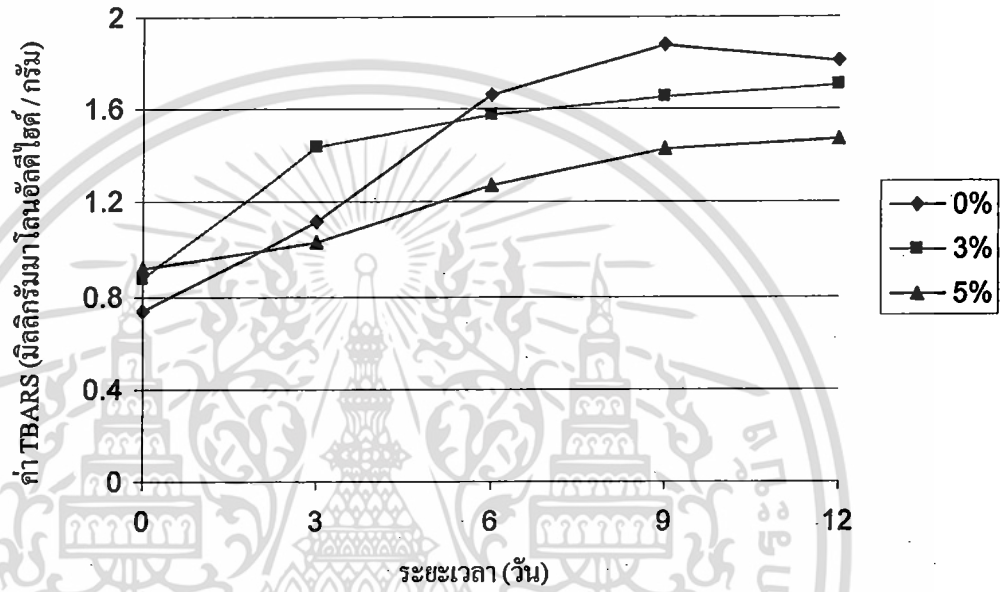
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารทั้งหมดในขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลี ด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่ระดับ 5% โดยน้ำหนัก กับขนมปังไฮไฟเบอร์ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไปพบว่า ขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 5.90 % โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งต่ำกว่าขนมปังไฮไฟเบอร์ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป (ยี่ห้อการ์ดิเนีย) ที่มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 8.77 % โดยน้ำหนักเปียก อย่างไรก็ตามขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % จะมีปริมาณของสารประกอบโพลีฟีนอลซึ่งเป็นสารพฤกษเคมีที่มีสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

จากการทดลองติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 0 %, 3 % และ 5 % โดยน้ำหนัก โดยเก็บรักษาในถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน ซึ่งค่า TBARS เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.13

จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่า ในวันแรกของการเก็บรักษาตัวอย่างขนมปังในถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิห้อง ขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกทั้ง 2 ตัวอย่าง มีค่า TBARS ที่ใกล้เคียงกันในขณะที่ขนมปังตัวอย่างควบคุม (0 %) มีค่า TBARS ต่ำที่สุด และเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างขนมปังไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น ค่า TBARS ของขนมปังทั้ง 3 ตัวอย่างจะมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยพบว่า หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ขนมปังตัวอย่างควบคุมจะมีค่า TBARS สูงที่สุด รองลงมาคือ ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในระดับ 3% และ 5% โดยน้ำหนักตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่เติมลงไปในขนมปัง มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ ทำให้ค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีค่าต่ำกว่าในตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวในปริมาณที่สูงขึ้นก็จะลดอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ได้ดีขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นชัดเจนว่า สารประกอบโพลีฟีนอลในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในขนมปังได้ เปลือกมะม่วงสุกจึงเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี



รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณต่างกัน

เป็นที่น่าสังเกตว่า ตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผง มีค่า TBARS เริ่มต้นในวันที่ 0 สูงกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีค่า TBARS ระดับหนึ่งอยู่แล้ว และเมื่อวิเคราะห์ค่า TBARS ในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.783 ± 0.00 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ / กรัม ดังนั้นการที่ตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก โดยเฉพาะที่ระดับการทดแทน 3 % โดยน้ำหนัก มีค่า TBARS สูงกว่าตัวอย่างควบคุมในช่วงระยะเวลา 3 วันแรกของการเก็บรักษา จึงมีสาเหตุมาจากค่า TBARS ที่ตรวจพบอยู่ก่อนแล้วในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการคัดเลือกวัสดุเหลือทิ้งจากผลไม้ 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก เปลือกแก้ว-มังกร กากพุทรา กากฝรั่ง และกากส้มเขียวหวาน โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดจากใยอาหารผงที่ได้จากวัตถุดิบดังกล่าวพบว่า ตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกจะให้ค่าความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ และให้ค่าความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระที่สูงกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัม จากข้อมูลดังกล่าวจึงเลือกใช้เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในการเป็นวัตถุดิบสำหรับศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งพบว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี เนื่องจากมีใยอาหารในปริมาณสูง และมีสมบัติต่าง ๆ ที่แสดงถึงความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ได้แก่ มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดอยู่ในปริมาณสูง และยังมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน รวมถึงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สูงเมื่อเทียบกับวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติ โดยสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งยังคงปริมาณใยอาหาร องค์ประกอบของสารโพลีฟีนอลทั้งหมด และสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยเกิดการสูญเสียน้อยที่สุด คือ การนำตัวอย่างมาล้างเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก และลดขนาดตัวอย่างลงให้มีขนาด 0.5 x 1.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง (27 ± 2 องศาเซลเซียส) แล้วคั้นน้ำออกบางส่วน หลังผ่านขั้นตอนทั้งหมดจึงนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ และนำไปบดแห้งให้มีขนาดที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งานกล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความชุ่มชื้น หรือต้องการทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถอุ้มความชื้นไว้ได้มากและนานขึ้น ควรเลือกใช้ใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคใหญ่ และถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชันอาจเหมาะสมกับใยอาหารที่มีที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันสูง ทำให้ลดปัญหาการแยกชั้นของไขมันในผลิตภัณฑ์ได้

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่ผลิตได้ตามสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าว มีองค์ประกอบของปริมาณของใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 50.95 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกยังมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดสูงถึง 95.11 มิลลิกรัม/กรัมตัวอย่าง สำหรับค่าความสามารถในการยับยั้งการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันของไขมันและค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้ 1 กรัมมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 65.30 และ 61.79 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีปริมาณ 200 และ 50 มิลลิกรัมสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามลำดับ พบว่าใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันสูงกว่าวิตามินอีปริมาณ 200 มิลลิกรัม ประมาณ 1.5 เท่า แต่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าวิตามินอีปริมาณ 50 มิลลิกรัมถึง 3.5 เท่า ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำและน้ำมันของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันชนิดผงจากเปลือกมะม่วงที่มีขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตรมีค่าเท่ากับ 5.87 กรัมน้ำ/กรัมตัวอย่างแห้ง และ 1.45 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณการแทนที่ 0 %, 3 %, 5 %, 7 % และ 9 % โดยน้ำหนัก พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในขนมปังในปริมาณเพิ่มขึ้น น้ำหนักของขนมปังที่สูญเสียภายหลังจากการอบและปริมาตรของขนมปังจะมีแนวโน้มลดลง สีของเปลือกและเนื้อในของขนมปังจะมีความสว่างน้อยลงและมีสีน้ำตาลเข้มเพิ่มมากขึ้น และจากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังด้วยวิธี Scoring test พบว่า เมื่อเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น ขนมปังที่ได้มีความเข้มของสีรวมทั้งกลิ่นและรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ความนุ่ม ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของขนมปังจะลดลง สำหรับคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชุ่มชื้นที่ทุกระดับการทดแทน พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยรวมของขนมปังที่ได้ พบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก มีความเป็นไปได้ที่จะทดแทนได้ถึง 5 % โดยน้ำหนักแป้งสาลี โดยเฉพาะถ้ามีการปรับปรุงกลิ่นรสของขนมปังเพื่อบดบังกลิ่นรสเปรี้ยวของใยอาหารผง

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 3 และ 5 % โดยน้ำหนักและเก็บรักษาในถุง PP ที่อุณหภูมิห้องเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่าใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่เติมลงไปในขนมปังมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิยาออกซิเดชันของไขมันได้ โดยทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดขนาดและการล้างน้ำสำหรับการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก พบว่าตัวอย่างที่มีขนาดเท่ากับ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร และ 0.5 x 1.5 เซนติเมตร เมื่อล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) เป็นเวลา 5 นาที จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูง โดยมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันดังกล่าว อย่างไรก็ตามวิธีการลดขนาดของตัวอย่างให้ขนาดเท่ากับ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร จะเหมาะกับการใช้เครื่องบดมากกว่าการใช้มีดตัด ดังนั้นการผลิตในระดับอุตสาหกรรมสามารถใช้เครื่องบดในขั้นตอนการลดขนาดเปลือกมะม่วงสุกได้

การอบแห้งเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ใยอาหารผงที่เตรียมได้มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล และความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ถึงแม้ว่าในการทดลองนี้จะเลือกใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในการอบแห้งเปลือกมะม่วงสุก แต่การนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมการเลือกใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส อาจมีความเหมาะสมกว่าเนื่องจากสามารถลดระยะเวลาและประหยัดพลังงานในการอบแห้ง

การนำใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ผลิตได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ต้องคำนึงถึง สี กลิ่น รส ของผลิตภัณฑ์อันมีผลมาจากลักษณะทางธรรมชาติของเปลือกมะม่วง คือมีรสเปรี้ยวและมีสีคล้ำ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาถึงปริมาณที่ใช้และความเหมาะสมกับชนิดของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการใช้ร่วมกับสารปรุงแต่งอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จันทนา ขัดต๋า และ พรพรรณ ไตรปิ่นเพ็ชร. 2542. การเสริมไฟเบอร์จากซังขนุนผงในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก และคุกกี้. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 55 หน้า.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์. 487 หน้า.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2538. "การผลิตกลูโคสซีรัปจากข้าวเหนียวโดยใช้มอลท์สดและมอลท์แห้งจาก ข้าวเปลือก." **อาหาร.** 25: 243-254.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และวันทนีย์ ช้างน้อย. 2545. "การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย." **อาหาร.** 32 : 300-307.

พรฤดี วรรณเมธางกูร และวิชชุลดา จันทรสมบัติ. 2541. ขนมปังเบอร์เกอร์เสริมใยอาหาร. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 74 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2524. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งสาลีชนิดทำขนมปัง. มอก. 374-2524. กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ.

Alberto, J. 2005. "Antioxidant therapy: myth or reality?." **J. Braz. Chem. Soc.** 16 : 1-19.

Alberts, D.S., Ritenbaugh, C., Story, J.A., Aickin, M., Rees-McGee, S., Buller, M.K., Atwood, J., Phelps, J., Ramanujam, P.S., Bellapravalu, S., Patel, J., Bettinger, L., and Clark, L. 1996. "Randomized, double-blinded, placebo-controlled study of effect of wheat bran fiber and calcium on fecal bile acids in patients with resected adenomatous colon polyps." **J. Natl. Cancer. Inst.** 88 : 81–92.

Alberts, D.S., Martínez, M.E., Roe, D.J., Guillén-Rodríguez, J.M., Marshall, J.R., Van Leeuwen, J.B., Reid, M.E., Ritenbaugh, C., Vargas, P.A., Bhattacharyya, A.B., Earnest, D.L., and Sampliner. R.E. 2000. "Lack of effect of a high-fiber cereal supplement on the recurrence of colorectal adenomas." **N. Engl. J. Med.** 342 : 1156–1162.

Aldoori, W.H., Giovannucci, E.L., Stampfer, M.J., Rimm, E.B., Wing, A.L., and Willett, W.C. 1997. "Prospective study of diet and the risk of duodenal ulcer in men." **Am. J. Epidemiol.** 145 : 42–50.

Anderson, J.W., and Ward, K. 1979. "High-carbohydrate, high-fiber diets for insulin-treated men with diabetes mellitus." **Am. J. Clin. Nutr.** 32 : 2312–2321.

Anderson, J.W., Story, L., Sieling, B., Chen, W-J.L., Petro, M.S., and Story, J.A. 1984.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Hypercholesterolemic effects of oat-bran or bean intake for hypercholesterolemic men." **Am. J. Clin. Nutr.** 40 : 1146–1155.

Anderson, J.W., Allgood, L.D., Lawrence, A., Altringer, L.A., Jerdack, G.R., Hengehold, D.A., and Morel, J.G. 2000. "Cholesterol-lowering effects of psyllium intake adjunctive to Diet therapy in men and women with hypercholesterolemia: Meta-analysis of 8 controlled trials." **Am. J. Clin. Nutr.** 71 : 472–479.

Angela, j. 2003. "Influence of thermal postharvest stress on mango (Magnifera indica) polyphenolics during ripening." Degree of Master Science, University of Florida.

Anonymous. 1989. "GDch Stellungnahme der Untergruppe "Ballaststoffe" der Arbeitsgruppe "Freagen der Emahrung" der Fachgruppe "Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie" in der GDCh"." **Lebensm. Gerich. Chem.** 43 : 113–117.

Anonymous. 1992. Belgian Food Law, KB 8/1/1992.

Anonymous. 1993. Italian Food Law, DL 16/2/1993.

Anonymous. 2000. "AACC holds midyear meeting." **Cereal Foods World** 45 : 327.

ANZFA (Australia New Zealand Food Authority). 2000. "Notice of a Proposed Change to Food Regulation and Further Invitation for Submissions. Application 227. Inulin and Fructooligosaccharides as Dietary Fber." Canberry : ANZFA.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analystical Chemists." 16th edition. Washington DC : AOAC.

Appleby, P.N., Thorogood, M., Mann, J.I., and Key, T.J. 1998. "Low body mass index in non-meat eaters: The possible roles of animal fat, dietary fibre and alcohol." **Int. J. Obes.** 22 : 454–460.

Archer Daniels Midlan Co. 1992. **The ADM ready reference fiber guide.** Canada : Archer Daniels Midlan Co.

Armstrong, B., and Doll, R. 1975. "Enviromental factors and cancer incidence and motality in different countries." **Int. J. Cancer** 15 : 617-631.

Ascherio, A., Rimm, E.B., Giovannucci, E.L., Colditz, G.A., Rosner, B., Willett, W.C., Sacks, F., and Stampfer, M.J. 1992. "A prospective study of nutritional factors and hypertension among US men." **Circulation** 86 : 1475–1484.

Ascherio, A., Hennekens, C., Willett, W.C., Sacks, F., Rosner, B., Manson, J., Witteman, J., and Stampfer, M.J. 1996. "Prospective study of nutritional factors, blood pressure, and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hypertension among US women." **Hypertension** 27 : 1065–1072.

Askar, A. 1998. "Importance and characteristic of tropical fruits." **Fruit.Proc.** 8 : 273-276.

Asp, N.G., Johansson, C.G., Hallmer, H., and Siljeström, M. 1983. "Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber." **J. Agric. Food Chem.** 31 : 476–482.

Beecher, G. 1999. "Phytonutrients role in metabolism: Effect on resistance to degenerative processes." **Nutr. Rev.** 57 : 3-6.

Ben-Shalom, N., Olat, D., Levi, A., ans Pinto, R. 1992. "Change in molecular weight of water-soluble and EDTA-soluble pectin fractionsfrom carrot after heat treatments." **Food Chem.** 45 : 243-245.

Benavente-Garcia, O., Castillo, J., Marin, F.R., Ortuno, A., and Del Rio, J.A. 1997. "Uses and properties of citrus flavonoids." **J. Agric. Food Chem.** 45 : 4505-4515.

Bernalte-Garcia, M.J., Hernandez-Mendez, M.T., and Carballo- Garcia, B.M. 1995. "Dietary fiber content of fresh and refrigerated white asparagus." **Alimentaria.** 261 : 43-47.

Bernardo, A.M.B., Dumoulin, E.D., Lebert, A.M., and Bimbenet, J.J. 1990. "Drying of sugar beet fiber with hot air or superheated steam." **Drying Tech.** 8 : 767-779.

Block, G., and Lanza, E. 1987. "Dietary fiber source in the United States by demographic group." **J. Natu. Cancer Ins.** 79 : 83-86.

Block, G. 1992. "The data support a role for antioxidants in reducing cancer risk." **Nutr. Rev.** 50 : 207-213.

Brock Lundberg, M.S. 2005. **Using highly expanded citrus fiber to improve the quality and nutritional properties of food.** [Online]. Available: http://Fiberstar, Inc_ - Library.html. (Accessed 8/12/2005)

Brand, L., Jeltema, M., Zabik, M., and Jeltema, B. 1984. "Effect of cooking in solutions of varying pH on the dietary fiber components of vegetables." **J. food sci.** 49 : 900-909.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C. 1995. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity." **Lebensm. Wiss. Tech.** 28 : 25-30.

Bravo, L. 1998. "Polyphones: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance." **Nutr. Rev.** 56: 317-333.

Brown, L., Rosner, B., Willett, W.C., and Sacks, F.M. 1999. "Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: A meta-analysis." **Am. J. Clin. Nutr.** 69 : 30–42.

Buettner, G.R. 1993. "The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxodation,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

alpha tocapherol and ascorbate." **Arch. Biochem. Biophy.** 300 : 535-543.

Burkitt, D.P., Walker, A.R.P., and Painter, N.S. 1974. "Dietary fiber and disease." **J. Am. Med. Assoc.** 229 : 1068–1074.

Burley, V.J., Paul, A.W., and Blundell, J.E. 1993. "Sustained post-ingestive action of dietary fibre: Effects of a sugar-beet-fibre-supplemented breakfast on satiety." **J. Hum. Nutr. Diet.** 6 : 253–260.

Cadden, A.M. 1987. "Comparative effects of partical size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers." **J. Food. Sci.** 52 : 1595-1599.

Caprez, A., Arrigoni, E., Amado, R., and Neucom, H. 1986. "Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran." **J. Cereal Sci.** 4 : 233–239.

Carle, R., Keller, P., Schieber, A., Rentschler, C., Katzschner, T., and Rauch, D. **Method for obtaining useful materials from the by-products of fruit and vegetable processing.** Patent application WO 01/78859 A1, 2001

Champ, M., Langkilde, A.M., Brouns, F., Kettlitz, B., and Collet, Y. 2003. "Advances in dietary fibre characterisation. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects." **Nutr. Res. Rev.** 16 : 71–82.

Chi-Fai, Ch., Ya-Ling, H., and Mao-Hsiang, L. 2003. "In vitro hypoglycaemic effects of different insoluble fiber-riche fractions prepared from the peel of Citrus sinensis L. Cv. Liucheng." **J. Agric. Food Chem.** 51 : 6623–6626.

COMA (Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy). 1998. **Committee news. Food Safety Information Bulletin.** No. 97. Aberdeen : Food Standards Agency, MAFF, Department of Health.

Craig, S.A.S, Holden, J.F., and Khaled, M.Y. 2000. "Determination of polydextrose as dietary fiber in foods." **J. AOAC. Int.** 83 : 1006–1012.

Cummings, J.H. 1996. **Metabolic and physiological aspects of dietary fibre.** Brussels : Commission of the European Communities.

Desmedt, A., and Jacobs, H. 2001. **Guide to functional food ingredients.** Surrey : Food RA Leatherhead Publishing.

Dikeman, C.L., and Fahey, Jr., G.C. 2006. Viscosity as related to dietary fiber: a review. **Cri. Rev. Food Sci. Nutr.** 46: 649-663.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Diplock, A.T. 1991. "Antioxidant nutrient and disease prevention: an overview." **Am. J. Clin. Nutr.** 53 : 189-193.

Drehen, M.L. 1987. **Handbook of Dietary Fiber.** Newyork : Marcel Dekker Inc.

El Ansari, M., Reddy, K., Sastry, K., and Nayudamma, Y. 1969. "Polyphenolic components of mango (*Mangifera indica*) fruit." **Leather Sci.** 16 : 13-14.

Elangovan, V., Sekar, N., and Govindasamy, S. 1994. "Chemoprotective potential of dietary bioflavonoids against 20-methylcholanthrene-induced tumorigenesis." **Cancer Lett.** 87 : 107-113.

Englyst, H.N., and Cummings, J.H. 1984. "Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates." **Analyst.** 109 : 937–942.

Englyst, H.N., and Hudson, G.J. 1987. "Colorimetric method for routine measurement of dietary fibre as non-starch polysaccharides. A comparison with gas-liquid chromatography." **Food Chem.** 24 : 63–76.

Everson, G.T., Daggy, B.P., McKinley, C., and Story, J.A. 1992. "Effects of psyllium hydrophilic mucilloid on LDL-cholesterol and bile acid synthesis in hypercholesterolemic men." **J. Lipid *Res.*** 33 : 1183–1192.

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 1995. **Guidelines for Nutrition Labelling.** Volume 1A. Rome : FAO/WHO

Favier, M.L., Bost, P.E., Guittard, C., Demigne, C., and Remesy, C. 1997. "The cholesterol-lowering effect of guar gum is not the result of a simple diversion of bile acids toward fecal excretion." **Lipids.** 32 : 953–959.

Ferguson, R., and Fox, K. 1978. **Dietary citrus fibers.** Winterhaven : FL.

Fernández-Bolan˜os, J., Rodrıguez, R., Saldan˜a, C., Heredia, A., Guillén, R., and Jiménez, A. 2002. "Factors affecting the changes in texture of dressed '(alin˜adas)' olives." **Euro. Food Res. Tech.** 214 : 237–241.

Fernandez-Gines, J.M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., and Perez-Alvarez, J.A. 2003. "Effects of srorage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber." **J. Food Sci.** 68 : 710-715.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Field, C.J., McBurney, M.I., Massimino, S., Hayek, M.G., and Sunvold, G.D. 1999. "The fermentable fiber content of the diet alters the function and composition of canine gut associated lymphoid tissue." **Vet. Immunol. Immunopathol.** 72 : 325–341.

Frankel, E.N., Waterhouse, A.L. and Teissedre, P.L. 1995. "Principle phenolic phytochemicals in selected califonia wines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoprotein to lipid peroxidation." **J. Agric. Food Chem.** 43 : 890-894.

Fronc, A., and Nawirska, A. 1994. "Potential uses of waste products from fruit processing." **Ochrona Srodo.** 2 : 31-32.

Fukagawa, N.K., Anderson, J.W., Hageman, G., Young, V.R., and Minaker, K.L. 1990. "Highcarbohydrate, high-fiber diets increase peripheral insulin sensitivity in healthy young and old adults." **Am. J. Clin. Nutr.** 52 : 524–528.

Gerber, M. 1998. "Fibre and breast cancer." **Eur. J. Cancer. Prev.** 7 : S63–S67.

Giovannucci, E., Stampfer, M.J., Colditz, G., Rimm, E.B., and Willett, W.C. 1992. "Relationship of diet to risk of colorectal adenoma in men." **J. Natl. Cancer. Ins.** 84 : 91–98.

Giovannucci, E., Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Ascherio, A., and Willett, W.C. 1994. "Intake of fat, meat, and fiber in relation to risk of colon cancer in men." **Cancer. Res.** 54 : 2390–2397.

Gordon. D.T., and Ohkuma, K. 2001. **Determination of resistant maltodextrin and total dietary fiber in selected foods by ion-exchange chromatography: Collaborative study.** Newyork : AOAC.

Gorecka, D., Korczak, J., Balcerowski, E., and Decyk, K. 2002. "Sorption of bile acids and cholesterol by dietary fiber of carrots, cabbage and apples." **Elec. J. Polish. Agric. Univ.** 5 : 2.

Gorinstein, S., Zemser, M., Haruenkit, R., Chuthakorn, R., Grauer, F., Martin-Belloso, O., and Trakhtenberg, S. 1999. "Comparative content of total dietary fiber in tropical fruits and persimmon." **J. Nutr. Biochem.** 10 : 367-371.

Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Park, Y-S., Haruenkit, R., Lojek, A., CiZM Caspi, A., Libman, I., and Trakhtenberg, S. 2001. "Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits." **Food Chem.** 74 : 309-315.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Zember, M., Weisz, M., Trakhtenberg, S., and Martin-Belloso, O. 2001. "Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples." **J. Agric. Food Chem.** 49 : 952-957.

Gregory, J., Foster, K., Tyler, H., and Wiseman, M. 1990. **The dietary and nutritional study of British adults.** London : HMSO.

Grigelmo-Miguel, N., and Martin-Belloso, O. 1998. "Characterization of dietary fiber from orange juice extraction." **Food Res. Int.** 31 : 355-361.

Grigelmo-Miguel, N., and Martın-Belloso, O. 1999. "Comparison of dietary fibre from by-products of processing fruits and greens and from cereals." **Lebensm. Wiss. Tech.** 32 : 503–508.

Health and Welfare Canada. 1985. **Report of the Expert Advisory Committee on Dietary Fibre.** Ottawa : Supply and Services Canada.

Health Canada. 1988. **Guideline Concerning the Safety and Physiological Effects of Novel Fibre Sources and Food Products Containing Them.** Ottawa : Food Directorate, Health Protection Branch, Health Canada.

Herbafood. 2002. **Herbacel AQ Plus. Apple and citrus fibre.** [Online]. Available : http://www. Herbafood.de/eaqplus.pdf. (Accessed 8/12/2005)

Heredia, A., Ruiz-Gutierrez, V., Felizón, B., Guillén, R., Jiménez, A., and Fernández-Bolan˜os, J. 1993. "Apparent digestibility of dietry fibre and other components in table olives." **Die. Nahrung.** 37 : 226–233.

Heredia, A., Jiménez, A., Fernández-Bolan˜os, J., Guillén, R., and Rodrıguez, R. 2002. **Fibra Alimentaria.** Madrid : Biblioteca de Ciencias.

Hertog, M.G.L., Feskeens, E.J.M., Hollman, C.H., Katan, M.B., and Kromhout, D. 1993. "Dietary antioxidant flavonoids and risk of heart disease; the Zutphen eldery study." **Lancet.** 342 :1007-1011.

Hignett, R. 2000. **Letter to All Interested Parties. Nutrition Labelling of Dietary Fibre.** [Online]. Available : http://foodstandards.gov.uk/farm_fork/nutfibre. html. (Accessed 8/12/2005)

Hoebregs, H. 1997. "Fructans in foods and food products, ion-exchange chromatographic method: Collaborative study." **J. AOAC Int.** 80 : 1029–1037.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Huber, W., Vosgen, W., and Mintier, Y.L. 2002. "Carrot fiber as opportunity." **Fleisch. Int.** 4 :12-15.

Jaime, L., Molla, E., Fernandez, A., Martin-Cabrejas, M., Lopez Andreu, F., and Esteban, R. 2002. "Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber of onion (*Alliumcepa* L.) tissues." **J. Agric. Food Chem.** 50 : 122-128.

Jean, T., and Bodinier, M.C. 1994. "Mediators involved in inflammation: effects of Daflon 500 mg on their release." **Angiology.** 45 : 554-559.

Jenkins, D.J.A., Wolever, I.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A., Haisman, P., Dilawari, J., Goff, D.V., Metz, G.L., and Alberti, K.G.M.M. 1978. "Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: Importance of viscosity." **Br. Med. J.** 1 : 1392–1394.

Jian-xian, Z. 1995. **Functional Foods.** Beijing : China Light Industry Publishing House.

Jiménez, A., Sánchez-Romero, C., Guillén, R., Fernández-Bolan˜os, J., and Heredia, A. 1998. "Solubilization of cell wall poly-saccharides from olive fruits into treatment liquids during Spanish green olive processing." **J. Agric. Food Chem.** 46 : 4376–4381.

Jiménez-Escribano, A., Rincón, M., Pulido, R., and Saura-Calixto, F. 2001. "Guava fruit as a new source of antioxidant dietary fiber." **J. Agric. Food Chem.** 49 : 5489–5493.

Jimenez-Escrig, A., Rincon, M., Pulido, R., and Saura-Calixto, F. 2001. "Guava fruit (*Psidium guajava L.)* as a new source of antioxidant dietary fiber." **J. Agric. Food Chem.** 49 : 5489-5493.

Johnson, I.T., and Southgate, D.A.T. 1994. **Dietary fibre and related substances Food safety series no. 3.** London : Chapman & Hall.

Jung, H.G., and Fahey, G.C. 1983. "Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review." **J. Anim. Sci.** 57 : 206–219.

Kethireddipalli, P., Hung, Y-C., McWatters, K.H., and Phillips, R.O. 2002. "Effect of milling method (wet and dry) on the functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) pastes and end product." **J. Food Sci.** 67 : 48-52.

Kethireddipalli, P., Hung, Y-C., Phillips, R.O., and Mc Watters, K.H. 2002. "Evaluating the role of cell material and soluble protein in the functionality of cowpea (*Vigna unguiculata*) pastes." **J. Food Sci.** 67 : 53-59.

Kikuzaki, H., and Nakatani, N. 1993. "Antioxidant effects of some ginger constituents." **J. Food Sci.** 58 : 1407-1410.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lambo, A.M., Oste, R., and Nyman, M.E. 2005. "Dietary fibre in fermented oat and barley b-glucan rich concentrates." **Food Chem.** 89 : 283–293.

Lanza, E. 1990. **Dietary Fiber: Chemistry, Physiology, and Health Effects.** New York : Plenum Press.

Larrauri, J.A., Goni, I., Martin-Carron, N., Ruperez, P., and Saura-Calixto, F. 1996c. "Measurement of health-promoting properties in fruit dietary fibres: antioxidant capacity, fermentability and glucose retardation index." **J. Sci. Food Agric.** 71 : 515-519.

Larrauri, J.A., Ruperez, P., Borroto, B., and Saura Calixto, F. 1996b. "Mango peel as a new tropical fiber: Preparation and characterization." **Lebensm. Wiss. Tech.** 29 : 729-733.

Larrauri, J.A., Ruperez, P., and Saura-Calixto, F. 1996a. "High dietary fiber powders from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity." **Food. Res. Int.** 29 : 757-762.

Larrauri, J.A., Ruperez, P., and Saura Calixto, F. 1997. "Effect of drying temperature on the antioxidant activity of red grape pomace peel." **J. Agric. Food Chem.** 45 : 1390-1399.

Larrauri, J.A., Ruperez, P., and Saura-Calixto, F. 1997. "Pineapple shell as a source of dietary fiber with associated polyphenols." **J. Agric. Food Chem.** 45 : 4028-4031.

Larrauri, J.A., Borroto, B., and Crespo, A. 1997. "Water recycling in processing orange peel to a high dietary fibre powder." **Int. J. Food Sci. & Tech.** 32 : 73-76.

Larrauri, J.A. 1999. "New approaches in the preparation of High dietary fiber powders from fruit-by products." **Trends Food Sci. Tech.** 10 : 3-8.

Lario, Y., Sendra, E., Garcia-Perez, J., Fuentes, C., Sayas-Barbera, E., Fernandez-Lopez, J., and Perez-Alvarez, J.A. 2004. "Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by products." **Innovative Food sci. Emerging Tech.** 5 : 113 -117.

Lee, S.C., Prosky, L., and DeVries, J.W. 1992. "Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods - Enymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collaborative study." **J. AOAC Int.** 75 : 395–416.

Lefebvre, A.C., Thébaudin, J.Y. 2002. Fibras extraidas de las hortalizas. In Y. Tirilly, and C. **Bourgeois (Eds.), Tecnologia de las Hortalizas.** SA : Acribia/Zaragoza.

Li BW Cardozo, M.S. 1994. "Determination of total dietary fiber in foods and products with little or no starch, nonenzymatic-gravimetric method: Collaborative study." ***J. AOAC***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Int. 77 : 687–689.

Lim, B.O., Yamada, K., Nonaka, M., Kuramoto, Y., Hung, P., and Sugano, M. 1997. "Dietary fibers modulate indices of intestinal immune function in rats." **J. Nutr.** 127 : 663–667.

LSRO (Life Sciences Research Office). 1987. **Physiological Effects and Health Consequences of Dietary Fiber.** Bethesda : LSRO.

Lund, E.K, Gee, J.M., Brown, J.C., Wood, P.J., and Johnson, I.T. 1989. "Effect of oat gum on the physical properties of the gastrointestinal contents and on the uptake of D-galactose and cholesterol by rat small intestine in vitro." **Br. J. Nutr.** 62 : 91–101.

Marin, F.R., Frutos, M.J., Perez-Alvarez, J.A., Martinez-Sanchez, F., and Del Rio, J.A. 2002. "Flavonoids as nutraceuticals: structural related antioxidant properties and their role on ascorbic acid preservation. In Acta-Ur-Rahman (Ed.)." **J. Nat. Prod.** 26 : 324-389.

Marlett, J.A., Hosig, K.B., Vollendorf, N.W., Shinnick, F.L., Haack, V.S., and Story, J.A. 1994. "Mechanism of serum cholesterol reduction by oat bran." **Hepatology.** 20 : 1450–1457.

Marlett, J.A. 2000. "Changes in content and composition of dietary fiber in yellow onions and Red Delicious apples during commercial storage." **J. AOAC Int.** 83 : 992–996.

Martin-Cabrejas, M.A., Esteban, R.M., López-Andreu, F.J., Waldron, K., and Selvendran, R.R. 1995. "Dietary fiber content of pear and kiwi pomaces." **J. Agric. Food Chem.** 43 : 662–666.

Massiot, P., Guiller, I., Baron, A., and Drilleau, J. 1992. "Cell wall polysaccharides modifications during heat treatment and enzymatic degradation of carrot tissues." **Lebensm. Wiss. Tech.** 20 : 29–36.

McCleary, B.V., Murphy, A, and Mugford, D.C. 2000. "Measurement of total fructan in foods by enzymatic/spectrophotometric method: Collaborative study." **J. AOAC Int.** 83 : 356–364.

Meyer, O.C. 1994. "Safety and security of Daflon 500 mg in venous insufficiency and in hemorroidal disease." **Angiology.** 45 : 579-584.

Millard, M.N, and Berset, C. 1995. "Evolution of antioxidant activity during kilning: Role of insoluble boung phenolic acids of barley and malt." **J. Agric. Food Chem.** 43 : 1789-1793.

Miller, J. 2004. "Dietary fibre intake, disease prevention, and health promotion: An overview with emphasis on evidence from epidemiology." 143–164. in J.M. van der Kamp, N.G.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Asp, J. Miller, and G. Schaafsma (Eds.), **Dietary fibre.** Netherlands : Wageningen Academic Publishers.

Miller, W.C., Niederpruem, M.G., Wallace, J.P., and Lindeman, A.K. 1994. "Dietary fat, sugar, and fiber predict body fat content." **J. Am. Diet. Assoc.** 94 : 612–615.

Ministry of Health and Welfare. 1996. **Regarding the Analytical Methods for Nutritional Components in Connection with Introduction of the Standards for Nutrition Labeling.** Bureau : Environmental Health Bureau.

Mongeau, R., and Brassard, R. 1993. "Enzymatic-gravimetric determination in foods of dietary fiber as sum of insoluble and soluble fiber fractions: Summary of collaborative study." **J. AOAC Int.** 76 : 923–925.

Nagengast, F.M. 1996. "Effect of fibre and resistant starch on bile acid metabolism." 201–202. in Y. Mälkki, & J. H. Cummings (Eds.). **Dietary fibre and fermentation in the colon.** Brussels : European Commission.

Nawirska, A., and Kwasniewska, M. 2005. "Dietary fiber fractions from fruit and vegetable processing waste." **J. Food Chem.** 91 : 221-225.

Nyman, M., Palsson, K.E., and Asp, N.G. 1987. "Effects of processing on Dietary fibre in vegetables." **Lebensm. Wiss. Tech.** 1987 : 29–36.

Olson, B.H., Anderson, S.M., Becker, M.P., Anderson, J.W., Hunninghake, D.B., Jenkins, D.J.A., LaRosa, J.C., Rippe, J.M., Roberts, D.C.K., Stoy, D.B., Summerbell, C.D., Truswell, A.S., Wolever, T.M.S., Morris, D.H., and Fulgoni, V.L. 1997. "Psyllium-enriched cereals lower blood total cholesterol and LDL cholesterol, but not HDL cholesterol, in hypercholesterolemic adults: Results of a meta-analysis." **J. Nutr.** 127 : 1973–1980.

Prosky, L., Asp, N-G., Furda, I., DeVries, J.W., Schweizer, T.F., and Harland, B.F. 1985. "Determination of total dietary fiber in foods and food products: Collaborative study." **J. Assoc. Off Anal. Chem.** 68 : 677–679.

Prosky, L., Asp, N-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W., and Furda, I. 1988. "Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: interlaboratorystudy." **J. AOAC Int.** 71 : 1017-1023.

Prosky, L., Asp, N-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W., and Furda, I. 1992. "Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study." **J. AOAC Int.** 75 : 360–367.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prosky, L., Asp, N-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W., Furda, I., and Lee, S.C. 1994. "Determination of soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study." **J. AOAC Int.** 77 : 690–694.

Quigley, M.E., and Englyst, H.N. 1992. "Determination of neutral sugars and hexosamines by high-performance liquid chromatography with pulsed amperometric detection." **Analyst.** 117 : 1715–1718.

Reistad, R., and Frölich, W. 1984. "Content and composition of dietary fibre in some fresh and cooked Norwegian vegetables." **Food Chem.** 13 : 209–224.

Rice Evans, C., Miller, N.J., and Paganda, G. 1997. "Antioxidant properties of phenolic compounds." **Trends Plant Sci.** 2 : 152-159.

Rimm, E.B., Ascherio, A., Giovannucci, E., Spiegelman, D., Stampfer, M.J., and Willett, W.C. 1996. "Vegetable, fruit, and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men." **J. Am. Med. Assoc.** 275 : 447–451.

Ripsin, C.M., Keenan, J.M., Jacobs, D.R., Elmer, P.J., Welch, R.R., Van Horn, L., Liu, K., Turnbull, W.H., Thye, F.W., Kestin, M., Hegsted, M., Davidson, D.M., Davidson, M.H., Dugan, L.D., Demark-Wahnefried, W., and Beling, S. 1992. "Oat products and lipid lowering: A meta-analysis." **J. Am. Med. Assoc.** 267 : 3317–3325.

Roberfroid, M. 1993. "Dietary fiber, inulin, and oligofructose: A review comparing their physiological effects." **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 33 : 103–148.

Robertson, J.A., de Monredon, F.D., Dysseler, P., Guillon, F., Amado, R., and Thibault, J.F. 2000. "Hydration Properties of dietary fiber and resistant starch: a European collaborative study." **Lebensm. Wiss. Tech.** 33 : 72-79.

Roch, C.Y., Yung, J.C., I, and C.W. 2001. "Effect of temperature, NaCl and lactic starters on sauerkraut fermentation." **Taiwanese J. Agric. Chemists Food Sci.** 39 : 16–22.

Rodrıguez, R., Jiménez, A., Guillén, R., Heredia, A., and Fernández Bolan˜os, J. 1999a. "Postharvest changes in white asparagus during refrigerated storage." **J. Agric. Food Chem.** 47 : 3551–3557.

Rodrıguez, R., Jiménez, A., Guillén, R., Heredia, A., and Fernández Bolan˜os, J. 1999b. "Turnover of asparagus cell wall polysaccharides during postharvest storage." **J. Agric. Food Chem.** 47 : 4525–4531.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rose, D.P., Goldman, M., Connolly, J.M., and Strong, L.E. 1991. "High-fiber diet reduces serum estrogen concentrations in premenopausal women." **Am. J. Clin. Nutr.** 54 : 520–525.

Salah, N., Miller,N.J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G.P., and Rice Evans, C. 1995. "Polyphenolic flavonoids as scavenger of aqueous phase radicals and as chain breaking antioxidants." **Archieves Biochem. Biophys.** 322 : 339-346.

Salgado, S.M., Guerra, N.B., and Melo Filho, A.B. 1999. "Frozen fruit pulps: Effects of the processing on dietary fiber contents." **Revista de Nutricao.** 50 : 281–285.

Salmerón, J., Ascherio, A., Rimm, E.B., Colditz, G.A., Spiegelman, D., Jenkins, D.J., Stampfer, M.J., Wing, A.L., and Willett, W.C. 1997a. "Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men." **Diab. Care.** 20 : 545–550.

Salmerón, J., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Wing, A.L., and Willett, W.C. 1997b. "Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women." **J. Am. Med. Assoc.** 277 : 472–477.

Salvi, M.J., and Rajput, C., 1995. "production, composition, storage and processing." 1-661. In D. K. Salunke, S. S. Kadam, Dekker (Eds.). **Handbook of fruit science and technology.** New York : Marcel Dekker.

Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A., and Saura-Calixto, F. 1998. "A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols." **J. Sci. Food Agric.** 76 : 270-276.

Saura-Calixto, F.D., and Gon˜I, I. 1993. "Dietary fibre intakes in Spain." 67–75. in J. H. Cummings, & W. Frolich (Eds.). **Dietary Fibre Intakes in Europe.** Brussels : Commission of the European Communities.

Saura-Calixto, F. 1998. "Antioxidant dietary fiber product : a new concept and a potential food ingredient." **J. Agric. Food Chem.** 46 : 4303-4306.

Schatzkin, A., Lanza, E., Corle, D., Lance, P., Iber, F., Caan, B., Shike, M., Weissfeld, J., Burt, R., Cooper, M.R., Kikendall, J.W., and Cahill, J. 2000. "Lack of effect of a low-fat, high-fiber diet on the recurrence of colorectal adenomas." **N. Engl. J. Med.** 342 : 1149–1155.

Schieber, A., Stintzing, F.C., and Carle, R. 2002. "By-products of plant food processing as a source of functional compounds: Recent developments." **Trends Food Sci. Tech.** 12 : 401–413.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schieber, A., Ullrich, W., and Carle, R. 2000. "Characterization of polyphenols in mango puree concentration by HPLC with diode array and mass spectrometric detection." **Innovative Food Sci. Emerg. Tech.** 1 : 161-166.

Schweizer, T.F., and Würsch, P. 1979. "Analysis of dietary fibre." **J. Sci. Food Agric.** 30 : 613–619.

Selvendran, R.R., and Robertson, J.A. 1994. "Dietary fiber in foods: Amount and type." 11–20. in R. Amado, & J. L. Barry (Eds.). **Metabolic and Physiological Aspects of Dietary Fiber in Food Luxembourg.** Brussels : Commission of the European Communities.

Shahidi, F., Rubin, L.J., Diosady, L.L., and Wood, A. 1985. Effect of sulfanilamide on the TBA values of cured meats. **J. Food Sci.** 50: 274-275.

Singleton, V.L., Orthoter, R., and Lamuela-Raventes, R. M. 1999. "Analysis of total phenol and other oxidation substrate and antioxidants by mean of Folin-Cioculteu reagent." **Method Enzymo.** 299 : 152 – 177.

Soo, K.M., and Hong, S.R. 1997. "Changes in the contents of dietary fibers and pectin substances during fermentation on Baik-kimchi." **J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.** 26 : 1006–1012.

Southgate, D.A.T. 1969. "Determination of carbohydrates in foods. II. Unavailable carbohydrates." **J. Sci. Food Agric.** 20 : 331–335.

Sudhakar, D.V., and Maini, S.B. 2000. "Isolation and characterization of mango peel pectins." **J. Food Process. Preserv.** 24 : 209–227.

Takeyama, E., Yokokawa, N., and Tanimura, A. 1996. "Changes in polysaccharide components and metal adsorption ability of soybean dietary fiber on heating." **J. Japanese Soc. Food Sci. Tech.** 43 : 231–237.

Tatjana, K., Terezija, G., Milica, K., and Plestenjak, A. 2002. "Dietary fibre content of dry and processed beans." **Food Chem.** 80 : 231–235.

Theander, O., and Aman, P. 1979. "Studies on dietary fibres. 1. Analysis and chemical characterization of water-soluble and water-insoluble dietary fibres." **Swedish J. Agric. Res.** 9 : 97–106.

Theander, O., and Westerlund, E. 1986. "Determination of individual components of dietary fiber." 57–75. in Spiller, G.A. **CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition.** Boca Raton : CRC Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Theander, O., Aman, P., Westerlund, E., Andersson, R., and Pettersson, D. 1995. "Total dietary fiber determined as neutral sugar residues, uronic acid residues, and Klason lignin (the Uppsala method): Collaborative study." **J. AOAC Int.** 78 : 1030–1044.

Titgemeyer, E.C., Cameron, M.G., Bourquin, L.D., and Fahey, G.C. 1991. "Digestion of cell wall components by dairy heifers fed diets based on alfalfa and chemically treated oat hulls." **J. Dairy Sci.** 74 : 1026–1037.

Trock, B., Lanza, E., and Greenwald, P. 1990. "Dietary fiber, vegetables, and colon cancer: Critical review and meta-analyses of the epidemiologic evidence." **J. Natl. Cancer Inst.** 82: 650-661.

Trowell, H.C., Southgate, D.A.T., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A., and Jenkins, D.J.A. 1976. "Dietary fibre redefined." **Lancet.** 1 : 967.

Trowell, H., Burkitt, D., and Heaton, K. 1985. **Definitions of Dietary Fibre and Fibre-depleted Foods Dietary Fibre-depleted Foods and Disease.** London : Academic Press.

USDA. 2003. **National Nutrient Database for Standard Reference.** Washington, DC : United States Dept. of Agriculture

USFDA (U.S. Food and Drug Administration). 1987. "Nutrition labeling of food; calorie content." **Federal Regist.** 52 : 28590–28691.

Vergara-Valencia, N., Granados-Perez, E., Agema-Acevedo, E., Tovar, J., Ruales, J., and Bello-Perez, L.A. 2006. Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakeryproduct ingredient. **LWT.** [online]. Availble : www.sicencedirect.com. (Accessed 8/12/2006)

Vidal-Valverde, C., and Frıá, J. 1991. "Legume processing effects on dietary fiber components." **J. Food Sci.** 56 : 1350–1352.

Vidal-Valverde, C., Frıás, J., and Esteban, R. 1992. "Dietary fiber in processed lentils." **J. Food Sci.** 57 : 1161–1163.

Wang, R., and Zhou, W.B. 2004. "Stability of tea catechins in the breadmaking process." **J. Agri. Food Chem.** 52 : 8224-8229.

Wesche-Ebeling, P., Escobedo, G., Sanchez, S., Argaiz-Jamet, A., and Lopez-Malo, A. 2005. **Dietary fiber from oats, amaranth seed and mesquite pod: Physical and chemical properties, and in vitro metabolic activity.** [online]. Availble : http://ift.confex.com/ift/98annual/techprogram/accepted/572.html. (Accessed 8/12/2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wolever, T.M.S., and Jenkins, D.J.A. 1993. "Effect of dietary fiber and foods on carbohydrate metabolism." 111–152. in Spiller, G.A. **CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition.** Boca Raton : CRC Press.

Wolfe, K.E., and Liu, R.H. 2003. "Apples peels as value-added food ingredient." **J. Agric. Food Chem.** 51 : 1676-1683.

Wolk, A., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Hu, F.B., Speizer, F.E., Hennekens, C.H., and Willett, W.C. 1999. "Long-term intake of dietary fiber and decreased risk of coronary heart disease among women." **J. Am. Med. Assoc.** 281 : 1998–2004.

Wood, P.J., Braaten, J.T., Scott, F.W., Riedel, K.D., Wolynetz, M.S., and Collins, M.W. 1994. Effect of dose and modification of viscous properties of oat gum on plasma glucose and insulin following an oral glucose load." **Br. J. Nutr.** 72 : 731–743.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำได้

(Enzymatic-Gravimetric method : AOAC,1995)

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ จะใช้ชุดวิเคราะห์ใยอาหารและชุดวิเคราะห์โปรตีนในการวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

ขั้นตอนการย่อยและตกตะกอน

1. ชั่งตัวอย่าง (M_1, M_2) 1 ± 0.005 กรัม ใส่บีกเกอร์ทรงสูง 400 มิลลิลิตร โดยมี Blank (B_1, B_2) เพื่อควบคุมความแปรปรวนจากการใช้สารเคมี
2. เติม MES-TRIS Buffer (pH 8.2) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ลงในแต่ละบีกเกอร์ คนให้ตัวอย่างกระจายตัวสม่ำเสมอ
3. เติม heat-stable alpha-amylase ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ คนอย่างสม่ำเสมอโดยใช้แท่งแม่เหล็กที่ความเร็วต่ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
4. นำออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส
5. เติม protease ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ คนที่ความเร็วต่ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
6. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.561 นอร์มอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ขณะที่คน จากนั้นเติม amyloglucosidase ปริมาตร 300 ไมโครลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ คนความเร็วต่ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
7. เติมเอธานอล 95% ที่อุ่น (60 องศาเซลเซียส) ปริมาตร 225 มิลลิลิตร (อัตราส่วนเอธานอลต่อปริมาตรของตัวอย่าง ควรจะเป็น 4:1) นำออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ แล้วปล่อยให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

ขั้นตอนการกรอง

8. เตรียม crucible สำหรับใช้ในการกรองโดยนำ crucible ไปอบในเตาเผา (muffle furnace) ที่ 525 องศาเซลเซียส ข้ามคืน ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วล้างด้วยน้ำและปล่อยให้แห้ง
9. ชั่ง diatomaceous earth ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน crucible และนำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก crucible ที่มี diatomaceous earth (D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. นำ crucible ที่มี diatomaceous earth ไปใส่ในเครื่องกรอง เทสารละลายปฏิกิริยาที่ได้จากข้อ 7 ลงไป เปิดปั๊มดูดเอาสารละลายที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ออก
11. ล้างสารที่อยู่ใน crucible ด้วย 78% เอธานอล 95% เอธานอล และอะซิโตน ปริมาตร 15 มิลลิลิตร 2 ครั้งตามลำดับ
12. นำ crucible ที่มีสารที่ได้จากการกรองและ diatomaceous earth ไปอบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียส ข้ามคืนในตู้อบจนน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นนำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator และนำไปชั่งน้ำหนัก (B) นำน้ำหนักที่ชั่งได้ลบออกจากน้ำหนัก crucible ที่มี diatomaceous earth (D) จะได้น้ำหนักตัวอย่างที่เหลือจากขั้นตอนการย่อยและการกรอง (Sample residue, R)
13. นำตัวอย่าง M_1 ที่เหลือใน crucible ไปวิเคราะห์โปรตีนที่ย่อยไม่ได้ (undigestible protein) ด้วยวิธี Kjeldahl ส่วนตัวอย่าง M_2 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า โดยนำไปเผาในเตาเผาที่ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นใน desiccator และนำไปชั่งน้ำหนัก (C) นำน้ำหนักที่ชั่งได้ลบออกจากน้ำหนัก crucible ที่มี diatomaceous earth (D) จะได้น้ำหนักเถ้า (Ash on sample residue, A)

ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ขั้นตอนการย่อย

1. ขั้นตอนการย่อยทำเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมดในข้อ 1-6 แต่ไม่ต้องตกตะกอนด้วยเอธานอล

ขั้นตอนการกรอง

2. เตรียม crucible ที่ทำความสะอาดแล้ว อบในเตาเผาที่ 525 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วล้างด้วยน้ำและปล่อยให้แห้ง
3. ชั่ง diatomaceous earth ประมาณ 1 กรัม ใส่ลงใน crucible และนำไปอบที่ 130 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก crucible ที่มี diatomaceous earth (D)
4. นำ crucible ที่มี diatomaceous earth ไปใส่ในเครื่องกรอง เทสารละลายปฏิกิริยาที่ได้จากขั้นตอนการย่อยลงไป เปิดปั๊มดูดเอาสารละลายที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ออก
5. ล้างสารที่อยู่ใน crucible ด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง
6. ล้างสารที่อยู่ใน crucible ด้วย 78% เอธานอล 95% เอธานอล และอะซิโตน ปริมาตร 15 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ตามลำดับ
7. นำไปอบให้แห้งที่ 105 องศาเซลเซียส ข้ามคืนในตู้อบจนน้ำหนักคงที่และวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ใยอาหารทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้

ขั้นตอนการย่อยและการแยกใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

1. ขั้นตอนการย่อยและการกรองทำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ในข้อที่ 4 ให้เก็บสารละลายที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ที่ได้จากการกรองไว้ในบีกเกอร์ทรงสูง 600 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นใยอาหารส่วนที่ละลายน้ำได้

ขั้นตอนการตกตะกอนและการกรอง

2. ล้างสารที่อยู่ใน crucible ด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง เก็บน้ำที่ได้จากการล้างไปรวมกับสารละลายที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ในข้อ 1
3. เติมเอธานอล 95% ที่อุ่นให้มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (อัตราส่วนเอธานอลต่อปริมาตรของตัวอย่าง ควรจะเป็น 4:1) ปล่อยให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง
4. นำไปกรองตามขั้นตอนการกรองและวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

การวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl method)

1. นำตัวอย่าง M_1 ที่ผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ใยอาหารใน crucible มาชั่งน้ำหนักแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับวิเคราะห์โปรตีน
2. เติมคะตะลิสต์ที่เป็นสารผสมของ $SeO_2 : CuSO_4.5H_2O : K_2SO_4$ ในอัตราส่วน 1 : 8 : 40 ปริมาณ 7 กรัม
3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (93-95%) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร
4. นำไปเข้าเครื่องย่อยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงจนได้สารละลายสีเขียวใส
5. นำไปเข้าชุดกลั่นโปรตีน
6. เก็บก๊าซที่ได้จากการกลั่นลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรที่บรรจุกรดบอริค 2 % ปริมาตร 60 มิลลิลิตร แล้วเติม mixed indicator (ซึ่งเตรียมโดยนำ 0.1% Bromocresol green ในเอธานอล 95% มา 10 มิลลิลิตร ผสมกับ 0.1% Methyl red ในเอธานอล 95% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร) 3-5 หยด
7. นำไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล
8. คำนวณปริมาณโปรตีน (P) จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ปริมาณโปรตีน (P)} = \frac{N_{HCl} \times V_{HCl} \times 14 \times 6.25}{\text{นน. ตัวอย่าง (กรัม)} \times 1000}$$

เมื่อ N_{HCl} คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต (นอร์มอล)

V_{HCl} คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต (มิลลิลิตร)

การคำนวณ

1. Blank (B, mg)

$$B = [(BR_1 + BR_2)/2] - P_B - A_B$$

เมื่อ BR_1 , BR_2 = Blank Residue (g)

P_B = Protein on blank residue (g)

A_B = Ash on blank residue (g)

2. Dietary fiber (DF, g/100 g)

$$DF = \{[(R_1 + R_2)/2] - P - A - B\}/[(M_1 + M_2)/2] \times 100$$

เมื่อ R_1 , R_2 = Sample Residue (g)

P = Protein on sample residue (g)

A = Ash on sample residue (g)

B = Blank weight (g)

M_1 , M_2 = Sample weight (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (Brand-Williams *et al.*, 1995)

วิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้ 3.85 กรัม ใส่ขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมเอธานอล 95% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
3. สกัดด้วยวิธีการรีฟลักซ์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. กรองสารสกัดตัวอย่างที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยใช้กรวยบุชเนอร์
5. ปรับปริมาตรของสารสกัดตัวอย่างที่ได้ในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95%
6. เจือจางสารสกัดตัวอย่างที่ได้ โดยปิเปตสารสกัดจากขวดในข้อ 5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรและปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95%

หมายเหตุ ปริมาณตัวอย่างที่ชั่งได้จากการคำนวณให้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีตามเกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) เท่านั้น ซึ่งปริมาณตัวอย่างอาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลาย DPPH ที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารสกัดตัวอย่างจากขวดในข้อ 6 ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH ในเอธานอล 95% ความเข้มข้น100 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 3.9 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที (สำหรับ control ให้ใช้ เอธานอล 95% แทนสารตัวอย่าง)
2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร
3. คำนวณค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากสูตร

$$\%\ \text{ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH} = \left[1 - \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของ control}}\right] \times 100$$

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายวิตามินอี (DL-α-tocopherol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเตรียมสารละลายวิตามินอีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เปรียบเทียบกับตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะใช้เกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) โดยที่ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 1 กรัม ควรมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งวิตามินอี 0.77 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอธานอล 95 % และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
2. เจือจางโดยการปีเปตสารละลายจากขวดข้างต้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอธานอล 95 % และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
3. นำไปวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เช่นเดียวกับสารสกัดตัวอย่าง

หมายเหตุ ปริมาณวิตามินอีที่ชั่งได้จากการคำนวณให้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพื่อเปรียบเทียบกับใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามเกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) เท่านั้น ซึ่งปริมาณวิตามินอีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลาย DPPH และปริมาณตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

Ferric thiocyanate colorimetric method (FTC)

(Kikuzaki and Nakatani 1993)

วิธีการ

ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้ 3.85 กรัม ใส่ขวดก้นกลม ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมเอธานอล (95%) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
3. สกัดด้วยวิธีการรีฟลักซ์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. กรองสารสกัดตัวอย่างที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยใช้กรวยบุชเนอร์
5. ปรับปริมาตรของสารสกัดตัวอย่างที่ได้ในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95%
6. เจือจางสารสกัดตัวอย่างที่ได้ โดยปิเปตสารจากขวดในข้อ 5 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95%

หมายเหตุ ปริมาณตัวอย่างที่ชั่งได้จากการคำนวณให้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันเพื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอีตามเกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) เท่านั้น ซึ่งปริมาณตัวอย่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้

ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารสกัดตัวอย่างจากขวดในข้อ 6 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียว (สำหรับ control ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง)
2. เติมสารละลายกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) เข้มข้น 2.51% ในเอธานอล 99.5% ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย phosphate buffer เข้มข้น 0.05 โมลาร์ (pH 7.0) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร
4. เติมน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ปิดฝาแล้วนำไปเก็บในที่มืด ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
5. ปิเปตสารละลายปฏิกิริยาข้างต้นที่เวลาของปฏิกิริยาทุกๆ 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 96 ชั่วโมงมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง
6. เติมเอธานอล 75% ปริมาตร 9.7 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เติมแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (ammonium thiocyanate) ความเข้มข้น 30% ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร
8. เติมเฟอร์รัสคลอไรด์ (ferrous choride) ความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในกรดไฮโดรคลอริก 3.5% ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที
9. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร
10. คำนวณค่าความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันจากสูตร

$$\text{\% ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน} = 100 - \left[\frac{(A_{sample_{96h}}) / (A_{sample_{0h}})}{(A_{control_{96h}}) / (A_{control_{0h}})} \times 100 \right]$$

ขั้นตอนการเตรียมสารละลายวิตามินอี (DL-α-tocopherol)

สำหรับการเตรียมสารละลายวิตามินอีเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันเปรียบเทียบกับตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจะใช้เกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) โดยที่ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน 1 กรัม ควรมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งวิตามินอี 0.0154 กรัม ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร เติมเอธานอล 95% และปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร
2. นำไปวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันเช่นเดียวกับสารสกัดตัวอย่าง

หมายเหตุ ปริมาณวิตามินอีที่ชั่งได้จากการคำนวณให้เหมาะสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันเพื่อเปรียบเทียบกับใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามเกณฑ์ที่แนะนำโดย Saura-Calixto (1998) เท่านั้น ซึ่งปริมาณวิตามินอีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นกับปริมาณตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (Singleton *et al.*, 1998)

วิธีการ

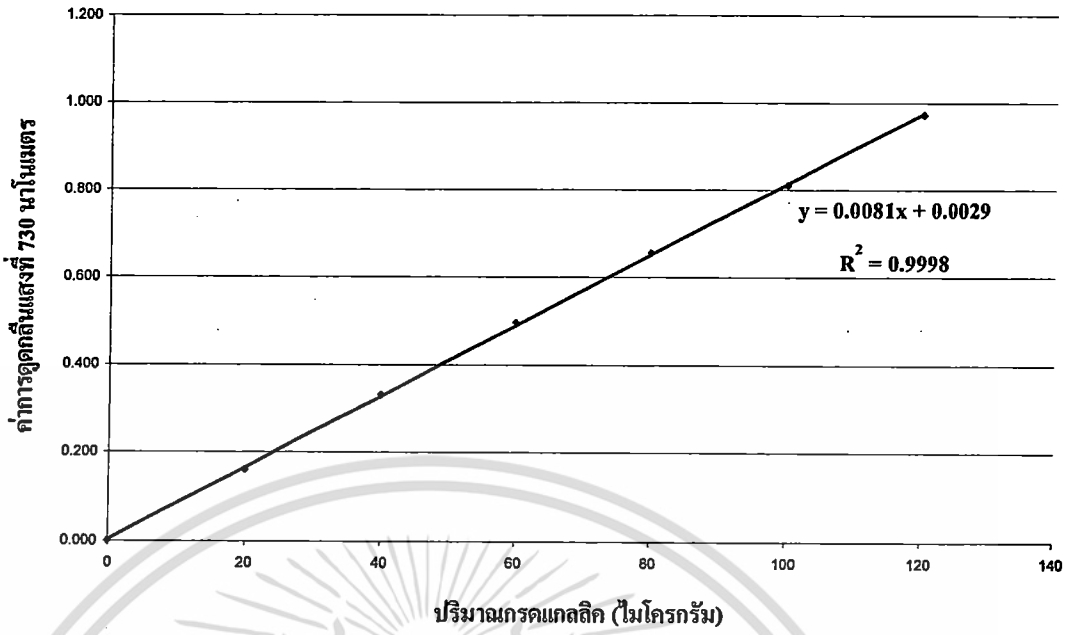
การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

1. ชั่งกรดแกลลิค 0.04 กรัม ละลายในเอธานอล 95% ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร
2. เตรียมหลอดทดลองที่มีสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคที่มีความเข้มข้นต่างกันดังตาราง

หลอดทดลองที่	สารละลายแกลลิค (มิลลิลิตร)	น้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดแกลลิค (ไมโครกรัม)
1	0	10	0
2	0.05	9.95	20
3	0.10	9.90	40
4	0.15	9.85	60
5	0.20	9.80	80
6	0.25	9.75	100
7	0.30	9.75	120

3. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที
4. เติมสารละลายละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น 10% จำนวน 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงดังกล่าวกับปริมาณกรดแกลลิคเป็นไมโครกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิค

ขั้นตอนการเตรียมสารสกัดตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างใยอาหารผงที่เตรียมได้ 3.85 กรัม ใส่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมเอธานอล 95% ปริมาตร 50 มิลลิลิตร
3. สกัดด้วยวิธีการรีฟลักซ์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. กรองสารสกัดตัวอย่างที่ได้ด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 โดยใช้กรวยบุชเนอร์
5. ปรับปริมาตรของสารสกัดตัวอย่างที่ได้ในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยเอธานอล 95%

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่าง

1. ปิเปตสารสกัดตัวอย่างจากขวดในข้อ 5 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตร (สำหรับ blank ใช้เอธานอล 95% แทนสารตัวอย่าง)
2. เติมสารละลาย Folin-Ciocalteau ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที
3. เติมสารละลายละลาย Na_2CO_3 เข้มข้น 10% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำ (Robertson *et al.*, 2000)

วิธีการ

1. ชั่งใยอาหารผง 3 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง
2. เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งถึงสภาวะสมดุล (ประมาณ 18 ชั่วโมง)
3. นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 x g เป็นเวลา 20 นาที
4. รินส่วนของเหลวด้านบนออกและเก็บส่วนที่เป็นตะกอนด้านล่างไปชั่งน้ำหนัก (residue fresh weight)
5. นำตะกอนที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปทำให้แห้งโดยการเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
6. ชั่งน้ำหนักตะกอนที่แห้งแล้ว (residue dry weight)
7. คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (water holding capacity : WHC) จากสูตร

$$\text{WHC (g/g)} = \frac{\text{Residue fresh weight} - \text{Residue dry weight}}{\text{Residue dry weight}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (Robertson *et al.*, 2000)

วิธีการ

1. ชั่งใยอาหารผง 3 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง
2. เติมน้ำมัน 30 มิลลิลิตร และตั้งทิ้งไว้จนกระทั่งถึงสภาวะสมดุล (ประมาณ 18 ชั่วโมง)
3. นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 x g เป็นเวลา 20 นาที
4. นำส่วนของเหลวด้านบนออกและเก็บส่วนที่เป็นตะกอนด้านล่างไปชั่งน้ำหนัก (residue fresh weight)
5. นำตะกอนที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปทำการสกัดไขมันออก โดยใช้เครื่องสกัดไขมัน (soxhlet)
6. นำตะกอนที่สกัดไขมันออกแล้วไปชั่งน้ำหนัก (residue dry weight)
7. คำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (oil absorption capacity : OAC) จากสูตร

$$\text{OAC (g/g)} = \frac{\text{Residue fresh weight - Residue dry weight}}{\text{Residue dry weight}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (ประพันธ์, 2538)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี DNS method ตามวิธีที่รายงานโดยประพันธ์ (2538) มีขั้นตอนดังนี้

1) การสกัดตัวอย่าง

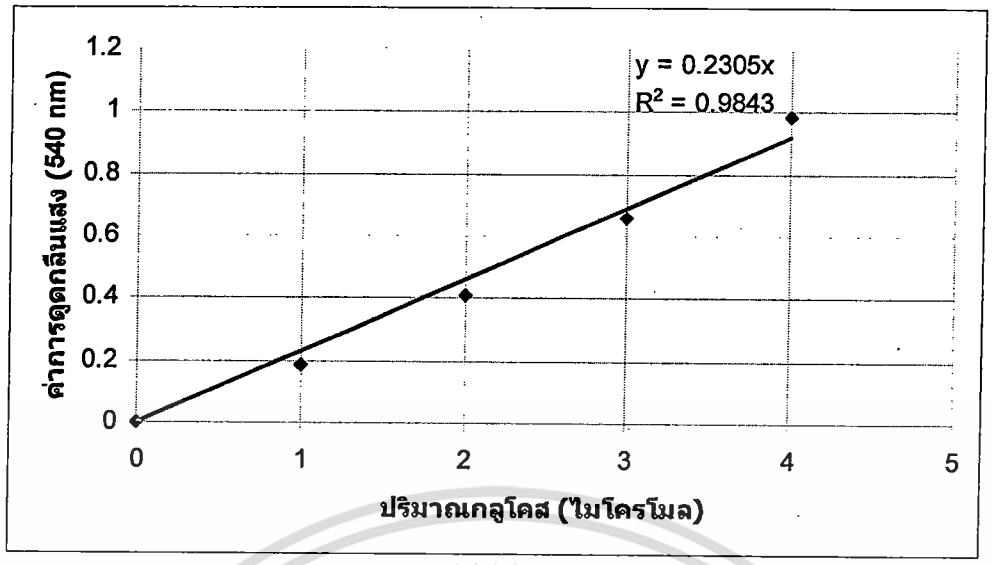
ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสพร้อมกับเขย่าตลอดเวลาเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองเอาส่วนของกากตัวอย่างทิ้งไปโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับปริมาตรสารสกัดตัวอย่างที่ได้ให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2) การเตรียมกราฟมาตรฐานของกลูโคส

เตรียมสารละลายกลูโคสที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง (MW = 180.2) 5.0 ไมโครโมล/มิลลิลิตร โดยละลายกลูโคส 0.04505 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

ปิเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (5.0ไมโครโมล/มิลลิลิตร) ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นโดยให้ปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม DNS reagent หลอดละ 1 มิลลิลิตร แช่หลอดลงในน้ำเดือดนาน 3 นาที แล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วเติมน้ำกลั่นอีก 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยหลอดเปรียบเทียบ (blank) ใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส เมื่อเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกลูโคสในแต่ละหลอดจะได้เป็นกราฟมาตรฐานของสารละลายกลูโคส แสดงดังรูปที่ ช 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่าง

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดที่เตรียมได้มา 1 มิลลิลิตร เติม DNS reagent 1 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นแช่หลอดลงในน้ำเดือดนาน 3 นาทีแล้วนำมาแช่ในน้ำเย็นทันที เมื่อเย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างสามารถคำนวณได้โดยใช้กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส

4) ตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่าง

จากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เท่ากับ 0.326 สามารถคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างได้จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานดังนี้

$$y = 0.2305x$$

$$0.326 = 0.2305x$$

$$x = 1.4143 \text{ ไมโครกรัม / 1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง}$$

เนื่องจากเจือจางตัวอย่าง 10 เท่า ; $x = 14.14$ ไมโครกรัม / 1 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง

หมายความว่า ในสารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 14.14 ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น ในสารสกัดตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $= 14.14 \times 100$

$= 1414$ ไมโครกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง

$= 1.41$ มิลลิกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (AOAC, 1995)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก โดยวิธีการไตเตรชันตามวิธีที่รายงานโดย AOAC (1995) มีขั้นตอนดังนี้

1) การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุกจำนวน 1 กรัม มาต้มกับน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลานานประมาณ 1 ชั่วโมงพร้อมเขย่าตลอดเวลา เมื่อครบกำหนดทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ก่อนปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด

ปิเปตสารสกัดตัวอย่างจำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน (1%) จำนวน 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน NaOH จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน เปอร์เซนต์ความเป็นกรดของตัวอย่างสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\%\text{ ความเป็นกรด} = \frac{\text{ml NaOH x Normality NaOH x Equivalent wt. of acid x 100}}{\text{g. sample x 1000}}$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าความเป็นกรดของตัวอย่าง

เมื่อปิเปตสารสกัดตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก ที่ได้จากการชั่งตัวอย่างจำนวน 1 กรัม มาต้มกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน (1%) จำนวน 1-2 หยด เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน 0.0102 N NaOH จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน โดยใช้สารละลาย NaOH 12 มิลลิลิตร และเนื่องจากกรดที่พบมากในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงสุก คือ กรดมาลิค (http://kanchanapisek. or.th/kp6/BOOK26/chapter6/ t26-6-l1.htm) ซึ่งมีน้ำหนักสมมูลเท่ากับ 134.09 สามารถคำนวณค่า % ความเป็นกรด ได้ดังนี้

$$\%\text{ ความเป็นกรด} = \frac{\text{ml. NaOH x Normality NaOH x Equivalent wt. of acid x 100}}{\text{g. sample x 1000}}$$

$$= \frac{12 \times 0.01 \times 134.09 \times 100}{1 \times 1000}$$

$$= 1.57\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

การหาปริมาตรจำเพาะขนมปัง โดยวิธี rapeseed displacement

การหาค่าปริมาตรจำเพาะขนมปังโดยวิธี Rapeseed displacement โดยใช้เมล็ดงาในการแทนที่ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2524) มีวิธีการทำโดยใช้เมล็ดงาที่แห้งและสะอาด ใส่ลงในกล่องพลาสติกใสลักษณะสี่เหลี่ยมจนเต็มโดยไม่ต้องกดหรือเขย่ากล่อง ปาดส่วนที่เกินออก จากนั้นนำเมล็ดงาทั้งหมดที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกไปหาปริมาตรโดยใช้กระบอกตวง ปริมาตรของเมล็ดงาที่อ่านค่าได้จะเท่ากับปริมาตรของกล่องพลาสติกใสซึ่งเป็นภาชนะที่นำมาใช้หาปริมาตรขนมปัง จากนั้นนำก้อนขนมปังที่ต้องการทราบปริมาตรวางในภาชนะ พลาสติกใสใบเดิม และใช้เมล็ดงาที่แห้งและสะอาดที่ใช้หาปริมาตรภาชนะ เทลงไปในกล่องพลาสติกใสที่มีขนมปัง ทีละน้อยๆ เพื่อแทนที่ปริมาตรที่เหลือในภาชนะจนเต็ม และปาดออกโดยไม่ต้องเขย่าหรือกดทับ จากนั้นนำส่วนที่เหลือมาตวงโดยกระบอกตวง จะได้ปริมาตรของขนมปัง ที่อยู่ในภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความนุ่ม

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = ไม่มีความนุ่ม , 2 = มีความนุ่มน้อย , 3 = มีความนุ่มปานกลาง , 4 = มีความนุ่มมาก , 5 = มีความนุ่มมากที่สุด)

5. ความเหนียว

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = ไม่มีความเหนียว , 2 = มีความเหนียวเล็กน้อย , 3 = มีความเหนียวปานกลาง , 4 = มีความเหนียวมาก , 5 = มีความเหนียวมากที่สุด)

6. ความชุ่มชื้น

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = ไม่มีความชุ่มชื้น , 2 = มีความชุ่มชื้นเล็กน้อย , 3 = มีความชุ่มชื้นปานกลาง , 4 = มีความชุ่มชื้นมาก , 5 = มีความชุ่มชื้นมากที่สุด)

7. การยอมรับโดยรวม

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = ไม่ชอบ , 2 = ชอบเล็กน้อย , 3 = ชอบปานกลาง , 4 = ชอบมาก , 5 = ชอบมากที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความนุ่ม

รหัส	.....	.....	.....	.....	.....
คะแนน	.....	.....	.....	.....	.....

5. ความเหนียว

รหัส	.....	.....	.....	.....	.....
คะแนน	.....	.....	.....	.....	.....

6. ความชุ่มชื้น

รหัส	.....	.....	.....	.....	.....
คะแนน	.....	.....	.....	.....	.....

7. การยอมรับโดยรวม

รหัส	.....	.....	.....	.....	.....
คะแนน	.....	.....	.....	.....	.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฎ

การวิเคราะห์ค่า thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

การวิเคราะห์ค่า thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) ตามวิธีที่รายงานโดย AOAC (1995) มีวิธีการดังนี้ ชั่งตัวอย่างขนมปังที่บดหยาบแล้วจำนวน 10 กรัมใส่ในฟาสก์รูปมะเฟืองแล้วปั่นกับน้ำกลั่น 96.5 มิลลิลิตร นาน 2 นาที จากนั้นถ่ายตัวอย่างใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริค 4 โมลาร์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างไปกลั่นจนได้ส่วนใสจำนวน 50 มิลลิลิตร (ใช้เวลาประมาณ 30-45 นาที) นำส่วนใสที่กลั่นได้ปริมาตร 5 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมกรดไธโอบาร์บิทูริค 0.02 โมลาร์ที่ละลายในกรดอะซิติคจำนวน 5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลอง เขย่าสารละลายแล้วจุ่มลงในอ่างน้ำเดือดนานประมาณ 35 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาทำให้เย็นลงภายในเวลา 10 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ค่า TBARS สามารถคำนวณได้จากสูตร

ค่า TBARS number (มิลลิกรัม malonaldehyde / กิโลกรัมตัวอย่าง) = 8.1 x absorbance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้