หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

21062

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพของขนมปัง

Influence of replacement of wheat flour by antioxidant dietary fiber prepared from mango peel on the qualities of bread

T096619

จัดทำโดย

นางสาวกริญญา แกะประจักษ์ รหัสนักศึกษา 45040177
นางสาวตะวัน แสงสว่าง รหัสนักศึกษา 45040195
นางสาววรรธนมณฑน์ ชาญจารุจิตร์ รหัสนักศึกษา 45040222

ปพ.
ก2440
2548
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 36619
วัน,เดือน,ปี 5 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศาสตร์บัณฑิต
โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วง
ต่อคุณภาพของขนมปัง

Influence of addition of antioxidant dietary fiber prepared from mango peel on the qualities of bread

จัดทำโดย

นางสาวกริญญา แกะประจักษ์	รหัสนักศึกษา 45040177
นางสาวตะวัน แสงสว่าง	รหัสนักศึกษา 45040195
นางสาววรรธนมณฑน์ ชาญจารุจิตร์	รหัสนักศึกษา 45040222

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 25/เม.ย./49

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(ผศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาวกริญญา แกะประจักษ์, นางสาวตะวัน แสงสว่าง และนางสาววรรธนมณฑน์ ชาญจารุจิตร์. 2548: ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพของขนมปัง (Influence of replacement of wheat flour by antioxidant dietary fiber prepared from mango peel on the qualities of bread) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีแนวโน้มในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ตามหลักเกณฑ์ที่นำเสนอโดย Saura-Calixto (2003) โดยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 50.95 % โดยน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของใยอาหารผงที่เตรียมได้มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 65.30 ± 0.32 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 200 มิลลิกรัม และมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้เท่ากับ 61.79 ± 0.70 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัม

เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในขนมปัง พบว่าการทดแทนเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณเพิ่มขึ้น น้ำหนักของขนมปังที่สูญเสียภายหลังจากการอบและปริมาตรของขนมปังจะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ขนมปังที่ได้มีความเข้มของสี รวมทั้งกลิ่นและรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ความนุ่ม ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของขนมปังลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในขนมปังได้ถึง 5 % โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ ขนมปังที่ได้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ในระหว่างการเก็บรักษาในถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิห้องช้ากว่าตัวอย่างควบคุม

ลายมือนักศึกษา	ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน/เดือน/ปี
กริญญา แกะประจักษ์		
ตะวัน แสงสว่าง		
วรรธนมณฑน์ ชาญจารุจิตร์		25/ส.ค./49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง ผลของการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพของขนมปังนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ทางผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษของข้าพเจ้า ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และความคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยแก้ไขรายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เพื่อให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่กรุณาช่วยแนะนำ ให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อผิดพลาดในการทดลองให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง และขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ และกำลังใจที่มีให้กันเสมอมา

นางสาวกริญญา แกะประจักษ์
นางสาวตะวัน แสงสว่าง
นางสาววรรธนมณฑน์ ชาญจารุจิตร์
17 เมษายน 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์	3
คำจำกัดความของใยอาหารและใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	3
ชนิดและโครงสร้างของใยอาหาร	3
การวิเคราะห์อาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	6
แหล่งของใยอาหาร	9
ปริมาณใยอาหารที่ควรได้รับ	9
ตัวอย่างของแหล่งอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน	11
การใช้ประโยชน์จากใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ	13
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	15
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	21
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก	36
ภาคผนวก ข	38
ภาคผนวก ค	42
ภาคผนวก ง	44
ภาคผนวก จ	47
ภาคผนวก ฉ	48
ภาคผนวก ช	49
ภาคผนวก ซ	51
ภาคผนวก ญ	54
ภาคผนวก ฎ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฏ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างของแหล่งใยอาหารที่นำมาประยุกต์ใช้ในอาหาร	10
2.2 ค่า EC_{50} ของตัวอย่างกากองุ่นและไวน์แดงเปรียบเทียบกับวิตามินอี	12
4.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก	21
4.2 น้ำหนักที่สูญเสียหลังจากการอบและปริมาตรของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง ๆ กัน	24
4.3 ค่าความแตกต่างของสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง ๆ	26
4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก	27
4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 3% และ 5% โดยน้ำหนักแป้งสาลี	28
4.6 ปริมาณใยอาหารทั้งหมดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก	29
ข1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส	4
2.2 โครงสร้างทางเคมีของเพกติน	5
2.3 โครงสร้างทางเคมีของ เบต้า – กลูแคน	6
2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดโดยสังเขป	7
4.1 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (ก) และความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยวิธี FTC (ข) ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 มิลลิกรัม (ก) และ 200 มิลลิกรัม (ข)	22
4.2 ลักษณะเปลือก (ก) และเนื้อใน (ข) ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง ๆ กัน	24
4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่างกัน	32
ข1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิคและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร	40
ข1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีใยอาหารเป็นองค์ประกอบปริมาณสูงจึงได้รับความนิยมในการบริโภคจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่าใยอาหารมีบทบาทสำคัญต่อระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ และยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและไขมันอีกด้วย

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Antioxidant dietary fiber) หมายถึง ใยอาหารที่ประกอบด้วยสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันตามธรรมชาติในปริมาณสูง โดยรวมอยู่กับโครงร่างของเส้นใยอาหาร อาหารที่มีคุณสมบัติเป็นแหล่งใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดีปริมาณ 1 กรัม ควรมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (ตรวจวัดด้วยวิธี FTC) และควรมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ (free radical) ได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (ตรวจวัดด้วยวิธี DPPH$^{\cdot}$)

สารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สำคัญและพบมากในผักผลไม้ ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติ มีผลดีต่อสุขภาพ โดยมีคุณสมบัติป้องกันโรคร้ายแรงหลายชนิด เช่น โรคหัวใจและโรคมะเร็ง การศึกษาถึงผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีทั้งคุณสมบัติเป็นใยอาหารและสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีประโยชน์ต่อสุขภาพถึงสองทางพร้อมกัน คือ ประโยชน์จากใยอาหารและประโยชน์จากสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

จากการทดสอบเบื้องต้น เพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีแนวโน้มจะใช้เป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี (เกรียงศักดิ์และประพันธ์, 2548) โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากวัตถุดิบ 5 ชนิด คือ เปลือกแก้วมังกร กากพุทรา กากส้มเขียวหวาน กากฝรั่งและเปลือกมะม่วงสุก เปรียบเทียบกับวิตามินอี พบว่า เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด จากคุณสมบัตินี้เปลือกมะม่วงสุกจึงเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่น่าสนใจ ปัญหาพิเศษนี้จึงได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในผลิตภัณฑ์ขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก
2. เพื่อศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของขนมปัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 คำจำกัดความของใยอาหาร

ใยอาหาร (dietary fiber) หมายถึง ส่วนประกอบของพืชที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่จุลินทรีย์บางชนิดในลำไส้ใหญ่สามารถย่อยส่วนประกอบของใยอาหารได้ โดยทั่วไปเส้นใยที่อยู่ในอาหารจะประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (lignin) เพกติน (pectin) กัม (gun) และ เบต้า-กลูแคน (β-glucan) (Prosky and DeVries, 1992)

ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant dietary fiber, ADF) หมายถึง ใยอาหารที่ประกอบด้วยสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติในปริมาณสูง โดยรวมอยู่กับโครงร่างของเส้นใยอาหาร อาหารที่มีคุณสมบัติเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมีหลักในการพิจารณาดังนี้ (Saura-Calixto, 2003)

1. ควรมีปริมาณใยอาหารมากกว่า 50% ของน้ำหนักแห้ง
2. 1 กรัม ของอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควรจะมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (ตรวจวัดด้วยวิธี FTC) และควรมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ (free radical) ได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (ตรวจวัดด้วยวิธี $DPPH^{\cdot}$)
3. ความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ต้องเป็นคุณสมบัติที่มีอยู่แล้วภายในตัววัตถุดิบตามธรรมชาติ ไม่ใช่ด้วยวิธีการเติมลงไป หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมี หรือปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการเตรียม

2.2 ชนิดและโครงสร้างของใยอาหาร

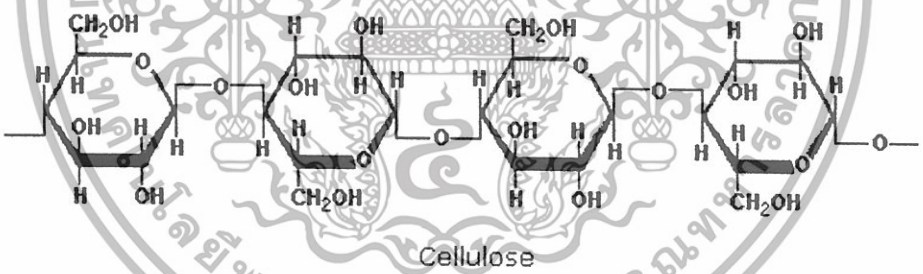
เมื่อนำใยอาหารมาวิเคราะห์ทางเคมี จะสามารถแบ่งองค์ประกอบของใยอาหารตามความสามารถในการละลายน้ำออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber)

เป็นโครงสร้างของพืชชนิดที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ มีลักษณะเป็นกากใยเพราะไม่ละลายน้ำ เมื่อบริโภคใยอาหารกลุ่มนี้ ใยอาหารจะมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ โดยเกิดจากการพองตัวในลักษณะที่คล้ายฟองน้ำ ทำให้มีการเพิ่มปริมาตรของกระเพาะอาหารจึงทำให้รู้สึกอิ่ม เพิ่มปริมาตรของเสียที่จะขับถ่าย ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ จึงทำให้สารพิษต่าง ๆ ที่รับประทานเข้าไปพร้อมอาหารถูกขับถ่ายได้เร็วขึ้น ไม่ตกค้างในลำไส้ (Stark and Madar, 1994) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมี 3 ชนิด คือ

1) **เซลลูโลส** เป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืช ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสมากกว่า 3,000 หน่วยเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-1,4 ซึ่งแตกต่างจากแป้ง ที่เชื่อมต่อแต่ละโมเลกุลของกลูโคสด้วยพันธะ α-1,4 และ 1,6 ทำให้น้ำย่อยอะไมเลสที่ย่อยแป้งไม่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ สายโมเลกุลกลูโคสของเซลลูโลสจับกันเองในแนวขนานด้วยพันธะไฮโดรเจน ซึ่งมีทั้งโมเลกุลที่เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันและสวนทางกัน บางส่วนของโมเลกุลมีส่วนที่เรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ จับกันไม่แน่น ส่วนนี้เองที่สามารถดูดซับน้ำไว้ได้ ทำให้เกิดการพองตัวของเซลลูโลส โครงสร้างของเซลลูโลสแสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

ที่มา : http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html

2) เฮมิเซลลูโลส เป็นโครงสร้างหลักของผนังเซลล์พืชเช่นเดียวกับเซลลูโลส โครงสร้างหลักของเฮมิเซลลูโลสประกอบด้วยกลุ่มของน้ำตาลโมโนแซกคาไรด์ชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ที่มีคุณสมบัติในการละลายได้ในสารละลายด่างเหมือนกันมาเชื่อมต่อกัน น้ำตาลโมโนแซกคาไรด์ที่พบมากในเฮมิเซลลูโลส คือ ไซแลน (xylans) กลูโคส (glucose) แมนโนส (mannose) และมีโมเลกุลด้านข้าง (side chain) เป็นน้ำตาลโมโนแซกคาไรด์อื่น ๆ เช่น แอล-อะราบิโนส (L-arabinose)

3) ลิกนิน เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากการรวมตัวกันของโมเลกุลแอลกอฮอล์ที่มีรูปร่างเป็นวงแหวน เช่น ซินนามิล (cinnamyl), ซัยรินจิล (syringyl) และ กัวเอียซิล (guaicyl) มี

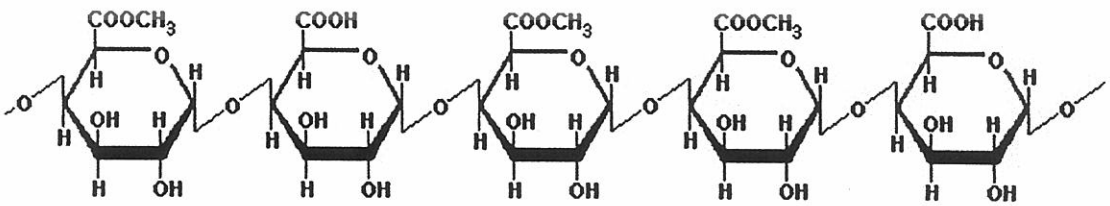
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะแข็งใกล้เคียงเนื้อไม้ แบคทีเรียในลำไส้ไม่สามารถย่อยลิกนินได้ พบว่าเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะมีปริมาณลิกนินสูงขึ้น ทำให้ทนต่อการย่อยสลายมากขึ้นด้วย (Prosky and DeVries, 1992)

2.2.2 ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber)

ใยอาหารที่ละลายน้ำได้มักมีโมเลกุลเล็กกว่าใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะเหมือนเจล ไม่ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระหรือลดเวลาที่ของเสียจะอยู่ในร่างกายเหมือนใยอาหารชนิดที่ไม่ละลายน้ำ แต่มีความสามารถในการหมักโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่สูงและมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและไขมัน (Stark and Madar, 1994) ใยอาหารที่ละลายน้ำ มี 3 ชนิด คือ

1) **เพกติน** โครงสร้างของเพกตินเป็นสายพอลิเมอร์ของกรดกาแลกตูโรนิค (D-galacturonic acid) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 มีโมเลกุลด้านข้างเป็นน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เช่น แรมโนส (rhamnose) อะราบิโนส (arabinose) เป็นต้น เพกตินละลายได้ในน้ำร้อนและสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่อเย็นลง เมื่ออยู่ในผนังเซลล์จะไม่ละลายน้ำเพราะจับอยู่กับแคลเซียม เพกตินในพืชที่ยังอ่อนอยู่หรือในผลไม้ดิบจะไม่ละลายน้ำเรียกว่า โพรโตเพกติน (protopectin) เมื่อผลไม้สุกจะมีเอนไซม์ชื่อโพรโตเพคติเนส (protopectinase) มาเปลี่ยนสารเหล่านี้ให้กลายเป็นเพกตินซึ่งละลายน้ำได้ มีผลทำให้ผลไม้สุก เนื้อเยื่อของพืชแยกจากกันและนิ่ม ปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเกิดขึ้นเมื่อถูกกรดหรือความร้อนจากการหุงต้มก็ได้ ถ้าอยู่ในสภาวะที่มีกรดและน้ำตาลจะเกิดเป็นเจล มีลักษณะเป็น colloidal suspension จึงมักใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดของอาหาร (thickening agent) ในการทำน้ำผลไม้ โรงงานอุตสาหกรรมผักและผลไม้กระป๋อง มักมีการแช่ผักหรือผลไม้ในสารละลายเกลือแคลเซียมก่อนบรรจุและก่อนให้ความร้อน เพื่อให้เกิดเกลือที่ไม่ละลายน้ำจำพวกแคลเซียมเพคเตด (calcium pectate) ซึ่งจะเพิ่มความกรอบของผักหรือผลไม้ (ปาริชาติ, 2544) โครงสร้างของเพคตินแสดงดังรูปที่ 2.2

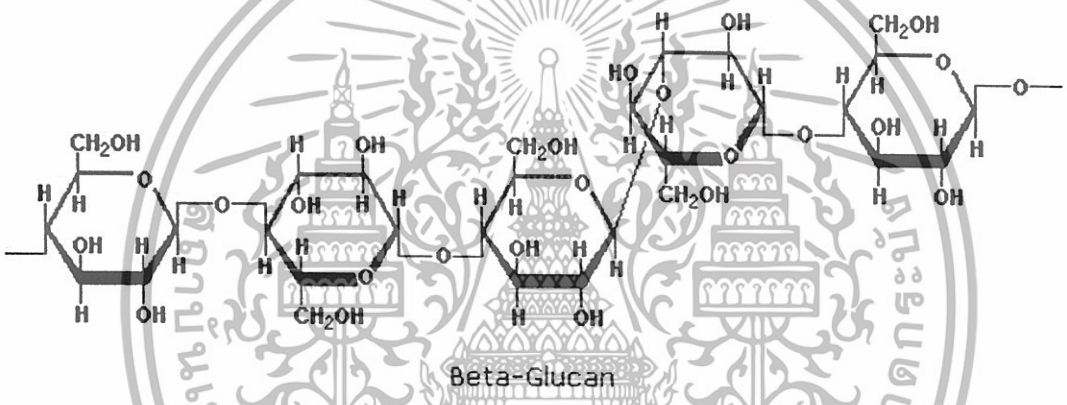


รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของเพกติน
ที่มา : http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กัม เป็นพอลิเมอร์ของแมนโนส (β-D-mannose) และกาแลกโตส เมื่อละลายน้ำจะทำให้เกิดเป็นสารละลายที่มีความข้นหนืดเพิ่มมากขึ้น สามารถดูดซับน้ำได้ดี (strong hydration) ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจลและสารเพิ่มความข้นหนืดในอาหาร กัมในที่นี้จะรวมถึง อาการ์ (agar) อัลจิเนต (alginate) กัมอะราบิก (gum arabic) คาราจีแนน (carrageenan) กัวกัม (guar gum) กัมคารายา (gum karaya) โลคอสบีนกัม (locust bean gum) แซนแทนกัม (xanthan gum)

3) เบต้า-กลูแคน (β - glucan) เป็นสายพอลิเมอร์ของกลูโคส โดยแต่ละโมโนเมอร์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β-1,4 และ β-1,6 ทำให้ทนต่อการย่อยสลายโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหาร พบมากในข้าวโอ๊ตและข้าวบาร์เลย์ (Prosky and DeVries,1992) โครงสร้างของเบต้า-กลูแคนแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของ เบต้า - กลูแคน

ที่มา : http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html

2.3 การวิเคราะห์อาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

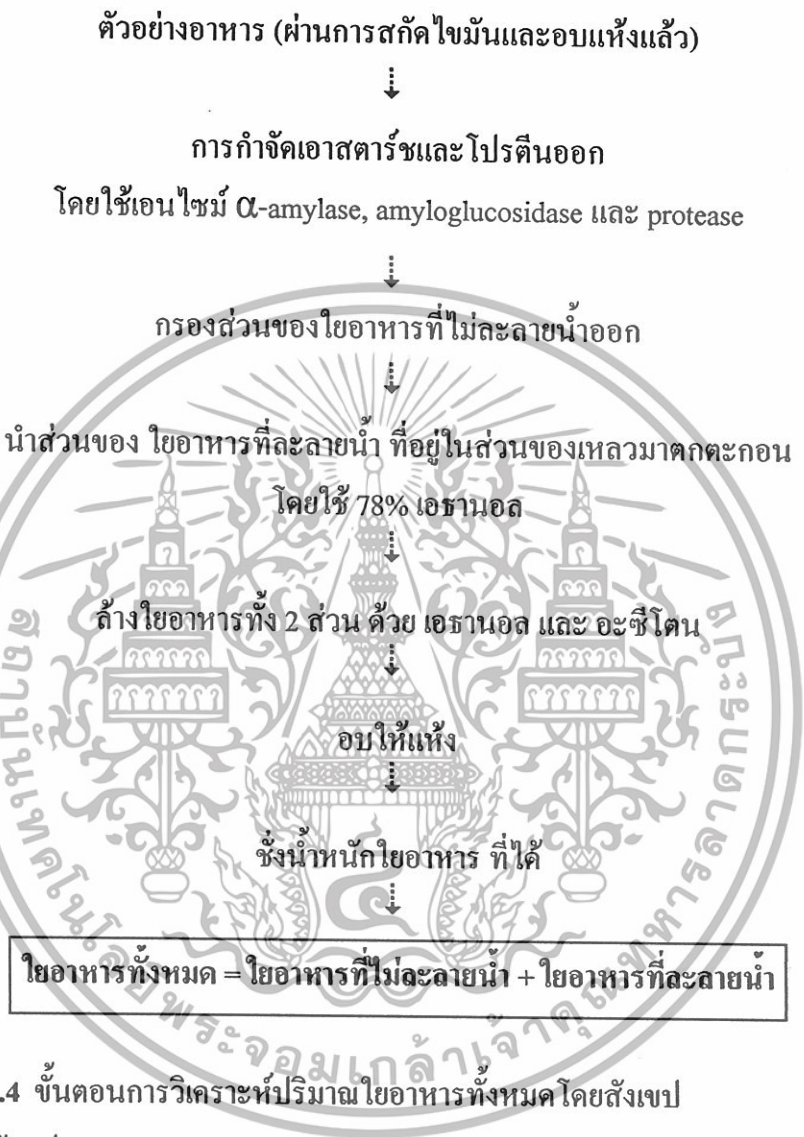
การวิเคราะห์อาหารที่มีคุณสมบัติเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของใยอาหารทั้งหมดและการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดมี 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ วิธี Enzymatic-gravimetric และวิธีทาง Enzymatic-chemical สำหรับวิธีมาตรฐานซึ่งนิยมใช้จะเป็นวิธี Enzymatic-gravimetric

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ และปริมาณใยอาหารทั้งหมด ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์โดยสังเขปดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดโดยสังเขป
ที่มา ดัดแปลงจาก วรรณา และคณะ, 2547

2.3.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ในการวิเคราะห์สมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของตัวอย่างอาหารจะมีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหาร เช่น ความสามารถในการกระจายตัวในเฟสของน้ำมันและน้ำ (lipid / aqueous phase) ของสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน สภาวะการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและสภาวะทางกายภาพของสารตั้งต้นของปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นต้น จากอิทธิพลของพารามิเตอร์เหล่านี้ ทำให้ไม่สามารถใช้วิธีใดเพียงวิธีหนึ่งในการตรวจสอบสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารใด ๆ วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารหรือสารประกอบต่าง ๆ มีหลายวิธี แต่จะกล่าวในที่นี้ 2 วิธี ดังนี้

1) DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging assay

เมื่ออนุมูลอิสระ DPPH ทำปฏิกิริยากับสารที่มีคุณสมบัติต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สามารถให้ไฮโดรเจนอะตอมได้ อนุมูลอิสระ DPPH จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นโมเลกุล DPPH และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีจากสีม่วงเข้มไปเป็นไม่มีสี สามารถตรวจติดตามประสิทธิภาพการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังนี้ (Brand-Williams *et .al.* 1995)

$$DPPH^{\cdot} + PheOH \longrightarrow DPPH + [PheO^{\cdot}]$$

อนุมูลอิสระ (สีม่วง) — โมเลกุล (ไม่มีสี)

2) Ferric Thiocyanate Colorimetric method (FTC)

เป็นการวัดความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังนี้

$$\text{กรดลิโนเลอิก} \xrightarrow{\hat{O}} \text{สารผลิตภัณฑ์}$$

$$\text{สารผลิตภัณฑ์} + FeCl_2 + NH_4SCN \longrightarrow \text{สารประกอบเชิงซ้อนของ } Fe^{3+}$$

จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

กรดลิโนเลอิกเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดสารผลิตภัณฑ์ เช่น $RO^{\cdot}$, $ROO^{\cdot}$ ขึ้น สารผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเหล่านี้ เมื่อทำปฏิกิริยากับเฟอร์รัสคลอไรด์ ($FeCl_2$) โดยไปรีดิวซ์ Fe^{2+} ให้เป็น Fe^{3+} และในสภาวะที่มีแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต (NH_4SCN) จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาลแดงของ Fe^{3+} ขึ้น สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 500 nm (Larrauri *et. al.*, 1997)

ค่า Oxidation Index (OI) ได้จากสมการ

$$OI = \frac{A\,500_{t}}{A\,500_{t=0}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสารที่มีค่า Oxidation Index ต่ำ แสดงว่าสารนั้นมีกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูง

2.4 แหล่งของใยอาหาร

สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) ในพืชผักผลไม้ส่วนใหญ่ที่รับประทานได้ โดยเก็บตัวอย่างสดของอาหารแต่ละชนิดมาจากตลาดขนาดใหญ่และตลาดขายส่ง 10 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่า

พืชที่มีใยอาหารสูง มีใยอาหารตั้งแต่ 19-28 กรัม/อาหาร 100 กรัม ได้แก่ เมล็ดถั่วต่างๆ และเมล็ดธัญพืช เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วแดงหลวง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง งาและรำข้าว

พืชที่มีใยอาหารปานกลาง มีใยอาหารอยู่ในระหว่าง 4-19 กรัม/อาหาร 100 กรัม ได้แก่ ผักและผลไม้ เช่น หัวปลี แครอท มะเขือพวงทั้งเมล็ด สะเดา ใบชะพลู ละมุด ฝรั่ง มะม่วงดิบ

พืชที่มีใยอาหารต่ำ มีใยอาหารน้อยกว่า 4 กรัม/ อาหาร 100 กรัม ได้แก่ ผักและผลไม้ที่มีน้ำมาก เช่น แตงโม สับปะรด

ตัวอย่างแหล่งของใยอาหารที่นำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารแสดงดังตารางที่ 2.1

2.5 ปริมาณใยอาหารที่ควรได้รับ

คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย โดยกองโภชนาการ กรมส่งเสริมสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข ได้จัดทำปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546 ขึ้น โดยเสนอแนะว่า การบริโภคใยอาหารจะช่วยให้อาหารไม่อยู่ในลำไส้นาน ท้องไม่ผูก ลดความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ เนื่องจากช่วยลดความเข้มข้นของสารก่อมะเร็ง และเร่งเวลาในการขับถ่าย เป็นการลดโอกาสที่เนื้อเยื่อของลำไส้ใหญ่จะสัมผัสกับสารก่อมะเร็งที่อาจมีอยู่ในอาหาร นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคอื่น ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด ผู้ใหญ่ควรบริโภคใยอาหารวันละ 25 กรัม และสำหรับเด็กคิดจากอายุเป็นปีรวมกับอีก 5 กรัม เป็นจำนวนใยอาหารที่ควรบริโภคต่อวัน ทั้งนี้การบริโภคใยอาหารที่มากเกินไปอาจขัดขวางการดูดซึมของวิตามินและแร่ธาตุบางชนิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของแหล่งใยอาหารที่นำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

แหล่งของใยอาหาร	ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง)
ธัญพืช	
ข้าวบาร์เลย์	35-70
ข้าวโพด	50-95
ข้าวสาลี	10-65
ข้าวโอ๊ต	15-95
ผัก	
มะเขือเทศ	72-86
มันฝรั่ง	50-55
มันสำปะหลัง	70
เมล็ดโกโก้	55-75
หัวบีท	60-80
ผลไม้	
แอบเปิ้ล	43-60
ส้ม	25-70
พีช	10
ลูกแพร์	13-14
ถั่ว	
อัลมอนด์	2-12
เฮเซลนัท	3
เซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลส	75-100
กัม	
อาการ์	75-85
คาราจีแนน	85-90
กัว	85-90
กัมอาราบิค	80-90
โลคอสบีนกัม	90

ที่มา : Gelroth and Ranhotra, 2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ตัวอย่างของแหล่งอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน

คุณสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันส่วนใหญ่ที่อยู่ในพืช มักจะมาจากสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีความซับซ้อน มีขนาดมวลโมเลกุลที่แตกต่างกันมาก โดยอาจพบอยู่ในรูปอิสระ หรือรวมตัวอยู่กับโปรตีนหรือผนังเซลล์ของพืช ซึ่งมีการแบ่งประเภทของโพลีฟีนอลตามคุณสมบัติการละลายได้เป็น 2 ประเภท คือ (Saura-Calixto, 1998)

1) Soluble or extractable polyphenol (EPP)

มีสูตรโครงสร้างพื้นฐานเป็น flavan-3-ol และ flavan-3,4-diol เป็นโพลีฟีนอลพวกที่มีมวลโมเลกุลต่ำหรือปานกลาง สามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน ส่วนนี้จะมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งจะอยู่ในส่วนของใยอาหารที่ละลายน้ำได้

2) Nonextractable polyphenol (NEPP)

ส่วนใหญ่เป็น condensed tannin มีมวลโมเลกุลสูง ไม่ละลายทั้งในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ ไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็กเนื่องจากไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ โดยจะเหลืออยู่ในกากของใยอาหารที่ไม่ละลายในน้ำ และไม่เกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ ตัวอย่างของอาหารที่มีคุณสมบัติเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็น EPP และ NEPP ดังนี้

เกรียงศักดิ์และประพันธ์ (2548) ทดลองเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบที่มีแนวโน้มจะใช้เป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี โดยการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากวัตถุดิบ 5 ชนิด คือ เปลือกแก้วมังกร กากพุทรา กากส้มเขียวหวาน กากฝรั่งและเปลือกมะม่วงสุก เปรียบเทียบกับวิตามินอี พบว่า เปลือกมะม่วงสุกมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดีที่สุด จากคุณสมบัตินี้ เปลือกมะม่วงจึงเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่น่าสนใจ ในการเลือกนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยสภาวะต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เหมาะสม คือ การนำตัวอย่างมาล้างเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ลดขนาดตัวอย่างลงให้มีขนาด 0.5x1.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปบดแห้งให้มีขนาดที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน

Larrauri และคณะ (1997) ศึกษาความสามารถการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเปรียบเทียบกับวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติ และ BHA (2-*tert*-butyl-4-hydroxyanisol) ซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสังเคราะห์ พบว่ากิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของ BHA เกิดขึ้นมากที่สุดรองลงมา คือใยอาหารจากเปลือกมะม่วงและวิตามินอี โดยพบว่าในเปลือกมะม่วงมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 70.8% และมีปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมด 7%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saura-Calixto (1998) ได้กล่าวถึงการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากกากองุ่น โดยได้มาจากองุ่นแดงและองุ่นขาวที่ผ่านการคั้นน้ำออกแล้วในกระบวนการผลิตไวน์หรือน้ำองุ่น โดยปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันขององุ่น ได้แก่ พันธุ์องุ่น ลักษณะประจำพันธุ์ และกรรมวิธีในการผลิตไวน์ เช่น เวลาที่ใช้ในการหมัก โดยทั่วไปใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้จากองุ่นนี้ จะมีใยอาหารเป็นองค์ประกอบประมาณ 50-75% , มี EPP 1-9% และมี NEPP 15-30%

สารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในกากองุ่นมีโครงสร้างและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (botanical-physiological) ที่คล้ายคลึงกับสารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในไวน์แดง ซึ่งในความเป็นจริงสารประกอบโพลีฟีนอลที่พบในไวน์ ได้มาจากผิวขององุ่นซึ่งถูกปล่อยออกมาในระหว่างกระบวนการผลิตไวน์ EPP ที่พบในองุ่นแดง ผิวองุ่นและในไวน์แดง ส่วนใหญ่เป็นโปรไซยานิดิน (procyanidins) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และ กรดฟีนอลิค (phenolic acids) ซึ่งล้วนแล้วแต่มีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งสิ้น

ความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้จากองุ่น แสดงในรูปของ EC_{50} ซึ่งหมายถึงปริมาณตัวอย่างที่ใช้ในการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกลง 50% หรือที่สามารถทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้เท่ากับ 50% ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่า EC_{50} ของตัวอย่างกากองุ่นและไวน์แดงเปรียบเทียบกับวิตามินอี

ตัวอย่าง	EC50	
	FTC method	DPPH method
ใยอาหารจากกากองุ่น (Vitis Fiber)	0.7g (14 mg of EPP)	0.2g (4.0 mg of EPP)
ไวน์แดง	23 ml (41.4 mg of EPP)	3.4 ml (6.2 mg of EPP)
วิตามินอี (DL-α–tocopherol)	0.3 g	0.02 g

ที่มา : Saura-Calixto, 1998

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า EPP ในใยอาหารจากองุ่นมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูงมากกว่าในไวน์แดง โดย EPP 14 มิลลิกรัม ที่สกัดได้จากกากองุ่น 0.7 กรัม มีผลในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (ใช้วิธี FTC) เท่ากับ EPP 41 มิลลิกรัม จากไวน์แดง 23 มิลลิลิตร และ EPP 4 มิลลิกรัม ที่สกัดได้จากกากองุ่น 0.2 กรัม มีความสามารถในการทำลายอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ DPPH เท่ากับ EPP 6.2 มิลลิกรัม ในไวน์ 3.4 มิลลิลิตร และเมื่อเปรียบเทียบกับวิตามินอี (DL-α–tocopherol) ซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันธรรมชาติที่รู้จักกันดี พบว่า ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ได้จากองุ่น 1 กรัม สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระในหลอดทดลองเท่ากับวิตามินอี 400 มิลลิกรัม และ 100 มิลลิกรัม ตามลำดับ

2.7 การใช้ประโยชน์จากใยอาหารในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

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 ($p < 0.05$)

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 ผลที่ได้คืออัตราส่วนของใยอาหารจากของแป้งข้าวฟ่างต่อผงงาดำต่อรำข้าวสาลีเป็น 5 : 3 : 3 ซึ่งมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ตามท้องตลาด พบว่ามีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันอีกด้วย จากนั้นคำนวณหาคุณค่าทางอาหารพบว่า ขนมปังเบอร์เกอร์เสริมใยอาหาร 100 กรัม จะมีพลังงานทั้งหมด 554 กิโลกรัมแคลอรีและมีปริมาณใยอาหาร 4.1 กรัม ในขณะที่ขนมปังเบอร์เกอร์ตามท้องตลาดสูตรปกติมีปริมาณใยอาหาร 1.6 – 2.72 กรัมต่อขนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัง 100 กรัม การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพพบว่าขนมปังเบอร์เกอร์เสริมใยอาหารทุกชนิด จะมีปริมาตรลดลง และมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณใยอาหารสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ

3.1.1 เปลือกมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica L.*) ขอความอนุเคราะห์จากร้านค้าในเขตบางนาและลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตขนมปัง

- แป้งสาลี
- ยีสต์
- เนยขาว
- น้ำตาล
- เกลือ
- วัตถุกันเสีย (แคลเซียมโปรปิโอเนต)

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

- phosphate buffer (pH 6)
- heat-stable α-amylase solution
- protease
- amyloglucosidase solution
- ethanol
- acetone

3.2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

- methanol
- fornic acid
- hexane
- gallic acid
- folin-Cicalteau
- sodium carbonate
- ethanol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

- DL-α-tocopherol
- 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)
- ethanol

3.2.4 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

- ammonium thiocyanate
- ferrous chloride
- hydrochloric acid
- linoleic acid
- ethanol

3.2.5 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

- glucose
- DNS reagent

3.2.6 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ความเป็นกรดทั้งหมด

- sodium hydroxy
- phenolphthalein

3.2.7 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่า TBARS

- thiobarbituric acid
- hydrochloric acid
- acetic acid

3.3 อุปกรณ์

3.3.1 อุปกรณ์ในการเตรียมใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง

- ตู้อบลมร้อน (Tray dryer)
- เครื่องบดหยาบ (Blender)
- เครื่องบดแป้ง (Pinmill)

3.3.2 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง

- เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Halogen Moisture Analyzer)
- เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร
- เครื่องวิเคราะห์โปรตีน
- เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-VISspectrophotometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)
- เครื่องวัดค่า pH (pH meter)
- เตาเผา
- ปั๊มสุญญากาศ

3.3.3 อุปกรณ์ในการผลิตขนมปัง

- เครื่องผสม
- เตาอบ
- ตู้บ่มขนมปัง

3.3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของขนมปัง

- เครื่องวัดสี (chroma meter)
- เมล็ดงา

3.3.5 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

- อุปกรณ์ในการเสริฟตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพาสติก จาน แก้วน้ำ เป็นต้น
- แบบสอบถาม

3.4 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก

การเตรียมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ใช้วิธีที่รายงานโดย เกรียงศักดิ์และประพันธ์ (2548) โดยนำเปลือกมะม่วงสุกมาล้างน้ำเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกออก ลดขนาดตัวอย่างลงให้มีขนาดประมาณ 0.5 x 1.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปล้างน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนมีปริมาณความชื้นสุดท้ายของตัวอย่างเท่ากับ 7% จากนั้นนำไปบดหยาบด้วยเครื่องบดผสม แล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดแป้งโดยใช้ตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่ได้นำไปเก็บในถุง LDPE ที่อุณหภูมิแช่เย็นเพื่อเก็บไว้ใช้สำหรับการทดลองต่อไป

3.3.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก

นำตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุกตามวิธีในข้อ 3.3.1 มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ ดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber)

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกวิเดชันผงที่เตรียมได้ ใช้วิธี Enzymatic-Gravimetric method (AOAC,1993) ดังแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96619

ภาคผนวก ก ซึ่งแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ควรมีองค์ประกอบที่เป็นใยอาหารไม่น้อยกว่า 50% ของน้ำหนักแห้ง

2) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ใช้วิธี Folin-Ciocalteau method โดยใช้กรดแกลลิค (gallic acid) เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน (Singlecon *et al.*,1999) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ข

3) การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

ใช้วิธี DPPH free-radical scavenging assay ที่รายงานโดย Brand-Williams และคณะ (1995) โดยเปรียบเทียบกับวิตามินอี (DL-α-tocopherol) ซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมาตรฐาน โดยแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี 1 กรัม ควรมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระได้เทียบเท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ค

4) การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

ใช้วิธี ferric thiocyanate colorimetric method (FTC) (Larrauri *et al.*, 1997) โดยเปรียบเทียบกับวิตามินอีซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันมาตรฐาน โดยแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี 1 กรัม ควรมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ง

5) การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำ

การวิเคราะห์หาความสามารถในการดูดซับน้ำของตัวอย่าง จะใช้วิธีที่รายงานโดย Robertson และคณะ (2000) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก จ

6) การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

การวิเคราะห์หาความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวอย่าง จะใช้วิธีที่รายงานโดย Robertson และคณะ (2000) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ฉ

7) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)

ใช้วิธี DNS method โดยอาศัยปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ กับสารละลาย dinitrosalicylic acid reagent น้ำตาลจะไปรีดิวซ์ 3,5-dinitrosalicylic acid ได้เป็นสารโมโนเอมีน (monoamine) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ 540 นาโนเมตร (ประพันธ์ ,2538) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ช

8) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (total titrable acidity)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของตัวอย่าง โดยวิธีการไตเตรชัน จะใช้วิธีที่รายงานโดย AOAC (1993) รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ดูได้ในภาคผนวก ซ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การศึกษาผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากผงเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพของขนมปังแซนวิช

ผลิตขนมปังแซนวิชตามสูตรมาตรฐานดังนี้

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

ขั้นตอนการผลิตขนมปัง เริ่มจากผสมแป้ง ยีสต์และสารกันรารวมลงในเครื่องผสม ตีให้เข้ากันด้วยความเร็วต่ำ จากนั้นผสมส่วนของน้ำ น้ำตาลทรายและเกลือเข้าด้วยกัน คนให้ละลาย แล้วนำมาเติมลงในเครื่องผสม ตีส่วนผสมให้เข้ากันจนไม่มีผงแป้งเหลืออยู่ จากนั้นเติมเนยขาวแล้วตีให้เข้ากันด้วยความเร็วสูงนานประมาณ 15 นาที นำก้อนแป้งมานวดแล้วคลึงให้เป็นก้อนกลม นำไปบ่มในตู้บ่มขนมปังที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา นำแป้งมานวดแล้วคลึงให้เป็นก้อนกลม พร้อมกับไล่อากาศ แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มขนมปังที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อีกครั้งนาน 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

3.3.3.1 คุณภาพทางด้านกายภาพ

1) ชั่งน้ำหนักขนมปังที่ได้แต่ละตัวอย่าง

2) หาปริมาตรจำเพาะขนมปัง โดยวิธี rapeseed displacement โดยใช้เมล็ดงาในการแทนที่ ซึ่งเป็นวิธีที่ดัดแปลงจาก สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2524) ดังแสดงในภาคผนวก ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ตรวจวัดสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี (chroma meter) แสดงผลในรูปของค่า L^*, a^*, b^* แล้วหาค่าความแตกต่างของสี (dE^*) จากสูตร $dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$

3.3.3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1) 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 ฎ

3.3.3.3 คุณภาพทางด้านเคมี

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของขนมปัง จะวิเคราะห์ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารด้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณการแทนที่ 0 % และในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารด้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ที่ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดอีก 1 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในขนมปัง จะใช้วิธี Enzymatic-Gravimetric method (AOAC, 1993) ดังแสดงในภาคผนวก ก

2) วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในขนมปัง จะใช้วิธี Folin-Ciocalteau method ทรานายงานโดย Singlecon และคณะ (1999) และวิธีการเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างขนมปังจะใช้วิธีที่รายงานโดย Wang และ Zhou (2004) ดังแสดงในภาคผนวก ข

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21062

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก โดยวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ความสามารถในการดูดซับน้ำ และความสามารถในการดูดซับน้ำมัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (%โดยน้ำหนักแห้ง)	50.95*
ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง)	95.11 ± 0.17
ปริมาณความเป็นกรดทั้งหมด (%โดยน้ำหนักแห้ง เทียบกับกรดมาลิค)	1.59 ± 0.04
ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง)	1.41 ± 0.02
ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัมของน้ำ / กรัมใยอาหารผง)	5.87 ± 0.09
ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (กรัมของน้ำมัน / กรัมใยอาหารผง)	1.45 ± 0.07

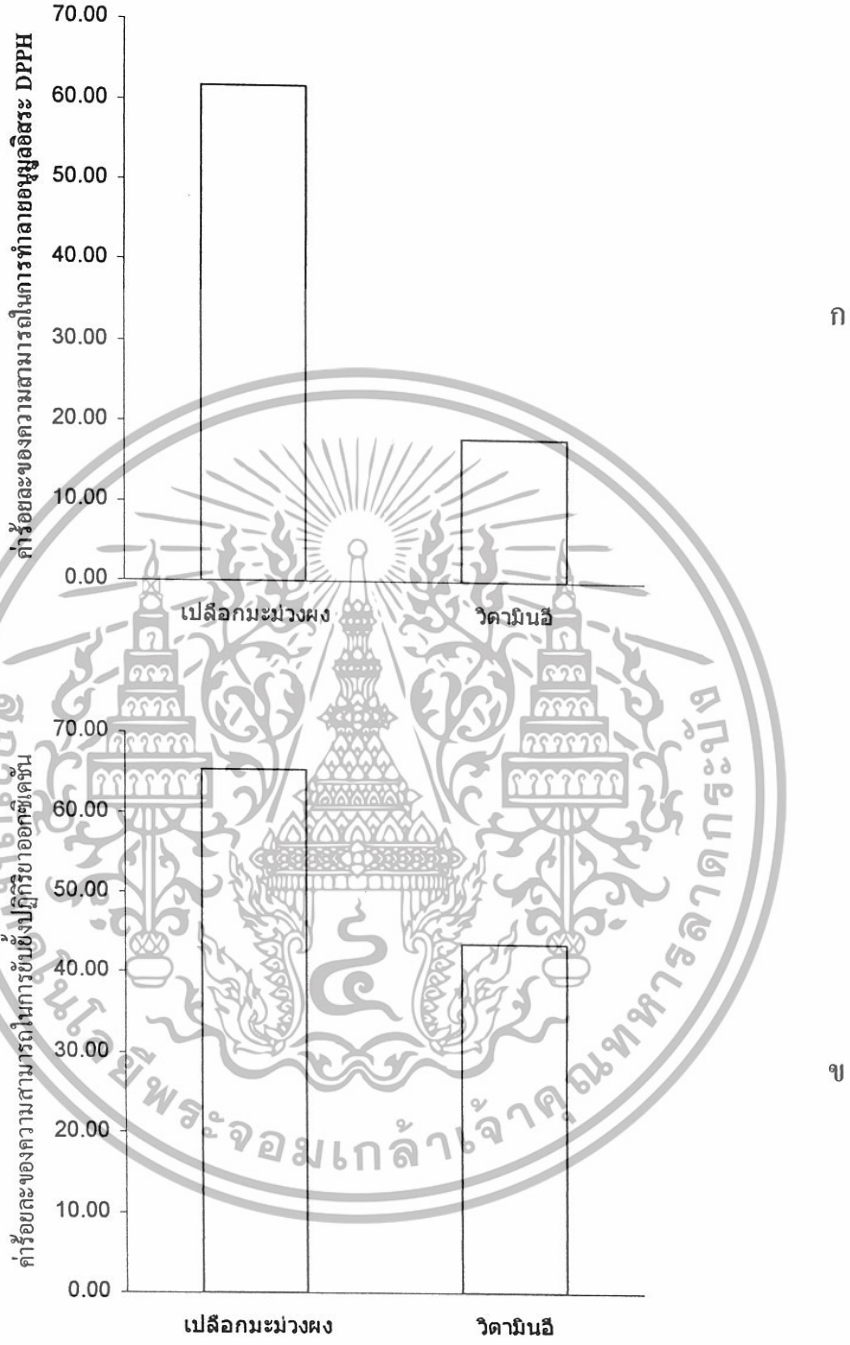
หมายเหตุ: ค่าต่างๆ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากผลการทดลอง 3 ซ้ำ

* เป็นค่าที่วิเคราะห์โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH และความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (โดยวิธี FTC) ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
หอสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

เปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 และ 200 มิลลิกรัม แสดงดังรูปที่ 4.1ก และ 4.1ข ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (ก) และความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยวิธี FTC (ข) ของใยอาหารต้านปฏิกิริยาอกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม เปรียบเทียบกับวิตามินอี 50 มิลลิกรัม (ก) และ 200 มิลลิกรัม (ข)

เมื่อพิจารณาถึงวัตถุดิบที่มีแนวโน้มในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ตามหลักเกณฑ์ที่นำเสนอโดย Saura-Calixto (2003) 3 ข้อ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

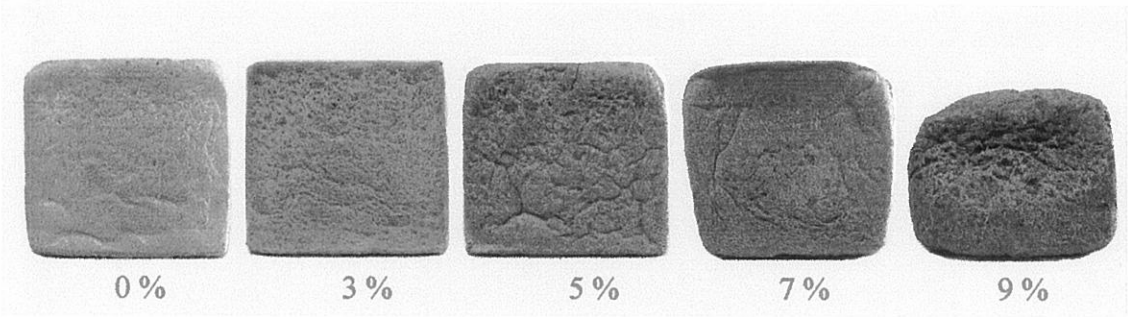
1. วัตถุดิบที่มีแนวโน้มในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ควรมีปริมาณใยอาหารมากกว่า 50 % ของน้ำหนักแห้ง
2. 1 กรัม ของอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ควรจะมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 200 มิลลิกรัม (เมื่อตรวจวัดด้วยวิธี FTC) และควรมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ (free radical) ได้เท่ากับวิตามินอีอย่างน้อย 50 มิลลิกรัม (เมื่อตรวจวัดด้วยวิธี $DPPH^{\cdot}$)
3. ความสามารถในการเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ต้องเป็นคุณสมบัติที่มีอยู่แล้วภายในตัววัตถุดิบตามธรรมชาติ ไม่ใช่ด้วยวิธีการเติมลงไป หรือเกิดจากปฏิกิริยาเคมี หรือปฏิกิริยาโดยเอนไซม์ในระหว่างกระบวนการเตรียม

จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีคุณสมบัติในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี โดยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 50.95 % โดยน้ำหนักแห้ง ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัมมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 65.30 $\pm$ 0.32 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 200 มิลลิกรัม ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 43.78 $\pm$ 0.15 % และมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้เท่ากับ 61.79 $\pm$ 0.70 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัมที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 17.89 $\pm$ 0.19 %

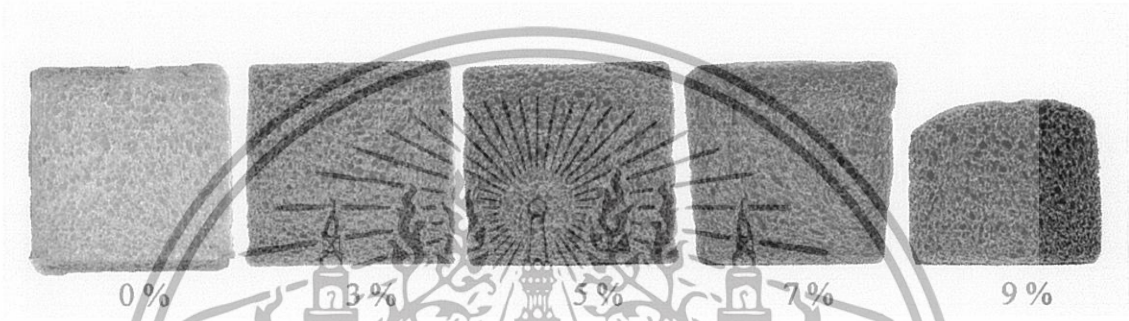
4.2 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพทางกายภาพของขนมปัง

เมื่อทดลองเตรียมขนมปังตามสูตรมาตรฐาน โดยทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ในปริมาณการแทนที่ 0 %, 3 %, 5 %, 7 % และ 9 % โดยน้ำหนักตามลำดับ ขนมปังที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.2 และเมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกดังกล่าว โดยชั่งน้ำหนักขนมปังที่ได้แต่ละตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักที่สูญเสียไปหลังการอบ (weight loss) ของขนมปัง และหาปริมาตรจำเพาะของขนมปังโดยวิธี rapeseed displacement ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.2 ลักษณะเปลือก (ก) และเนื้อใน (ข) ของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักที่สูญเสียหลังจากการอบและปริมาตรของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง 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 4.2 จะเห็นว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีในขนมปังด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น น้ำหนักของขนมปังที่สูญเสียภายหลังจากการอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงมีความสามารถในการดูดซับน้ำ โดยมีค่าการดูดซับน้ำเท่ากับ 5.87 $\pm$ 0.09 กรัมของน้ำ / กรัม (ตารางที่ 4.1) ทำให้เมื่อเติมปริมาณใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในขนมปังเพิ่มมากขึ้น ขนมปังที่ได้จะสามารถกักเก็บความชื้นไว้ในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ส่งผลให้การสูญเสียความชื้นน้อยลงนั่นเอง

เมื่อพิจารณาปริมาตรของขนมปัง พบว่า ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณ 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 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เติมลงไปมีค่าความเป็นกรดทั้งหมดเท่ากับ 1.59 $\pm$ 0.04 % (ตารางที่ 4.1) ซึ่งการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกทดแทนแป้งสาลีในปริมาณมากขึ้นย่อมทำให้ขนมปังมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น ซึ่งไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ทำให้การขึ้นฟูของขนมปังเกิดขึ้นน้อยลง ขนมปังที่ได้จึงมีปริมาตรลดลง และสาเหตุอีกประการหนึ่งอาจเนื่องมาจาก เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณสูงขึ้น ปริมาณแป้งสาลีซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดโครงสร้างของโดขนมปังมีปริมาณลดลง ทำให้คุณภาพของโดลดลง ส่งผลให้ปริมาตรของขนมปังลดลงได้

เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างของสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง ๆ เปรียบเทียบกับขนมปังตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผง โดยการตรวจวัดสีด้วยเครื่องวัดสี ผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.3 จากข้อมูลในตาราง จะเห็นได้ว่าเปลือกและเนื้อในของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะมีค่าความแตกต่างของสีของค่าความสว่าง (dL*) เป็นค่าลบมากขึ้น แสดงว่าขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงในปริมาณที่มากขึ้นจะสว่างน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม ในขณะเดียวกันเปลือกและเนื้อในของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณเพิ่มขึ้น จะมีค่า da* และ db* ลดลง

จากรูปที่ 4.2 เมื่อสังเกตสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง ๆ ด้วยสายตา จะเห็นว่าขนมปังที่มีการทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าความแตกต่างของสีของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่าง 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) $dE^* = (dL^{*2} + da^{*2} + db^{*2})^{1/2}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น จะมีสีออกน้ำตาลเข้มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสีของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีสีน้ำตาลอยู่แล้ว

นอกจากนี้การที่ใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีน้ำตาลรีดิวซ์เป็นองค์ประกอบ 1.41 ± 0.02 มิลลิกรัมกลูโคส / กรัม (ตารางที่ 4.1) จะเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งทำให้ขนมปังเกิดสีน้ำตาลเข้มได้ ดังนั้นตัวอย่างขนมปังที่มีการเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณมากขึ้น จึงมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้นด้วย

4.3 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมปัง

เมื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปัง ที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 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 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับการทดแทนต่าง 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}	$2.87^{b,c}$	$2.40^{a,b}$	1.93^{a}
ความเหนียว	3.73^{b}	$2.93^{a,b}$	$2.87^{a,b}$	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}	$3.73^{b,c}$	3.20^{b}	2.27^{a}	2.00^{a}

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 จะได้ว่าเมื่อเติมใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกทดแทนแป้งสาลีในปริมาณที่มากขึ้น คุณภาพด้านสี กลิ่นและรสเปรี้ยวของขนมปังที่ได้จะมีคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) นั่นคือ ขนมปังที่ได้มีความเข้มของสี กลิ่นเปรี้ยวและรสเปรี้ยวเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้าม คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความนุ่ม ความเหนียวและการยอมรับโดยรวมของขนมปัง จะลดลงเมื่อมีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณที่มากขึ้น สำหรับคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของความชุ่มชื้นที่ทุกระดับการทดแทน พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของจันทนาและพรพรรณ (2542) ที่รายงานว่าเมื่อเสริมซังขนุนในผลิตภัณฑ์ขนมปังในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้สีของขนมปังเข้มขึ้น ปริมาตรและขนาดของโพรงอากาศลดลง เนื้อสัมผัสกระด้างขึ้น นอกจากนี้ พบว่า ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณ 3 % และ 5 % โดยน้ำหนักแป้งสาลี มีคะแนนเฉลี่ยของทุกปัจจัยที่ทดสอบสูงใกล้เคียงกัน จึงวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังทั้ง 2 ตัวอย่างอีกครั้งด้วยวิธี hedonic test เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการแทนที่แป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้ทดสอบยอมรับ โดยทดสอบผู้ชิมที่ได้รับการฝึกฝนเบื้องต้น 15 คน ผลการทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 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}

จากตารางที่ 4.5 เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยที่ทำการทดสอบด้วยวิธี t-test พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยที่ทำการทดสอบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณการแทนที่ได้ถึง 5% โดยน้ำหนักแป้งสาลี โดยเฉพาะถ้ามีการปรับปรุงกลิ่นรสของขนมปังเพื่อบดบังกลิ่นรสเปรี้ยวของใยอาหารผง

4.4 ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพทางเคมีของขนมปัง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ในปริมาณการแทนที่ต่าง ๆ กัน ด้วยวิธี scoring test พบว่า ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณการแทนที่ 3 % และ 5 % โดยน้ำหนัก มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดใกล้เคียงกัน ในการศึกษาผลของการทดแทนใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกต่อคุณภาพทางเคมีของขนมปังนี้ จึงเลือกศึกษาคุณภาพทางเคมีในขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 3 % และ 5 % โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างขนมปังทั้ง 2 ตัวอย่างข้างต้น เปรียบเทียบกับขนมปังตัวอย่างควบคุม ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณใยอาหารทั้งหมดและปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก

ปริมาณใยอาหารผง (% โดยน้ำหนัก)	ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (% โดยน้ำหนักแห้ง)		ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมกรดแกลลิค/ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง)	
	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการวิเคราะห์	ค่าจากการคำนวณ	ค่าจากการวิเคราะห์
0 (ตัวอย่างควบคุม)	0	7.29*	0	154.38
3	4.07	-	253.73	387.14 (232.76)
5	6.89	8.56*(1.27)	427.16	507.62 (353.24)

หมายเหตุ * เป็นค่าที่วิเคราะห์โดยสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตัวเลขในวงเล็บได้จากการนำค่าที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละตัวอย่างลบกับค่าที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ขนมปังจะมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นด้วย ปริมาณใยอาหารทั้งหมดแบ่งพิจารณาเป็น 2 ค่า คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยในขนมปังควบคุมที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ค่าที่ได้จากการคำนวณจะเท่ากับ 0 % (โดยน้ำหนักแห้ง) และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เท่ากับ 7.29 % (โดยน้ำหนักแห้ง) แสดงให้เห็นว่าในขนมปังควบคุมมีปริมาณใยอาหารอยู่ด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องจากในขนมปังควบคุมมีส่วนประกอบอื่นที่เป็นแหล่งของใยอาหารนอกเหนือจากเปลือกมะม่วงสุกที่เติมลงไปซึ่งอาจได้แก่ แป้งสาลี โดยตามรายงานของ นิธิยา (2543) แป้งสาลีมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 3.60 % และพบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % โดยน้ำหนัก (ปริมาณ 10 กรัม) เมื่อคำนวณโดยคิดปริมาณใยอาหารทั้งหมดในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกเท่ากับ 50.95% โดยน้ำหนักแห้ง ในขนมปังควรมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 6.89 % (โดยน้ำหนักแห้ง) แต่จากการวิเคราะห์พบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5 % มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด 8.56 % (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งเป็นปริมาณใยอาหารที่ได้ใยอาหารจากเปลือกมะม่วงสุกเพียง 1.27 % (โดยน้ำหนักแห้ง) ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้อาจเนื่องจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกเกิดการสูญเสียไปในระหว่างกระบวนการผลิต

เมื่อพิจารณาปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดในขนมปังพบว่า เมื่อทดแทนปริมาณใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณมากขึ้น ขนมปังจะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นด้วย ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดแบ่งพิจารณาเป็น 2 ค่า คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ โดยในขนมปังควบคุมที่ไม่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าเท่ากับ 0 แต่ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 154.38 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง แสดงให้เห็นว่าในขนมปังควบคุมมีส่วนประกอบอื่นที่มีสารประกอบโพลีฟีนอลเป็นองค์ประกอบอยู่นอกเหนือจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ซึ่งอาจได้แก่ แป้งสาลี และพบว่าขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 3 % โดยน้ำหนัก (ปริมาณ 6 กรัม) เมื่อคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (จากตารางที่ 4.1 ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 95.11 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัมตัวอย่างแห้ง) ในขนมปังควรมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 253.73 แต่จากการวิเคราะห์พบว่าในขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 3 % มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

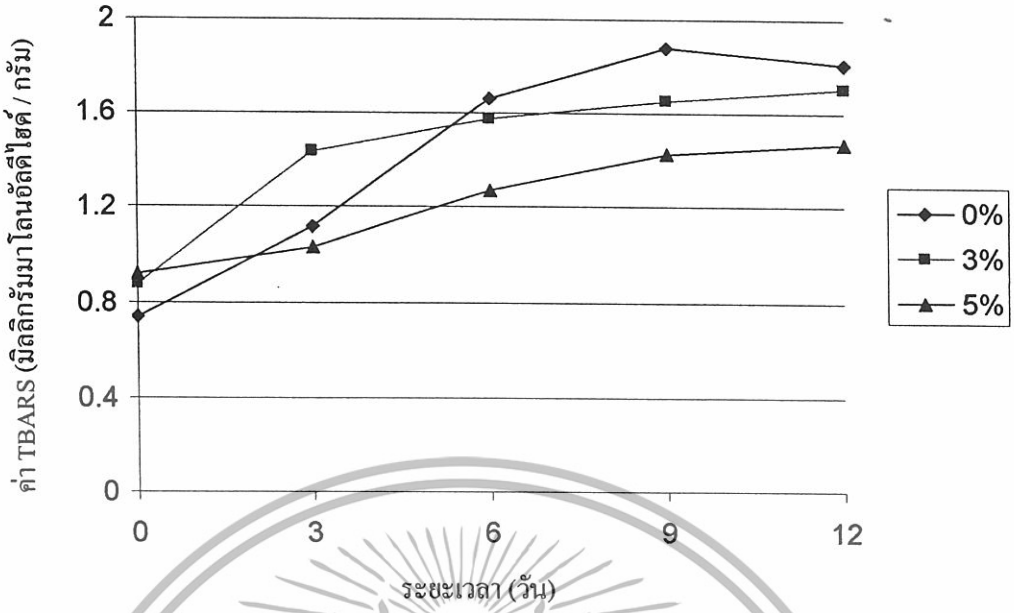
ทั้งหมดเท่ากับ 387.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่ได้จากเปลือกมะม่วงสุกเพียง 232.76 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100กรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ และในทำนองเดียวกัน ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 6 % โดยน้ำหนัก (ปริมาณ 10 กรัม) เมื่อคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอล ในขนมปังควรมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 427.16 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัม แต่จากการวิเคราะห์พบว่าในขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 6 % มีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดเท่ากับ 507.62 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลที่ได้จากเปลือกมะม่วงสุกเพียง 353.24 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / 100กรัม ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้อาจเนื่องจากใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกเกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลไปในระหว่างกระบวนการผลิต

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารทั้งหมดในขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5% โดยน้ำหนัก กับขนมปังไฮไฟเบอร์ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป พบว่า ขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 5% มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 5.90 % โดยน้ำหนักเปียก ซึ่งต่ำกว่าขนมปังไฮไฟเบอร์ที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป (ยี่ห้อการ์ดีเนีย) ที่มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 8.77 % โดยน้ำหนักเปียก

จากการทดลองติดตามการเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ของตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับ 0%, 3% และ 5% โดยน้ำหนัก โดยเก็บรักษาในถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 วัน ซึ่งค่า TBARS เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า ในวันแรกของการเก็บรักษาตัวอย่างขนมปังในถุงพลาสติก PP ที่อุณหภูมิห้อง ขนมปังที่ทดแทนปริมาณแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกทั้ง 3 ตัวอย่าง มีค่า TBARS ที่ใกล้เคียงกันในขณะที่ขนมปังตัวอย่างควบคุม (0%) มีค่า TBARS ต่ำที่สุด และเมื่อเก็บรักษาตัวอย่างขนมปังไว้เป็นระยะเวลานานขึ้น ค่า TBARS ของขนมปังทั้ง 3 ตัวอย่างจะมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยพบว่า หลังจากวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในระดับ 0% จะมีค่า TBARS สูงที่สุด รองลงมาคือ ขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในระดับ 3% และ 5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า ใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกที่เติมลงไปในขนมปัง มีความสามารถในการยับยั้งการเกิด

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS ในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณต่างกัน

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ ทำให้ค่า TBARS ที่ได้จากการทดลองในตัวอย่างขนมปังที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกมีค่าต่ำกว่าในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างขนมปังที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าวในปริมาณที่สูงขึ้นก็จะลดอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า TBARS ได้ดีขึ้นด้วย

จากผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นชัดเจนว่า สารประกอบโพลีฟีนอลในใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก มีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ในขนมปัง เปลือกมะม่วงสุกจึงเป็นแหล่งของใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของใยอาหารผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก พบว่า มีแนวโน้มในการเป็นใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ดี ตามหลักเกณฑ์ที่นำเสนอโดย Saura-Calixto (2003) โดยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 50.95 % โดยน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของใยอาหารที่เตรียมได้มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 65.30 $\pm$ 0.32 % ซึ่งสูงกว่าวิตามินอี 200 มิลลิกรัม ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 43.78 $\pm$ 0.15 % นอกจากนี้ 1 กรัมของใยอาหารผงที่เตรียมได้มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้เท่ากับ 61.79 $\pm$ 0.70 % ซึ่งมากกว่าวิตามินอี 50 มิลลิกรัมที่มีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 17.89 $\pm$ 0.19 %

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ ภูษิต และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2548. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันจากเปลือกมะม่วง. เอกสารการประชุมสัมมนาวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร "เทคโนโลยีอาหารก้าวไกลนำไทยสู่ครัวโลก" 22-24 มิถุนายน 2548. ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติไบเทค บางนา กทม. P 27-30

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

ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546. 2546. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th

ปาริชาติ สักกะทำนุ. 2544. คุณค่าอาหารเส้นใยและข้าวกล้องบำบัดสรรพโรค. พิมพ์ครั้งที่ 7. รวมทรรศน์, กรุงเทพฯ. 120 น.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2538. การผลิตกลูโคสซีรัปจากข้าวเหนียวโดยใช้มอลท์สดและมอลท์แห้งจากข้าวเปลือก. อาหาร, 25(4): 243-254.

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และ วันทนีย์ ช้างน้อย. 2545. การเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและศักยภาพการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย. อาหาร, 32(4): 300-307.

พรฤดี และ วิชชุลดา. 2542. ขนมปังเบอร์เกอร์เสริมเส้นใยอาหาร. สัมมนาภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณา ตั้งเจริญชัย, นภัสรพี เหลืองสกุล และ ลำพึง พุ่มจันทร์. 2547. ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์อาหาร. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาเคมีวิเคราะห์อาหาร. โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

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

ศันสนีย์ อุตม์อ่าง. 2537. การบริโภคใยอาหารของวัยรุ่นในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์สาขาคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

AOAC. Official Method of Analysis. 1993. 16th ed. The association of analysis chemists, Arlington, Virginia

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., C., Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. J. food science and technology. 28: 25-30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Dreher, M. L. 2001. Dietary Fiber Overview, *In* Handbook of dietary fiber. (Cho S. S., Dreher M. L., eds.) New York: Dekker, 828p.

Larrauri, J. A., Ruperez, P., Saura-Calixto, F. 1997. Mango peel fibers with antioxidant activity. Z Lebensm Unters Forsch A. 205: 39-42.

Robertson, J. A., Monredon, F. D., Dysseler, P., Guillon, F., Amado, R., Thibault, J. 2000. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 33: 72-79.

Prosky, L., Devries, J. W. 1992. Controlling dietary fiber in food product. New York: Van Nostrand Reinhold, 161p.

Saura-Calixto, F. D., Bravo L. 2001. Dietary Fiber-Associationed Compounds: Chemistry, Analysis, and Nutritional Effects of Polyphenols, *In* Handbook of dietary fiber. (Cho S. S., Dreher M. L., eds.) New York: Dekker, 828p.

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

Shahidi, F., Rubin, L. J., Diosady, L. L. and Wood 1985. Effect of sulfanilamide on the TBA values of cured meats. J. Food Sci. 50(7):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-Ciocuteu reagent Method Enzyme. 299:152-177.

Stark, A., Madar, Z. 1994. Dietary Fiber, *In* Functional foods : designer foods, pharmafoods, nutraceuticals.(Goldberg, I., ed.). New York: Chapman and Hall, 571p

Wang, R., Zhou, W. 2004. Stability of tea catechins in the breadmarking process. J. Agric. Food chem. 52: 8224-8229.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber)

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมดในตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาผงจากเปลือกมะม่วงสุกและในขนมปัง โดยวิธี Enzymatic-Gravimetric method (AOAC,1993) มีวิธีการดังนี้คือ (AOAC ,1993)

ขั้นตอนที่ 1 การสกัดแยกเอาสตาร์ชและโปรตีนออก

1. เตรียมตัวอย่างที่อบแห้งและบดแล้วปริมาณ 1.000 ± 0.005 กรัม (ทำซ้ำสำหรับ ตัวอย่าง และ 2 ซ้ำสำหรับ blank)

2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.0 จำนวน 50 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างที่เตรียมไว้

3. เติมเอนไซม์ α-amylase จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปให้ความร้อนในน้ำเดือด จนสารละลายมีอุณหภูมิ 95-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เขย่าตลอดเวลา

4. ทำให้สารละลายเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง และปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายเป็น 7.5 ± 0.2 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.275 โมลาร์ ประมาณ 10 มิลลิลิตร

5. เติมเอนไซม์ protease จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิของสารละลายเป็น 45-55 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า กวนตลอดเวลาเป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็น

6. ปรับค่าความเป็นกรดด่างของสารละลายเป็น 4.5 ± 0.2 ด้วยกรดไฮโดรคลอริค 0.325 โมลาร์ โดยใช้ หลอดหยดหยดประมาณ 30 หยด

7. เติมเอนไซม์ amyloglucosidase ปริมาณ 0.3 มิลลิลิตร ปิดปากขวดรูปชมพู่ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิของสารละลายเป็น 60— 65 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า กวนตลอดเวลาเป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็น

ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

1. กรองกากตัวอย่างที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ด้วยเครื่องปั๊มสุญญากาศ โดยกรองผ่านครูซิเบิลชนิดกรองที่เตรียมไว้

2. ล้างกากที่ได้ด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

3. รวมเอาส่วนที่เป็นของเหลวที่ได้จากการกรองและน้ำที่ล้างกากเข้าด้วยกัน สำหรับหาปริมาณ ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ต่อในขั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำกากที่ล้างน้ำแล้วมาล้างด้วยเอธานอล 95% ปริมาณ 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง

5. ล้างกากด้วยอะซิโตน 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง

6. นำครูซิเบิลชนิดกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์

7. ชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ชั่งได้มาหักลบกับน้ำหนักของครูซิเบิลชนิดกรอง และน้ำหนักซีไลท์ เพื่อหาน้ำหนักกาก

8. นำกากที่กรองได้มา 1 ตัวอย่าง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี Kjeldalh และนำกากที่ได้อีก 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยการให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 5 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณน้ำหนักโปรตีน และน้ำหนักเถ้าที่ได้แล้วนำไปหักออกจากน้ำหนักกาก จะได้เป็นค่าของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ขั้นตอนที่ 3 หาปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ

1. นำส่วนที่เป็นของเหลวที่ได้จากการกรองและน้ำล้างกากจากขั้นตอนที่ 2 มาตกตะกอนด้วยเอธานอล 95% จำนวน 4 เท่าของสารละลายที่ได้ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2. กรองเอาตะกอนออกโดยผ่านครูซิเบิลชนิดกรองที่เตรียมไว้และรู้น้ำหนักแล้วลงในขวดรูปชมพู่ที่ใช้กรอง (suction flask) โดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ

3. ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยเอธานอล 78% ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง 3 ครั้ง

4. ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยเอธานอล 95% ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง 3 ครั้ง

5. ล้างตะกอนที่กรองได้ด้วยอะซิโตน ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ผ่านครูซิเบิลชนิดกรอง 3 ครั้ง

6. นำครูซิเบิลชนิดกรองไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์

7. ชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ชั่งได้มาหักลบกับน้ำหนักของครูซิเบิลชนิดกรอง และน้ำหนักซีไลท์ เพื่อหาน้ำหนักกาก

8. นำกากที่กรองได้มา 1 ตัวอย่าง วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธี Kjeldalh และนำกากที่ได้อีก 1 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ปริมาณเถ้าโดยการให้ความร้อนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 5 ชั่วโมง นำมาชั่งน้ำหนัก คำนวณน้ำหนักโปรตีน และน้ำหนักเถ้าที่ได้แล้วนำไปหักออกจากน้ำหนักกาก จะได้เป็นค่าของใยอาหารที่ละลายน้ำ

การคำนวณ

ใยอาหารทั้งหมด = ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ + ใยอาหารที่ละลายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด (total polyphenol contents)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด ในตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกและในขนมปังโดยวิธี Folin-Ciocalteau method ซึ่งใช้กรดแกลลิค (gallic acid) เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลมาตรฐาน ตามวิธีที่รายงานโดยเกรียงศักดิ์และประพันธ์ (2547) มีขั้นตอนที่เหมือนกัน แตกต่างกันเพียงในขั้นตอนของการสกัดตัวอย่าง ดังนี้

1) การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกตามวิธีที่รายงานโดยเกรียงศักดิ์และประพันธ์ (2548)

นำตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม มาสกัดโดยใช้เอธานอล 95% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสโดยเขย่าในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิปั่นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็น แล้วกรองเอาผงเปลือกมะม่วงทิ้งไปด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนของสารสกัดที่กรองได้มาปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์

2) การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกตามวิธีที่รายงานโดย Wang และ Zhou (2004)

นำตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุก 1 กรัม มาสกัดโดยใช้สารละลายผสมของเมธานอล 70% น้ำกลั่น 29.7% และกรดฟอร์มิก 0.3 % (โดยปริมาตร) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลานาน 45 นาที พร้อมทั้งเขย่าตลอดเวลา ทิ้งให้เย็น แล้วกรองเอาเปลือกมะม่วงทิ้งไป ด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนของสารสกัดที่กรองได้มาปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรสำหรับใช้ในการวิเคราะห์

3) การเตรียมสารสกัดตัวอย่างขนมปัง (Wang and Zhou, 2004)

นำตัวอย่างขนมปัง 100 กรัม มาอบเพื่อไล่ความชื้นออกด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างขนมปังมีน้ำหนักคงที่และมีลักษณะแห้งกรอบ จากนั้นชั่งตัวอย่างขนมปังแห้งที่บดละเอียดปริมาณ 10 กรัม มาสกัดเอาไขมันออกที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โดยใช้สารละลายเฮกเซน เมื่อครบกำหนดเวลานำตัวอย่างขนมปังมาระเหยเอาเฮกเซนออก แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาสกัดต่อโดยใช้สารละลายผสมของเมธานอล 70% น้ำกลั่น 29.7% และกรดฟอร์มิก 0.3 % (โดยปริมาตร) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที พร้อมทั้งเขย่าตลอดเวลา จากนั้นทิ้งให้เย็นแล้วกรองเอากากออกโดยใช้กรวยบุชเนอร์ นำส่วนของสารสกัดที่กรองได้มาปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรสำหรับใช้ในการวิเคราะห์

4) การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

เตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค โดยละลายกรดแกลลิค 0.0200 กรัม ด้วยเอธานอล 95% แล้วปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ความเข้มข้นที่ได้เท่ากับ 0.4 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ซึ่งจะใช้เป็นสารละลายมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิคลงในหลอดทดลองสะอาด โดยให้มีปริมาตรกรดแกลลิคตั้งแต่ 0 ถึง 140 ไมโครกรัม เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรรวมแต่ละหลอดเป็น 10 มิลลิลิตร ดังแสดงในตารางที่ 1ข

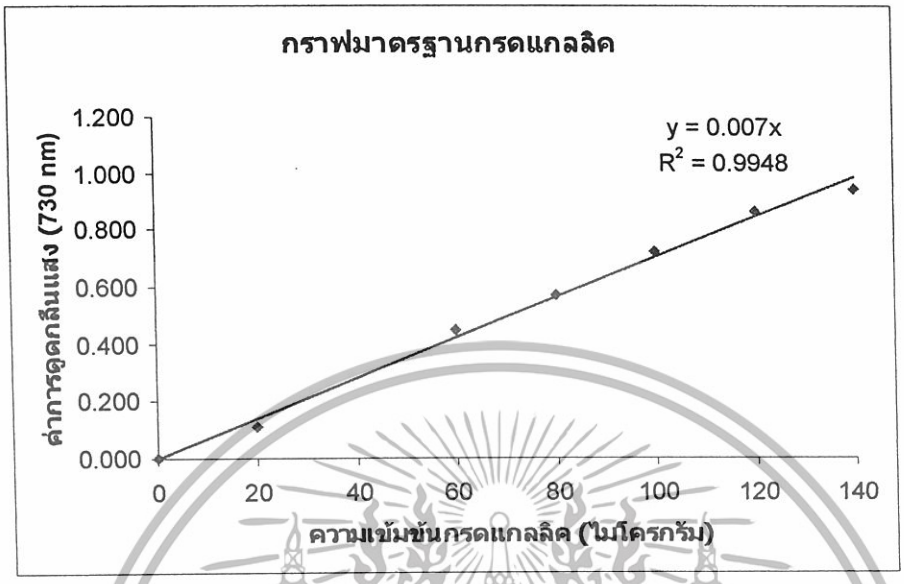
ตารางที่ ข1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

หลอดที่	ปริมาตรของสารละลายกรดแกลลิค (ไมโครลิตร)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดแกลลิค (ไมโครกรัม)
1	0	10.00	0
2	50	9.95	20
3	100	9.90	40
4	150	9.85	60
5	200	9.80	80
6	250	9.75	100
7	300	9.70	120
8	350	9.65	140

เติมสารละลาย Folin-Cicalteau หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายหลอดที่ 1 เป็นหลอดเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิคเป็นไมโครกรัม จะได้เป็นกราฟมาตรฐาน (standard curve)



รูปที่ ข 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดแกลลิคและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร

5) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่าง (Singlecon *et al.*,1999)

นำตัวอย่างสารสกัดที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดที่ผ่านการเจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองสะอาด เติมน้ำกลั่น 9.5 มิลลิลิตรและสารละลาย Folin-Cicalteau 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 10% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร หลอดละ 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้อีกเป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร คำนวณปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดโดยใช้กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิค

ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดของตัวอย่าง

จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตรของตัวอย่างสารสกัดที่ผ่านการเจือจาง 10 เท่า ได้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.206

จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$y = 0.007x$

$0.206 = 0.007x$

$x = 29.4286$ ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง

เนื่องจากเจือจาง 10 เท่า ; $x = 294.29$ ไมโครกรัม / 0.5 มิลลิลิตรสารสกัดตัวอย่าง

หมายความว่า ในสารสกัดตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 294.29 ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น ในสารสกัดตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด $= \frac{294.29 \times 100}{0.5}$

$= 58,857.14$ ไมโครกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง

$= 58.86$ มิลลิกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง

เพราะฉะนั้น ในตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด58.86 มิลลิกรัมกรดแกลลิค / กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH โดยวิธี DPPH free-radical scavenging assay ที่รายงานโดย Brand-Williams และคณะ(1995) มีขั้นตอนดังนี้คือ

1) การเตรียมตัวอย่างสารสกัด

นำตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาผงที่เตรียมได้จากเปลือกมะม่วงสุก 3.85 กรัม มาสกัดโดยใช้เอธานอล 95% แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง ตั้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 นำส่วนของสารสกัดที่กรองได้ด้านล่างมาปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตรด้วยเอธานอล 95% จากนั้นทำการเจือจางสารสกัดตัวอย่างโดยปิเปตสารสกัดที่ได้ข้างต้นมา 1 มิลลิลิตรแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตรด้วยเอธานอล 95%

2) การเตรียมสารละลายวิตามินอี (DL-α-tocopherol)

ชั่งวิตามินอี 0.77 กรัม นำมาละลายด้วยเอธานอล 95% แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายที่ได้โดยปิเปตสารละลายข้างต้นมา 1 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยเอธานอล 95%

3) การเตรียมสารละลาย DPPH เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

สารละลาย DPPH เตรียมโดยชั่งสาร DPPH 0.0039 กรัม ละลายในเอธานอล 95% แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร

4) การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

ปิเปตตัวอย่างสารสกัดที่เตรียมได้ในข้อ 1) 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH อยู่ 3.9 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที (สำหรับ control ใช้เอธานอล 95% แทนสารสกัดตัวอย่าง) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร แล้วคำนวณค่าความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH จากสูตร

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่าง

เมื่อทำการปิเปตสารสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH อยู่ 3.9 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที (สำหรับ control ใช้เอธานอล 95% แทนสารสกัดตัวอย่าง) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตรแล้วสามารถอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ control และสารสกัดตัวอย่าง ได้เท่ากับ 1.058 และ 0.410 ตามลำดับ สามารถคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดังนี้

จากสมการ

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

$$= \left[1 - \frac{0.410}{1.058}\right] \times 100$$

$$= (1 - 0.388) \times 100$$

$$= 61.28\%$$

เพราะฉะนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 61.28%

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของวิตามินอี

เมื่อทำการปิเปตสารละลายวิตามินอีที่เตรียมได้ในข้อ 2) 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีสารละลาย DPPH อยู่ 3.9 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที (สำหรับ control ใช้เอธานอล 95% แทนสารละลายวิตามินอี) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร แล้วสามารถอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ control และสารละลายวิตามินอี ได้เท่ากับ 1.058 และ 0.867 ตามลำดับ สามารถคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ดังนี้

จากสมการ

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

$$= \left[1 - \frac{0.867}{1.058}\right] \times 100$$

$$= (1 - 0.819) \times 100$$

$$= 18.05\ \%$$

เพราะฉะนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 18.05 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันตามวิธีที่รายงานโดย Larrauri และคณะ (1997) มีขั้นตอนดังนี้

1) การเตรียมตัวอย่าง สารสกัด

สารสกัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ใช้วิธีการเตรียมเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างสารสกัด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในภาคผนวก ค ข้อ 1)

2) การเตรียมสารละลายวิตามินอี (DL-α-tocopherol)

ชั่งวิตามินอี 0.0154 กรัม นำมาละลายด้วยเอธานอล 95% แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร

3) การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน

การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำได้โดยปิเปตตัวอย่างสารสกัดที่เตรียมได้ในข้อ 1) 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองฝาเกลียวที่สะอาด เติมสารละลายกรดลิโนเลอิกความเข้มข้น 2.51% ในเอธานอล 95% ปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์(pH 7.0) เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร ผสมสารละลายต่าง ๆ ให้เข้ากัน

ปิเปตสารละลายปฏิกิริยาที่ได้มา 0.1 มิลลิลิตร เติมเอธานอล 75% ปริมาตร 9.7 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนตความเข้มข้น 30% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์เข้มข้น 20 มิลลิโมลลาร์ในกรดไฮโดรคลอริก 3.5% ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตรลงไป ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร จะได้ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เวลา 0 ชั่วโมง

นำสารละลายผสมที่เหลือไปปิดฝา แล้วนำไปเก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสต่อจนครบ 96 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา ปิเปตสารละลายปฏิกิริยา 0.1 มิลลิลิตร มาเติมเอธานอล 75% ปริมาตร 9.7 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนตความเข้มข้น 30% ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายเฟอร์รัสคลอไรด์เข้มข้น 20 มิลลิโมลลาร์ในกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรคลอริก 3.5% ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตรลงไป ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร จะได้ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่เวลา 96 ชั่วโมง

ทำการทดลองซ้ำสำหรับวิตามินอีและใช้เอธานอล 95% สำหรับ control สามารถคำนวณค่าความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้จากสูตร

$$\%\ \text{ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน} = 100 - \left[\frac{(\text{Asample}_{96h}) / (\text{Asample}_{0h})}{(\text{Acontrol}_{96h}) / (\text{Acontrol}_{0h})} \right] \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่าง

เมื่อทำการวิเคราะห์หาความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ตามวิธีการข้างต้นแล้วสามารถอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ control และ ตัวอย่างสารสกัดที่ 500 นาโนเมตร ที่เวลา 0 ชั่วโมงได้เท่ากับ 0.033 และ 0.031 ตามลำดับ และที่เวลา 96 ชั่วโมงได้เท่ากับ 0.686 และ 0.277 ตามลำดับ สามารถคำนวณหาความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของตัวอย่างได้ดังนี้

จากสมการ

$$\%\ \text{ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน} = 100 - \left[\frac{(\text{Asample}_{96h}) / (\text{Asample}_{0h})}{(\text{Acontrol}_{96h}) / (\text{Acontrol}_{0h})} \right] \times 100$$

$$= 100 - \left[\frac{(0.227) / (0.031)}{(0.686) / (0.033)} \right] \times 100$$

$$= 64.77\%$$

เพราะฉะนั้น ในตัวอย่างมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเท่ากับ 64.77%

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของวิตามินอี

เมื่อทำการวิเคราะห์หาความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ตามวิธีการข้างต้นแล้วสามารถอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ control และ วิตามินอีที่ 500 นาโนเมตร ที่เวลา 0 ชั่วโมงได้เท่ากับ 0.033 และ 0.032 ตามลำดับ และที่เวลา 96 ชั่วโมงได้เท่ากับ 0.686 และ 0.374 ตามลำดับ สามารถคำนวณหาความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันของวิตามินอีได้ดังนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ

$$\text{\% ความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน} = 100 - \left[\frac{(\text{Asample}_{96h}) / (\text{Asample}_{0h})}{(\text{Acontrol}_{96h}) / (\text{Acontrol}_{0h})} \right] \times 100$$

$$= 100 - \left[\frac{(0.374) / (0.032)}{(0.686) / (0.033)} \right] \times 100$$

$$= 43.78\ \%$$

เพราะฉะนั้น ในวิตามินอีมีความสามารถในการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เท่ากับ 43.78 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำ

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำของตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกตามวิธีที่รายงานโดย Robertson และคณะ (2000) ทำได้โดยชั่งตัวอย่างใยอาหารผงปริมาณ 3 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาณ 30 มิลลิลิตรและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งตัวอย่างใยอาหารดูดซับน้ำจนถึงภาวะสมดุล (ประมาณ 18 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 3,000 x g เป็นเวลา 20 นาที จะได้สารในหลอดเป็น 2 ส่วน คือส่วนของเหลวด้านบนและส่วนตะกอนใยอาหารผงด้านล่าง ดูดส่วนของเหลวด้านบนออกและนำส่วนใยอาหารผงด้านล่างไปชั่งน้ำหนัก (residue fresh weight) จากนั้นนำส่วนใยอาหารผงที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปทำให้แห้งอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสจนกระทั่งน้ำหนักของใยอาหารผงคงที่ ชั่งน้ำหนักใยอาหารผงที่อบแห้ง (residue dry weight) ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัม/กรัม)} = \frac{\text{Residue fresh weight} - \text{Residue dry weight}}{\text{Residue dry weight}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของตัวอย่างใยอาหารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันผงจากเปลือกมะม่วงสุกตามวิธีที่รายงานโดย Robertson และคณะ (2000) ทำได้โดยชั่งตัวอย่างใยอาหารผงปริมาณ 3 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง จากนั้นเติมน้ำมันรำข้าวตราคิงปริมาณ 30 มิลลิลิตรและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งตัวอย่างใยอาหารดูดซับน้ำมันจนถึงภาวะสมดุล (ประมาณ 18 ชั่วโมง) จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่อัตราเร็ว 3,000 x g เป็นเวลา 20 นาที จะได้สารในหลอดเป็น 2 ส่วน คือส่วนของเหลวด้านบนและส่วนตะกอนใยอาหารผงด้านล่าง ดูดส่วนของเหลวด้านบนออกและนำส่วนใยอาหารผงด้านล่างไปชั่งน้ำหนัก (residue fresh weight) จากนั้นนำส่วนใยอาหารผงที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปสกัดไขมันออกโดยใช้เครื่องสกัดไขมัน (soxhlet) ชั่งน้ำหนักใยอาหารผงที่สกัดไขมันออกไปแล้ว (residue dry weight) ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมัน สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (กรัม/กรัม)} = \frac{\text{Residue fresh weight} - \text{Residue dry weight}}{\text{Residue dry weight}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยวิธี DNS method ตามวิธีที่รายงานโดยประพันธ์ (2538) มีขั้นตอนดังนี้

1) การสกัดตัวอย่าง

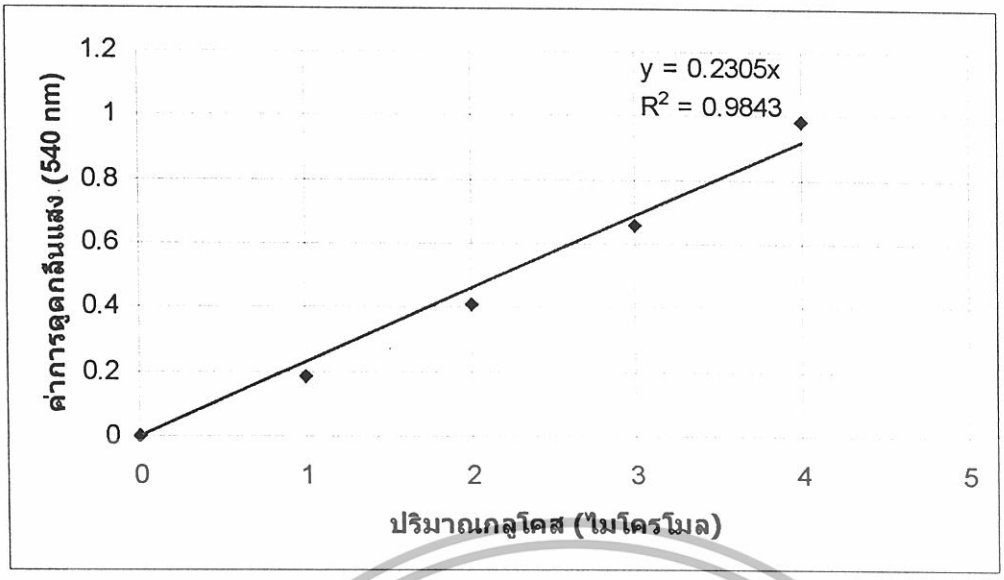
ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส พร้อมกับเขย่าตลอดเวลาเป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นกรองเอาส่วนของกากตัวอย่างทิ้งไปโดยใช้กระดาษกรองเบอร์ 4 ปรับปริมาตรสารสกัดตัวอย่างที่ได้ให้เป็น 100 มิลลิลิตร

2) การเตรียมกราฟมาตรฐานของกลูโคส

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

ปีเปตสารละลายกลูโคสมาตรฐาน (5.0 ไมโครโมล/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 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3) การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่าง

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

4) ตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่าง

สามารถคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของตัวอย่างได้ดังนี้

จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

$$y = 0.2305x$$

$$0.326 = 0.2305x$$

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

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

หมายความว่า ในสารสกัดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 14.14 ไมโครกรัม

เพราะฉะนั้น ในสารสกัดตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ $= \frac{14.14 \times 100}{1}$

$$= 1414 \text{ ไมโครกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง}$$

$$= 1.41 \text{ มิลลิกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น ในตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1.41 มิลลิกรัมกลูโคส / กรัมตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดทั้งหมด (Total Acidity)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

$$= 1.57\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ญ

การหาปริมาตรจำเพาะขนมปัง โดยวิธี rapeseed displacement

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฎ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีการเปรียบเทียบความชอบของตัวอย่างโดยการให้คะแนน (Scoring test)

ชื่อ..... **วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมปังแซนด์วิช

คำแนะนำ

1. ให้ผู้ทดสอบประเมินคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี ,กลิ่น ,รสเปรี้ยว ,ความนุ่ม ,ความเหนียว , ความชุ่มชื้น และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างขนมปังตามลำดับจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนตามสเกลที่ให้มาให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1. สี

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = สีไม่เข้ม , 2 = สีเข้มเล็กน้อย , 3 = สีเข้มปานกลาง ,4 = สีเข้มมาก ,5 = สีเข้มมากที่สุด)

2. กลิ่นเปรี้ยว

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = กลิ่นไม่เปรี้ยว , 2 = กลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย , 3 = กลิ่นเปรี้ยวปานกลาง ,4 = กลิ่นเปรี้ยวมาก ,5 = กลิ่นเปรี้ยวมากที่สุด)

3. รสเปรี้ยว

รหัส ....

คะแนน ....

(1 = รสไม่เปรี้ยว , 2 = มีรสเปรี้ยวเล็กน้อย , 3 = มีรสเปรี้ยวปานกลาง ,4 = มีรสเปรี้ยวมาก ,5 = มีรสเปรี้ยวมากที่สุด)

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

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

โดยวิธีการเปรียบเทียบความชอบของตัวอย่างโดยการให้คะแนน (Hedonic Test)

ชื่อ..... **วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ ขนมปังแซนด์วิช

คำแนะนำ

2. ให้ผู้ทดสอบประเมินความชอบของคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ สี ,กลิ่น ,รสเปรี้ยว ,ความนุ่ม , ความเหนียว ,ความชุ่มชื้น และการยอมรับโดยรวมของตัวอย่างขนมปังตามลำดับจากซ้ายไป ขวา และให้คะแนนตามสเกลที่ให้มาให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง

1	=	ไม่ชอบมาก
2	=	ไม่ชอบปานกลาง
3	=	ไม่ชอบเล็กน้อย
4	=	เฉย ๆ
5	=	ชอบเล็กน้อย
6	=	ชอบปานกลาง
7	=	ชอบมาก

1. สี

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

2. กลิ่นเปรี้ยว

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

3. รสเปรี้ยว

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ความนุ่ม

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

5. ความเหนียว

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

6. ความชุ่มชื้น

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

7. การยอมรับโดยรวม

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

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฏ

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