สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประเมินคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านโภชนะจากเปลือกสับปะรด

EVALUATION OF NUTRITIONAL VALUES AND ANTI- NUTRITIONAL FACTORS FROM PINEAPPLE PEELS

T104453

นางสาวธิติภา บุญยืน
นายวงศกร ถิรมงคลจิต
นางสาวสุดารัตน์ เพ็งจันทรา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สืบหมู่.....
เลขทะเบียน 104453
วัน,เดือน,ปี - 2 พ.ย. 2552
.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EVALUATION OF NUTRITIONAL VALUES AND ANTI- NUTRITIONAL FACTORS FROM PINEAPPLE PEELS

THITIPA BOONYUNE

WONGSAKORN THIRAMONGKOLJIT

SUDARAT PENGJANTRA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN BIOTECHNOLOGY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การประเมินคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านโภชนะจากเปลือกสับปะรด Evaluation of Nutritional Values and Anti-nutritional Factors from Pineapple Peels		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวฐิติภา	บุญยืน	รหัส 48050131
	นายวงศกร	ถิรมงคลจิต	รหัส 48050156
	นางสาวสุดารัตน์	เพ็งจันทรา	รหัส 48050172
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. จิดาภา	ทิน้อย	

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ประจำปีการศึกษา 2551

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ รศ. สุขใจ ชูจันทร์	
กรรมการ อ. คนึงกานต์ กลั่นบุศย์	
กรรมการ ดร. จิดาภา ทิน้อย	

(ผศ. ดร. สุพัตรา โพธิ์เอี่ยม)

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การประเมินคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านโภชนะจากเปลือกสับปะรด

ชื่อนักศึกษา นางสาวฐิติภา บุญยืน
นายวงศกร ถิรมงคลจิต
นางสาวสุดารัตน์ เพ็งจันทรา

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

ปีการศึกษา 2551

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. จิดาภา ทินัย

บทคัดย่อ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะ และสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรด เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร พบว่า องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีความชื้นร้อยละ 84.93 และ 10.06 เถ้าร้อยละ 0.73 และ 3.82 ไขมันร้อยละ 0.28 และ 0.62 โปรตีนร้อยละ 1.05 และ 4.69 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 13.85 และ 91.25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ในเปลือกสับปะรดแห้งประกอบด้วยเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำมากที่สุดถึงร้อยละ 82.88 พบเส้นใยอาหารชนิดย่อยคือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ในปริมาณร้อยละ 12.79, 33.1 และ 39.56 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และเพคตินซึ่งเป็นเส้นใยอาหารละลายน้ำในปริมาณน้อยเพียงร้อยละ 2.92 นอกจากนี้ยังพบว่าในเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอีเป็นองค์ประกอบสารสกัดจากเปลือกสับปะรดมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระด้วย นอกจากนี้พบสารต้านโภชนะคือ ไฟเตท สารประกอบฟีนอลิกในปริมาณสูงโดยเฉพาะในเปลือกสับปะรดแห้ง แต่พบแทนนินในปริมาณต่ำ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สามารถนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Evaluation of Nutritional Values and Anti-nutritional Factors from Pineapple Peels	
Students	Thitipa	Boonyune
	Wongsakorn	Thiramongkoljit
	Sudarat	Pengjantra
Degree	Bachelor of Science	
Major	Biotechnology	
Academic Year	2008	
Advisor	Dr. Jidapha	Tinoi

ABSTRACT

The chemical compositions, nutritional and anti-nutritional contents in fresh and dried pineapple peels were evaluated to the possibility of further utilization. The proximate analysis show moisture (84.93% and 10.06%), ashes (0.73% and 3.82%), fat (0.28% and 0.62%), total proteins (1.05% and 4.69%) and total carbohydrates (13.85% and 91.25%), in fresh and dry peels, respectively. The total dietary fiber were determined in both pineapple peels and found that the major component in dietary fiber was insoluble dietary fiber of 82.88% (w/w) in dried pineapple peels. The results also present hemicellulose, cellulose and lignin contents were 12.79, 33.1 and 39.56% (w/w), respectively. The soluble dietary fiber, pectin was determined as 2.92%. The nutritional factors such as vitamin C and vitamin E including antioxidant activity were obtained in both pineapple peels. The anti-nutritional factors (phytate, phenolic compounds and tannin) were carried out, the results show that the content of phytate and phenolic conpounds in dried pineapple peel were higher than in fresh pineapple peel and tannin content was found in trace. In conclude, the compositions in pineapple peels lead to application and utilization in food industry especially healthy food after removed anti-nutritional factors.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้จะสำเร็จลุล่วงมิได้ หากขาดความร่วมมือ ความช่วยเหลือ ตลอดจนคำแนะนำที่ดีต่างๆ ซึ่งล้วนแต่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในโอกาสนี้คณะผู้จัดทำจึงขอกล่าวขอบคุณทุกๆ ท่านด้วยความสัตย์จริง

ขอขอบพระคุณ ดร.จิดาภา ทิน้อย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษเป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทำให้การทำโครงงานพิเศษนี้สำเร็จเสร็จสิ้น หมั่นคอยติดตามการปฏิบัติงาน และให้กำลังใจศิษย์เสมอมา

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการ รศ.สุขใจ ชูจันทร์ และกรรมการ อ.คนึงกานต์ กลั่นบุศย์ ที่เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงโครงงานพิเศษ ตลอดจนการตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของเล่มรายงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการยืม-คืนอุปกรณ์และการเบิกสารเคมี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ที่ช่วยเป็นธุระประสานงานอย่างดีทุกครั้งเมื่อมาติดต่อ

ขอขอบคุณพี่นักศึกษาปริญญาโท เพื่อนๆ เทคโนโลยีชีวภาพรุ่นที่ 22 ตลอดจนเพื่อนๆ สโมสรนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจ ถามไถ่สารทุกข์สุขดิบอยู่เสมอ

และที่สำคัญที่สุด ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดเลี้ยงดูสั่งสอน รวมถึงทุกๆ คนในครอบครัว ทั้งครอบครัวบุญยืน ครอบครัวถิรมงคลจิต และครอบครัวเพ็งจันทรา

สำหรับคุณค่าและประโยชน์ที่ก่อเกิดจากโครงงานพิเศษฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบไว้แด่บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดประสบการณ์ที่มีและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้จนเติบโตอย่างสมภาคภูมิมาถึงทุกวันนี้

ฐิติภา บุญยืน
วงศกร ถิรมงคลจิต
สุดารัตน์ เพ็งจันทรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสับปะรด	3
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	3
2.1.2 ส่วนประกอบของต้นสับปะรด	4
2.1.3 สายพันธุ์ของสับปะรด	5
2.1.4 ประโยชน์ของสับปะรด	8
2.1.5 กระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋อง	10
2.1.6 วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรด	11
2.1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรด	11
2.2 หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป	12
2.2.1 การหาปริมาณน้ำในอาหาร	12
2.2.2 การวิเคราะห์เถ้าในอาหาร	13
2.2.3 การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซอกห์เลต (Soxhlet method)	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4 การวิเคราะห์ไนโตรเจนและโปรตีนโดย วิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl method)	14
2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (Dietary fiber)	17
2.3 สารโภชนะ (Nutritional factors)	19
2.3.1 วิตามินเอ (Vitamin A)	19
2.3.2 วิตามินซี (Vitamin C)	20
2.3.3 วิตามินอี (Vitamin E)	21
2.3.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)	22
2.4 สารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factors)	23
2.4.1 ไฟเตท (Phytate)	24
2.4.2 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)	25
2.4.3 แทนนิน (Tannin)	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
3.1 สารเคมี	29
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ	30
3.3 วัตถุดิบ	31
3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบแบบสด	31
3.3.2 การเตรียมวัตถุดิบแบบแห้ง	31
3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเปลือกสับปะรด	31
3.4.1 การวิเคราะห์ความชื้น	31
3.4.2 การวิเคราะห์เถ้า	32
3.4.3 การวิเคราะห์ไขมัน	32
3.4.4 การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล	33
3.4.5 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารแบบหยาบ	33
3.4.6 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 การวิเคราะห์สารโภชนะในเปลือกสับปะรด	34
3.5.1 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารทั้งหมด	34
3.5.2 การวิเคราะห์เพคติน	36
3.5.3 การวิเคราะห์เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส	37
3.5.4 การวิเคราะห์ลิกนิน	37
3.5.5 การวิเคราะห์วิตามิน	38
3.5.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH	42
3.6 การวิเคราะห์สารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรด	43
3.6.1 การวิเคราะห์ไฟเตท	43
3.6.2 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	44
3.6.3 การวิเคราะห์แทนนิน	45
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	46
4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นในเปลือกสับปะรด	46
4.2 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกสับปะรด	48
4.3 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารชนิดย่อยในเปลือกสับปะรด	51
4.4 การวิเคราะห์สารโภชนะ	54
4.4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอี	54
4.4.2 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสับปะรด	57
4.5 การวิเคราะห์สารต้านโภชนะ	60
4.5.1 การวิเคราะห์ไฟเตท	60
4.5.2 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด	60
4.5.3 การวิเคราะห์แทนนิน	62
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	65
5.1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะ และสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง	65
5.2 สรุปความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดมาใช้ประโยชน์	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	68
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	78
ภาคผนวก ค	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะเด่น ลักษณะที่ไม่ดี และแหล่งปลูกที่สำคัญของสับปะรดพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย	6
2.2	คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อสับปะรดปริมาณ 100 กรัม	8
2.3	แสดงค่าแฟกเตอร์ของอาหารชนิดต่างๆ	17
4.1	องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเปลือกสับปะรดสดและแห้ง	46
4.2	ปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด	48
4.3	ปริมาณเส้นใยอาหารชนิดย่อยจากเปลือกสับปะรด	52
4.4	ปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอี ในเปลือกสับปะรด	55
4.5	คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสับปะรด	57
4.6	ปริมาณไฟเตทในเปลือกสับปะรด	60
4.7	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกสับปะรด	61
4.8	ปริมาณแทนนินในเปลือกสับปะรด	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย	7
2.2	วัสดุเหลือจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง	11
2.3	เครื่องสกัดไขมันแบบซอกห์เลต	14
2.4	โครงสร้างวิตามินเอ และเบต้า-แคโรทีน	20
2.5	โครงสร้างวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก	21
2.6	โครงสร้างวิตามินอี	22
2.7	ไอโซเมอร์ของอินโนซิทอล	25
4.1	ปริมาณเพคติน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนินในเปลือกสับปะรด	54
4.2	แสดงร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) ของสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ และค่า IC_{50}	58
4.3	แสดงปริมาณไฟเตท สารประกอบฟีนอลิก และแทนนินในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ

ในประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกสับปะรดราว 629,000 ไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 4,129 กิโลกรัมต่อไร่ โดยในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีเนื้อที่เพาะปลูกสับปะรดมากที่สุด คือมีเนื้อที่เพาะปลูกราว 281,458 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) ซึ่งสับปะรดเป็นสินค้าทางการเกษตรอันดับต้นของไทยโดยทำเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรด เช่น น้ำสับปะรด แยมสับปะรด สับปะรดกวน และสับปะรดอบแห้ง เป็นต้น ในอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดพบว่า ใช้ส่วนของสับปะรดเพียงร้อยละ 40 ของผลเท่านั้น ส่วนที่เหลือของสับปะรดส่วนใหญ่ ได้แก่ เปลือกนอก ปลายยอดหรือจุก โคนล่าง เศษเนื้อที่เฉือนออก ไส้หรือแกนกลาง รวมทั้งกากของสับปะรดที่เหลือจากการคั้นน้ำออก ซึ่งถือเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปสับปะรดคิดเป็นร้อยละ 60-80 ของน้ำหนักผล ซึ่งการนำของเหลือจากการแปรรูปสับปะรดมาประยุกต์ใช้พบน้อยมาก ทำให้มีปริมาณของวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปสับปะรดเหลือเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงให้ความสนใจในการเพิ่มมูลค่าแก่ของเหลือทิ้งจากการแปรรูปสับปะรด เพื่อเป็นการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและเป็นการใช้ผลผลิตภายในประเทศอย่างคุ้มค่า

ปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปสับปะรด เช่น การผลิตน้ำส้มสายชู (vinegar production) การผลิตโปรตีนเซลล์เดียว (single cell proteins production) การผลิตอาหารสัตว์ (animal feed production) (จินดา, 2547) การผลิตกรดซิตริก (citric acid production) โดยการหมักแบบ solid state โดยจุลินทรีย์ *Aspergillus niger* (Kumar และคณะ, 2003) การผลิตเอทานอล (ethanol production) (Nigam, 1999) และการผลิตก๊าซชีวภาพ (biogas production) จำพวกก๊าซไฮโดรเจน (Wang และคณะ, 2006) เป็นต้น

ในโครงงานพิเศษนี้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและสารต้านโภชนะของเปลือกสับปะรด เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอาหาร และเป็นการเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งจากระบวนการแปรรูปสับปะรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1.2.1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในเปลือกสับปะรดทั้งแบบสดและแบบแห้ง

1.2.2 วิเคราะห์ปริมาณสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดทั้งแบบสดและแบบแห้ง

1.2.3 ประเมินความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในด้านอาหาร

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดทั้งแบบสดและแบบแห้ง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงคุณค่าทางโภชนาการที่มีอยู่ในเปลือกสับปะรดทั้งแบบสดและแบบแห้ง

1.4.2 ทราบถึงชนิดและปริมาณของสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดทั้งแบบสดและแบบแห้ง

1.4.3 ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในด้านอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสับปะรด (มนตรี และสมคิด, 2535)

การจำแนกทางอนุกรมวิธานของสับปะรด จัดไว้ดังนี้

Kingdom	Plant Kingdom
Sub-Kingdom	Spermatophyta
Class	Angiospermae
Sub-class	Monocotyledones
Order	Farinosae
Family	Bromeliaceae
Genera	Ananas และ Pseudananas
Scientific name	*Ananas comosus* (L) Merr.
Common name	Pineapple

ชื่ออื่นๆ ที่เรียกในประเทศไทย เช่น มะนัด มะขะนัด บ่อนัด หมากนัด ยานัด ย่าหนัด ขนุนทอง มะลิ หมากเก็ง เป็นต้น

สับปะรดมีถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในทวีปอเมริกาใต้บริเวณตอนกลางและตอนใต้ของประเทศบราซิลตอนเหนือของประเทศอาร์เจนตินาและปารากวัย เริ่มมีการเผยแพร่พันธุ์สับปะรดไปยังประเทศต่างๆ ในภาคตะวันออกไกล ในปี ค.ศ. 1600 (พ.ศ. 2143) พบว่าได้มีการปลูกสับปะรดกันแล้วในอินเดียตอนใต้ ฟิลิปปินส์ ชวา รวมทั้งประเทศไทยมีการปลูกสับปะรดประมาณปี พ.ศ. 2213-2243 (จารุพันธ์, 2526)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (จารุพันธ์, 2526)

สับปะรดจัดเป็นพืชล้มลุกถาวรพวกไม้เนื้ออ่อนเช่นเดียวกันกับกล้วย มีช่อดอกและผลที่ส่วนยอดของลำต้น โดยมีตาที่โคนใบสามารถเจริญเป็นต้นใหม่ได้ อาจมากกว่าหนึ่งก็ได้ ซึ่งหน่อหรือต้นใหม่ที่เกิดขึ้นสามารถออกผลได้ เช่น ต้นสับปะรดต้นแรก จะปลูกด้วยหน่อหรือจุก ส่วนต้นที่เกิดจากตาข้างเจริญขึ้นมา หรือโผล่ออกจากลำต้นใต้ดินเรียกว่า ต้นสอง หรือรุ่นสอง แต่โดยปกติเรามักแยกไปปลูกใหม่เจริญเติบโตได้ดีในที่มีอากาศร้อนแห้งแล้ง ดินปนทราย สับปะรดเป็นไม้ผลที่มีลักษณะพิเศษอีกอย่างหนึ่งคือ ที่บริเวณซอกใบสามารถที่จะกักเก็บน้ำเอาไว้ได้ และยังมีเซลล์พิเศษสามารถที่จะเก็บน้ำไว้ในใบ ทำให้สับปะรดทนต่อช่วงที่แห้งแล้งได้ดีกว่าพืชอื่นๆ หลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ส่วนประกอบของต้นสับปะรด (ธงชัย, 2530)

2.1.2.1 ลำต้น

ลำต้นของสับปะรดจะมีลักษณะคล้ายตะบองสูงประมาณ 2-4 ฟุต ไม่มีกิ่งก้าน มีกาบใบหุ้มเวียนรอบลำต้น ทำให้เกิดข้อปล้อง จะมีความยาวแต่ละข้อประมาณ 1-6 เซนติเมตร ข้อที่ยาวที่สุดจะอยู่ตรงกลางของลำต้น บริเวณส่วนข้อของลำต้นเหนือโคนใบจะมีตาโผล่ขึ้นมา ซึ่งต่อไปจะเจริญไปเป็นหน่อและรากต่อไป ที่โคนของลำต้นจะมีรากออกมาหนาแน่น

2.1.2.2 ก้านผล (Peduncle)

ก้านผลเชื่อมติดกับส่วนบนของลำต้น มีหน้าที่พยุงผลซึ่งมีใบเล็กๆ ติดอยู่ ที่ก้านผลนี้จะมีตาเล็กๆ พักตัวอยู่ ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็จะพัฒนาไปเป็นตะเกียง สีของก้านผลปกติจะมีสีเขียว เมื่อถึงระยะผลแก่ก้านผลจะเหี่ยวเป็นแนวยาว

2.1.2.3 ใบ

ใบของสับปะรดจะมีสีเขียวเข้มมีลักษณะแข็งเรียวยาวแหลม ห่อเป็นร่องตรงกลางคล้ายรางน้ำ บริเวณผิวใบด้านบนเป็นมันเงามีพวกไขโปร่งแสงเคลือบอยู่ ขอบใบของสับปะรดตามปกติจะมีหนามบริเวณปลายใบ ซึ่งก็แล้วแต่พันธุ์ บางพันธุ์อาจจะมีมาก บางพันธุ์อาจจะมีน้อย บางพันธุ์อาจไม่มีเลย ที่ปลายใบสับปะรดจะแหลมแข็ง ภายในใบจะมีเส้นใยละเอียดเหนียวมาก สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ผิวด้านล่างของใบมีสีออกเทาเงินตรงบริเวณกลางใบ มักมีสีน้ำตาลอมแดงลักษณะเป็นร่องเล็กๆ ยาวตลอดใบและปากใบซึ่งทำหน้าที่คายน้ำก็จะอยู่บริเวณนี้ด้วย เวลาที่แสงแดดส่องลงมาที่ใบจึงทำให้สับปะรดคายน้ำน้อยลง

2.1.2.4 ผล

จัดเป็นผลรวม (multiple fruit) ที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อย (จำนวนตั้งแต่ 100-200 ผล) เข้ากับแกนกลางของช่อดอก ในระยะที่ผลแก่ แป้งที่เก็บไว้ที่แกนจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงจะค่อยๆขยายออกไปทางด้านข้างทำให้สับปะรดมีรสชาติที่หวานขึ้น ผลสับปะรดจัดเป็นผลรวมที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อย ประมาณ 100-200 ผลอัดกันแน่นประสานเป็นเนื้อเดียวกัน ผลของสับปะรดมีรูปทรงคล้ายทรงกระบอก และผลของสับปะรดโดยทั่วไปจะมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2.2-2.5 กิโลกรัม มีเปลือกแข็งหุ้มโดยรอบผล และมีตา ปรากฏอยู่รอบ ๆ เปลือกผลเมื่อดิบจะมีสีเขียวคล้ำ เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้ม

2.1.2.5 จุก (Crown)

เป็นส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์คล้ายหน่อ มีลักษณะคล้ายฝาชี เกิดขึ้นตรงส่วนบนของผล ถ้าหากนำเอาจุกไปขยายพันธุ์กว่าจะให้ผลใช้เวลาประมาณ 22-24 เดือน แต่สับปะรดบางพันธุ์อาจมีหน่อเล็กๆ แตกออกมาจากโคนจุกเดิม เราเรียกส่วนนี้ว่าจุกตะเกียง หรือจุกย่อย (Crown slip หรือ crownlets) ในสับปะรดบางพันธุ์อาจไม่มีส่วนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.6 ตะเกียง (Slip)

ตะเกียง คือ หน่อที่เกิดออกมาจากตาบนก้านผล มีจำนวนแตกต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์และความอุดมสมบูรณ์สามารถที่จะใช้ตะเกียงขยายพันธุ์ได้ แต่โดยทั่วไปจะไม่นิยมใช้ตะเกียงขยายพันธุ์ ถ้าหากสับปะรดมีตะเกียงเกิดขึ้นที่ก้านผลไม่เกิน 4 อัน ถือว่าเป็นลักษณะที่ดี สามารถที่จะเอาไว้ทำพันธุ์ปลูกได้

2.1.2.7 หน่อ

ในการที่จะขยายพันธุ์สับปะรดส่วนที่นิยมใช้กันมากคือ หน่อ ในการเรียกหน่อแต่ละชนิดจะเรียกตามที่หน่อเกิด เช่น หน่ออุ้มลูก (hapas) คือ หน่อที่เกิดจากตาในบริเวณจุดเชื่อมระหว่างก้านผลและลำต้น ใช้ขยายพันธุ์ได้เช่นเดียวกับหน่อข้าง ตามปกติจะมี 2-3 หน่อ หน่อข้าง (sucker) คือ หน่อที่เกิดจากตาบนลำต้น ใช้ขยายพันธุ์ได้ดี โดยจะใช้เวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 14-16 เดือน จึงจะให้ผล หน่อข้างที่ดีควรจะมีไม่น้อยกว่า 2 หน่อ และควรจะเกิดในระดับใกล้ผิวดิน ถ้าหากใช้หน่อที่เกิดในระดับสูงๆ ขึ้นไปจะทำให้ต้นล้มเอนได้ง่าย ทำให้เป็นผลเสียต่อสับปะรดได้ หน่อดิน (underground sucker) เป็นหน่อที่เกิดจากตาบนลำต้นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน หน่อชนิดนี้มีจำนวนน้อย มีลักษณะรูปร่างเล็กเรียว แต่ใบของหน่อดินจะยาวกว่าหน่อข้าง

2.1.2.8 ราก

สับปะรดจะมีรากอยู่สองประเภท คือ รากดิน ซึ่งจะแทงออกมาจากลำต้นและแผ่ขยายลงในดิน อาจมีความกว้างถึง 1-2 เมตร และลึกประมาณ 85 เซนติเมตร ทำหน้าที่หาอาหารและยึดเหนี่ยวลำต้นไม่ให้ล้ม และรากอีกประเภทคือ รากโคนใบ เกิดจากลำต้นที่อยู่เหนือดินขึ้นไป โดยรากเหล่านี้จะไปขดอยู่บริเวณโคนใบ หรืออาจจะพันอยู่รอบๆ ลำต้น สำหรับรากโคนใบที่อยู่ตามโคนใบซึ่งแก่อยู่บริเวณใกล้กับผิวดินจะแทงลงไปในดิน เมื่อใบส่วนที่โคนต้นแก่หลุดร่วงไป รากของสับปะรดจะเป็นระบบรากฝอย

2.1.2.9 ดอก

ดอกของสับปะรดจะเกิดบริเวณตอนปลายของลำต้น มีช่อดอกที่อัดกันแน่นเป็นกระจุก แต่ละดอกจะออกรอบแกนเวียนเป็นรูปก้นหอย สีของกลีบดอกจะมีสีแดงปนม่วง ดอกของสับปะรดจะบานในตอนเช้าและจะเหี่ยวในตอนเย็น การบานของดอกจะบานจากโคนไปถึงปลาย

2.1.3 สายพันธุ์ของสับปะรด

สับปะรดที่ปลูกเป็นทางการค้าทั่วโลกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ได้แก่ กลุ่ม Cayenne เหมาะแก่การส่งเข้าบรรจุกระป๋อง กลุ่ม Queen มีผลค่อนข้างเล็กประมาณ 0.7 กิโลกรัม แต่มีรสหวาน เนื้อละเอียด กลุ่ม Spanish ส่วนใหญ่ปลูกกันในแถบทะเลแคริบเบียนและเม็กซิโก กลุ่ม Abacaxis ปลูกกันมากในประเทศบราซิล รูปร่างของผลเป็นแบบทรงกระบอกยาว เนื้อในของผลมีสีขาวถึงเหลืองอ่อน ฉ่ำน้ำและนุ่มนวล เนื้อผลแทบจะละลายในปากโดยไม่ต้องเคี้ยว และกลุ่ม Maipure ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับปะรดในประเทศไทยมีอยู่หลายพันธุ์ดังนั้นจึงสามารถแบ่งประเภทตามลักษณะของต้นที่ได้ขนาดโตเต็มที่และแข็งแรงสมบูรณ์เป็นบรรทัดฐานได้ 5 สายพันธุ์ (จารุพันธ์, 2526) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ลักษณะเด่น ลักษณะที่ไม่ดี และแหล่งปลูกที่สำคัญของสับปะรดพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย

พันธุ์สับปะรด	ลักษณะที่ดี	ลักษณะที่ไม่ดี	แหล่งปลูกที่สำคัญ
พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne; Sarawak: Kew)	ทนต่อความแห้งแล้งและขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ ขอบใบเรียบ เนื้อในสีเหลือง รสหวาน เนื้อฉ่ำ ใช้ในการทำสับปะรดกระป๋องดี	ไม่ทนต่อโรครูปทรงผลขนาดใหญ่ไม่ดีเพราะเนื้อมีน้ำมากเกิน	ชลบุรี ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ลำปาง
พันธุ์ภูเก็ต พันธุ์สวี (Mauritius Pine; Malacca Queen; Ceylon; Red Ceylon; Malacca; Red Malacca)	รูปร่างทรงกระบอก สม่ำเสมอ เนื้อสีเหลืองจัด หวานกรอบ รสชาติดี มีกลิ่นหอม	ใบมีหนามมาก หน่อมากจนเป็นกอ ผลมีขนาดเล็ก ตาลึก เนื้อมีช่องว่างเป็นโพรง	ภูเก็ต ชุมพร นครศรีธรรมราช ตราด
พันธุ์นางแล พันธุ์น้ำผึ้ง	ขอบใบมักเรียบ ผลมีเปลือกบางมาก รสหวานแหลม เนื้อมีเยื่อใยน้อย สีเหลืองจัด	ผลมีขนาดเล็ก ทรงกลม ผลย่อยนูนพอง ขนส่งทางไกลไม่ดี	เชียงราย
พันธุ์อินทรชิต (Singapore Spanish; Singapore; Singapore canning)	ทนต่อดินเหนียว และการระบายน้ำไม่ดี ทนต่อโรคเน่า เปลือกผลหนา ตอบสนองต่อสารเร่งดอกได้ดี ทนต่อการขนส่ง เนื้อสีเหลือง รสหวานอ่อน เหมาะบริโภคสด	ไม่ค่อยทนแล้ง ผลขนาดเล็ก ตาเล็ก ตาลึก ใบหนา เนื้อมีเยื่อใยมาก มีหลายจุก	ฉะเชิงเทรา

ที่มา: รพีพร, 2549

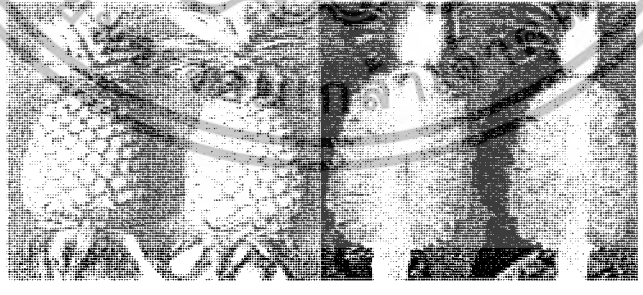
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ลักษณะเด่น ลักษณะที่ไม่ดี และแหล่งปลูกที่สำคัญของสับปะรดพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในประเทศไทย

พันธุ์สับปะรด	ลักษณะที่ดี	ลักษณะที่ไม่ดี	แหล่งปลูกที่สำคัญ
พันธุ์ขาว (Selangor Green; Green Selangor; Selassie; Green Spanish)	รูปทรงกระบอก ขนาดปานกลาง เนื้อผลสีเหลืองทอง รสหวานอ่อน	ผลมักมีหลายจุก คุณภาพเนื้อไม่ค่อยดี	ฉะเชิงเทรา

ที่มา: รพีพร, 2549

ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นสายพันธุ์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องคือ พันธุ์ปัตตาเวีย มีชื่อเรียกว่า สับปะรดศรีราชา สับปะรดกัลกัตตา เนื่องจากมีรสหวานฉ่ำมากกว่าสับปะรดพันธุ์อื่นๆ มีแหล่งที่ปลูกกันมาก ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดชลบุรี จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดลำปาง เป็นต้น นอกจากนี้มีผู้ปลูกกันทั่วๆ ไปเพื่อขายผลสด ซึ่งได้รับความนิยมแพร่หลาย เนื่องจากมีรสหวานฉ่ำ ถูกรสนิยมของคนไทย สับปะรดปัตตาเวียนี้ใบมีสีเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ขอบใบเรียบ กลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อย หรืออาจมีหนามที่ขอบใบด้วย ช่อดอกมีดอกย่อยโดยเฉลี่ยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปทรงแตกต่างกันไป จากการสังเกตพบว่าผลมีขนาดใหญ่มากโดยมีรูปทรงโคนใหญ่ปลายเรียว แต่หากเป็นผลเล็กมักมีทรงกลมป้อม หรืออาจเป็นทรงกระบอก เปลือกผลมีสีเขียวปนดำเมื่อแก่ หรืออาจมีสีเหลืองอมส้มเมื่อแก่จัด ตาตื้น เนื้อในของผลมีสีเหลืองอ่อนหรือเหลืองเข้มในฤดูร้อน



รูปที่ 2.1 สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย

ที่มา: www.nfi.or.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ประโยชน์ของสับปะรด (http://ait.nisit.kps.ku.ac.th/dbeconomicfieldcrop/use/usepineapple.htm#5)

ประโยชน์ของสับปะรดมีหลากหลาย เช่น เนื้อใช้รับประทานสด หรือแปรรูปเป็นสับปะรดแช่อิ่ม สับปะรดกวน สับปะรดแห้ง แยมสับปะรด หรือสับปะรดบรรจุกระป๋อง ผลพลอยได้จากเศษเหลือของสับปะรดจากอุตสาหกรรมทำการแปรรูปได้ เช่น น้ำเชื่อม แอลกอฮอล์ น้ำส้มสายชู ไวน์ อาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ และกรดอินทรีย์ ส่วนใบคือ เส้นใยจากใบสับปะรด นำมาทอเป็นผ้าใยสับปะรด เยื่อกระดาษจากใบสับปะรด จะได้กระดาษที่มีคุณภาพพิเศษคือ มีความบางเบามาก ผิวนุ่มเนียนสามารถบิดงอ หรือเปลี่ยนรูปร่างง่ายโดยไม่เสียหาย ในหลายประเทศใช้เป็นกระดาษสำหรับพิมพ์ธนบัตร ใช้เปลือกและแกนสับปะรดเลี้ยงวัวขุนหรือวัวฝูง ซึ่งมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 ต่อน้ำหนักสด เปลือกสับปะรดที่ทิ้งไว้ 2-3 วัน จะมีสีค่อนข้างเทา กลิ่นเหม็นเล็กน้อยเป็นอาหารที่วัวชอบกิน นอกจากนี้สับปะรดยังมีคุณค่าทางอาหารอีกมากมาย แสดงดังในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อสับปะรดปริมาณ 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร
พลังงาน	49.00 แคลอรี่
ไขมันทั้งหมด	0.43 กรัม
saturated fatty acid	0.03 กรัม
monounsaturated fatty acid	0.05 กรัม
polyunsaturated fatty acid	0.15 กรัม
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	12.39 กรัม
dietary fiber	1.20 กรัม
soluble fiber	0.10 กรัม
insoluble fiber	1.10 กรัม
น้ำตาลทั้งหมด	11.19 กรัม
Monosaccharides	5.00 กรัม
Disaccharides	3.10 กรัม
น้ำ	86.50 กรัม
วิตามิน	
vitamin A	23.00 ยูนิต
thiamin (vitamin B_1)	0.09 มิลลิกรัม
riboflavin (vitamin B_2)	0.04 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อสับปะรด 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณสารอาหาร
วิตามิน (ต่อ)	
vitamin B_6	0.08 มิลลิกรัม
biotin	0.30 มิลลิกรัม
vitamin C	15.40 มิลลิกรัม
vitamin E	0.10 มิลลิกรัม
folate	10.60 ไมโครกรัม
vitamin K	0.70 ไมโครกรัม
แร่ธาตุ	
calcium	7.00 มิลลิกรัม
copper	0.11 มิลลิกรัม
iron	0.37 มิลลิกรัม
magnesium	14.00 มิลลิกรัม
manganese	1.65 มิลลิกรัม
phosphorus	7.00 มิลลิกรัม
potassium	113.00 มิลลิกรัม
selenium	0.60 ไมโครกรัม
sodium	1.00 มิลลิกรัม
zinc	0.08 มิลลิกรัม

ที่มา: www.WHFoods Pineapple.html

ปริมาณของวิตามินซีจะมีอยู่มากในเนื้อสับปะรดส่วนที่อยู่ใกล้เปลือกผล และบริเวณใกล้แกนจะมีวิตามินซีอยู่น้อยมาก ผลสับปะรดที่แก่จัดจะมีวิตามินซีน้อยกว่าผลสับปะรดที่มีอายุน้อยกว่า นอกจากนี้ปริมาณวิตามินซียังแตกต่างกันออกไปในสับปะรดพันธุ์ต่างๆ มีรายงานว่า สับปะรดที่ใช้บริโภคกันอยู่เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายแล้วจะมีสภาพเป็นด่าง และอาจช่วยลดกรดในกระเพาะอาหารได้ ดังจะเห็นว่าเมื่อดื่มน้ำสับปะรดคั้นเข้าไปในปริมาณมากจะไม่ทำให้ปริมาณกรดในปัสสาวะเพิ่มขึ้น โดยกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่มีในสับปะรดจะสลายตัวไปในระหว่างการย่อยอาหาร ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) และกรดมาลิก (malic acid) ซึ่งมีประมาณร้อยละ 87 และ 13 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 กระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋อง (http://www.thaifta.com/thaifta/Portals/0/File/vol3Ch_1_Can.doc)

ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องมีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำสับปะรดที่หักก้าน และยอดออกแล้วเข้าเครื่องแยกขนาด โดยแบ่งตามขนาดต่างๆ คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว 5.5 นิ้ว และ 6.5 นิ้ว จากนั้นนำสับปะรดที่คัดแล้วส่งผ่านไปตามสายพานขนาดต่างๆ ผ่านเครื่องฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาด ชะล้างฝุ่นละออง และสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากผล หลังจากนั้นลำเลียงเข้าเครื่องตัดหัว-ท้าย ปอกเปลือก และคว้านแกะออก โดยสับปะรดที่ผ่านขั้นตอนนี้จะเป็นรูปทรงกระบอกตรงกลางกลวง

ขั้นตอนที่ 2 สับปะรดที่ได้จากขั้นตอนแรกจะผ่านการล้างทำความสะอาดอีกครั้ง ก่อนที่จะเคลื่อนไปตามเครื่องลำเลียง เพื่อตกแต่งตา หรือเปลือกที่ยังติดค้างอยู่ จากนั้นจึงผ่านเข้าเครื่องหั่นสับปะรดเป็นแว่น (สับปะรด 1 ลูก จะหั่นได้ประมาณ 8-10 แว่น) ซึ่งในขั้นตอนนี้ ต้องคัดเลือกแว่นตามสี และขนาดความสมบูรณ์ของแว่น จากนั้นจะหยิบแว่นสับปะรดบรรจุกระป๋อง ใส่น้ำเชื่อมพอท่วมชิ้นสับปะรด และชั่งน้ำหนักให้ได้ตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 3 นำเข้าหม้ออบเพื่อไล่อากาศ แล้วผ่านเข้าเครื่องผนึกฝากระป๋อง และส่งเข้าเครื่องอัตโนมัติสู่กระบวนการสเตอริไรซ์เพื่อฆ่าเชื้อโรค จากนั้นจะต้องทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว โดยการนำสับปะรดที่ผ่านการสเตอริไรซ์ลำเลียงผ่านสายน้ำเย็นนานประมาณ 10 นาที เพื่อป้องกันไม่ให้สี รสชาติ กลิ่น และเนื้อสับปะรดเปลี่ยนไป เมื่อนำออกจากสายน้ำเย็นแล้วก็นำไปเป่าลมให้แห้ง ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง เพื่อปรับสภาพให้คืนตัว และมีคุณภาพคงที่ ในช่วงนี้จะมีการตรวจสอบดูรอยรั่ว หรือรอยชำรุดต่างๆ ซึ่งหากพบกระป๋องที่ชำรุดก็สามารถนำไปเปิดเอาเนื้อออกและบรรจุกระป๋องใหม่ได้ สิ่งที่ต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่งคือ ระดับความเป็นกรด หรือด่างภายในกระป๋อง ซึ่งจะต้องรักษาระดับค่าพีเอชให้ต่ำกว่า 4.0 มิฉะนั้นแบคทีเรียบางชนิดอาจไม่ตาย และจะทำให้กระป๋องบวมพอง เกิดความเสียหายได้

ขั้นตอนที่ 4 ปิดฉลากตามที่ต้องการ จากนั้นบรรจุใส่กล่องลำเลียงเพื่อส่งออกต่อไปในด้านการบรรจุนั้น เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง แต่ไม่มีสารแอนโทไซยานินดังนั้นกระป๋องที่ใช้สำหรับบรรจุสับปะรดกระป๋องจึงควรเป็นกระป๋องเคลือบดีบุก โดยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ใช้จะต้องมีคุณภาพชั้น 1 ซึ่งปลอดภัยในการสัมผัสกับอาหาร โดยมีมาตรฐานตาม มอก. 16 นอกจากนี้ ผิวด้านในควรเคลือบดีบุกไม่น้อยกว่า 11.2 กรัมต่อตารางเมตร

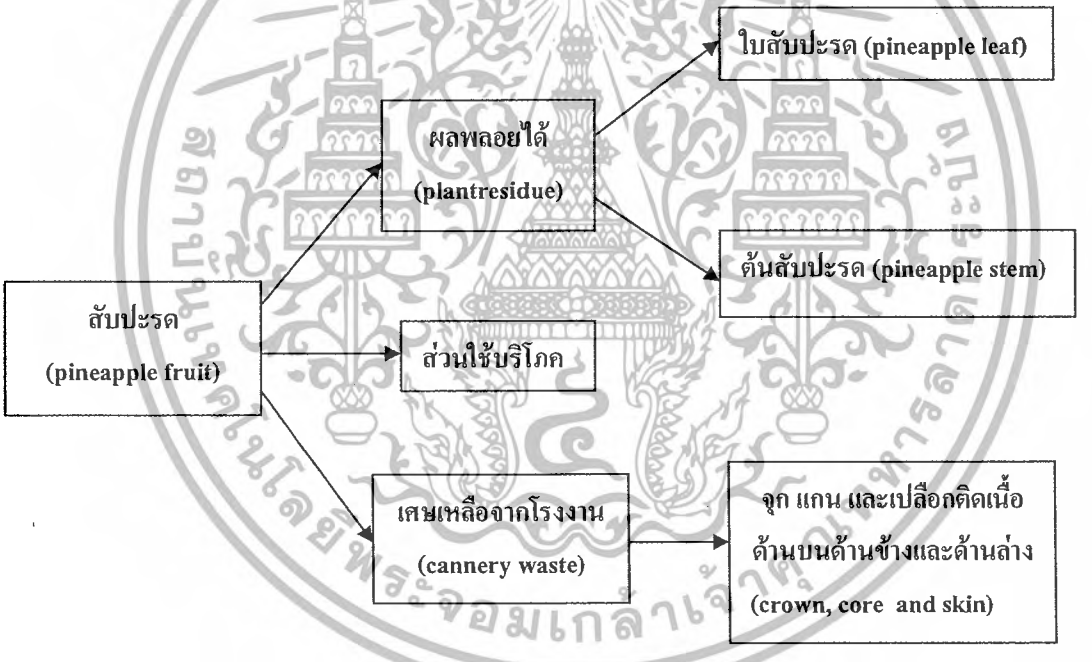
สับปะรดกระป๋องที่เก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่หากเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องตามปกติหรืออุณหภูมิ 18-22 องศาเซลเซียส ปริมาณของน้ำตาลซูโครสในเนื้อสับปะรดจะลดลงเช่นเดียวกับสีจะซีดลง การเก็บสับปะรดกระป๋องเอาไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงในระยะสั้นก็จะได้รับผลเช่นเดียวกับการเก็บเอาไว้ในที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิต่ำระยะยาว ด้วยเหตุนี้จึงไม่ควรบริโภคสับปะรดกระป๋องที่มีอายุ 3 ปีขึ้นไป เพราะในระยะนี้เริ่มมีอาการสีซีดและปริมาณน้ำตาลลดลง

2.1.6 วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรด (จินดา, 2547)

วัสดุเหลือทิ้งจากสับปะรดเป็นเศษเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรดซึ่งเศษเหลือที่ได้ประกอบด้วย เปลือก แกนกลาง จุก และเศษเนื้อ ดังรูปที่ 2.2 อาจจะมีส่วนใดส่วนหนึ่งมากน้อยแล้วแต่โรงงาน ซึ่งจะทำให้ส่วนประกอบทางเคมีจากวัสดุเหลือทิ้งของสับปะรดมีค่าแตกต่างกัน โดยทั่วไปเปลือกสับปะรดสดจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋องจะมีปริมาณน้ำอยู่สูง มีวัตถุแห้งประมาณร้อยละ 10-12 มีพีเอชอยู่ระหว่าง 3.2-3.4 (Perez และคณะ, 1973) มีโภชนะย่อยได้ (TDN) ร้อยละ 65-74 มีโปรตีนปริมาณแร่ธาตุต่างๆ และวิตามินอีต่ำ (Muller, 1974) ปริมาณน้ำตาลที่พบมากส่วนใหญ่เป็นพวกซูโครส (ร้อยละ 70) กลูโคส (ร้อยละ 20) และฟรุกโตส (ร้อยละ 10) (Muller, 1978)



รูปที่ 2.2 วัสดุเหลือจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง

ที่มา: จินดา, 2547

2.1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรด

เนื่องด้วยอุตสาหกรรมสับปะรดมีกำลังขยายเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน ทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสับปะรดออกมาอย่างแพร่หลาย โดยบุญล้อม (2527) รายงานว่าในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง จะใช้ชิ้นส่วนสับปะรดเพียงร้อยละ 40-50 ส่วนที่เหลือได้แก่ เปลือกนอก เนื้อที่เฉือนออกไปแถบในและเนื้อที่คั้นน้ำออกแล้ว ซึ่งจะมีคุณค่าทางอาหารระดับสูง และสามารถนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลี้ยงสัตว์ในรูปสดหรือถนอมไว้ในรูปหมักได้ การให้กินในรูปสดให้กินได้ทันที ถ้าทิ้งไว้จะเน่าเสียได้ง่าย

ปรารถนา (2529) เศษเหลือทิ้งจากโรงงานสับปะรดคือ เปลือกและแกนกลางซึ่งจะมีน้ำอยู่สูงถึงร้อยละ 90 ในน้ำหนักสดส่วนเหลือทิ้งจะมีโปรตีนและสารโภชนะย่อยทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.7 และ 7.0 ตามลำดับ และในน้ำหนักแห้งจะมีค่าโปรตีนและสารโภชนะย่อยสูงถึงร้อยละ 7 และ 70 ตามลำดับ

จินดา (2547) สับปะรดกระป๋องเป็นสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย มีผลพลอยได้จากการแปรรูปสับปะรดได้แก่ ใบ และจุก ประมาณ 4.0 และ 0.370 ล้านตันต่อปี ตามลำดับ มีคุณค่าทางอาหารอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดี ซึ่งใกล้เคียงกับหญ้าคือ โปรตีนประมาณร้อยละ 6-10 วัตถุแห้งหรือเปลือกสับปะรดจากโรงงานแปรรูปจำพวกเปลือก แกนกลาง และเศษเนื้อ เรียกโดยรวมว่า เปลือกสับปะรดจะมีประมาณร้อยละ 70-75 ของน้ำหนักผล หรือ 3 ใน 4 ส่วนของผลสับปะรดที่โรงงานรับซื้อ มีปริมาณความชื้นสูงเฉลี่ยร้อยละ 90 มีโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 3-5 รวมทั้งแร่ธาตุและวิตามินค่อนข้างต่ำ แต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงเฉลี่ยร้อยละ 52-85 และมีใยอาหารสูง จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งในลักษณะที่อยู่ในสภาพสด แห้ง และหมัก โดยใช้เป็นอาหารหยาบแทนหญ้าหรือเสริมหญ้าและเป็นส่วนผสมในอาหารผสมเสร็จ ในสภาพแห้งสามารถใช้ผสมในอาหารได้ไม่เกินร้อยละ 60 ในสูตรอาหาร ซึ่งการใช้ผลพลอยได้และเศษเหลือสับปะรดในสภาพต่าง ๆ นั้นต้องพิจารณาคุณค่าทางโภชนะของอาหารที่ใช้ให้เพียงพอกับระดับที่แนะนำไว้ในมาตรฐานอาหารตามระยะและชนิดของสัตว์ด้วย

2.2 หลักการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของวัตถุดิบเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป

2.2.1 การหาปริมาณน้ำในอาหาร (นิธิยา, 2539)

ปริมาณน้ำในอาหารสามารถหาได้หลายวิธี เช่น

2.2.1.1 วิธีทำแห้ง (drying)

โดยการนำอาหารมาชั่งหาน้ำหนักที่คงที่แน่นอนเป็นน้ำหนักสด แล้วนำไปทำให้แห้งในตู้อบ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิให้คงที่โดยส่วนใหญ่จะใช้อุณหภูมิ 100 หรือ 105 องศาเซลเซียส นำกลับไปชั่ง ทำเช่นนี้จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ ความแตกต่างของน้ำหนักก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งคือ ปริมาณน้ำที่ระเหยไป สารอาหารตัวอย่างมักใส่ในจานก้นแบนทำจากอะลูมิเนียมที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารหรือไม่ดูดน้ำไว้ อาจใส่ทราย หิน หรือแอสเบสทรอส รองอาหารไว้เพื่อให้น้ำระเหยเร็วขึ้น อาหารหลายประเภทจะไหม้และสลายตัวเมื่ออบจนถึง 100 องศาเซลเซียส เช่น อาหารที่มีฟรุกโตส อาหารประเภทนี้จึงต้องอบโดยใช้ตู้อบสุญญากาศ ซึ่งจะรักษาอุณหภูมิให้ต่ำไว้และมีการลดความดัน หรืออาจใช้โถดูดความชื้นสุญญากาศที่มีกรดซัลฟิวริกเป็นตัวทำให้แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 วิธีกลั่น

โดยใช้ตัวทำละลายที่ไม่ละลายซึ่งกันและกัน ใส่ตัวอย่างอาหารลงในขวดก้นกลมต่อกับเครื่องควบแน่นแบบรีฟลักซ์และมีที่ดัก (trap) สำหรับดักสารที่กลั่นออกมา ตัวอย่างอาหารที่ใส่อยู่ในตัวทำละลายที่เหมาะสมและในที่ดักมีตัวละลายนั้นบรรจุอยู่ด้วย ตัวทำละลายจะต้องไม่เป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ตัวทำละลายที่ใช้มากที่สุดคือ โทลูอีน (toluene) แต่อาจใช้ไซลีน (xylene) หรือ เฮปเทน (heptane) แทนได้ เมื่อให้ความร้อนแก่ขวดก้นกลม น้ำ และตัวทำละลายจะกลายเป็นไอ แล้วควบแน่นกลายเป็นของเหลวตกลงไปในที่ดัก ตัวทำละลายที่เบากว่าจะลอยอยู่ชั้นบนและล้นตกลงมาในขวดก้นกลมใหม่ ส่วนน้ำจะถูกดักไว้ ทำให้สามารถหาปริมาณน้ำที่กลั่นออกมาได้

2.2.1.3 วิธีนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์

เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วสำหรับหาความชื้นในตัวอย่างอาหารโดยเฉพาะอาหารที่เป็นของแข็ง สามารถอ่านค่าร้อยละของความชื้นได้โดยตรง เครื่องมือที่ใช้ราคาค่อนข้างแพง

2.2.2 การวิเคราะห์เถ้าในอาหาร

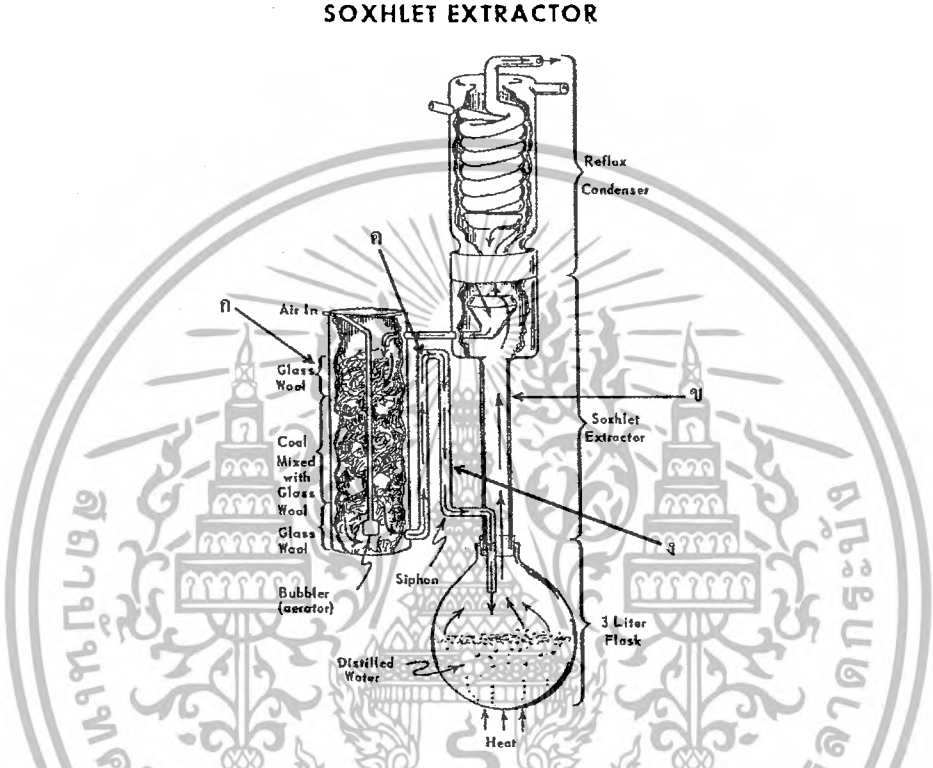
วิธีวิเคราะห์เกลือแร่ในอาหารแต่ละชนิดใช้วิธีทางเคมีที่แตกต่างกัน อาจใช้วิธีเผาอาหารให้เป็นเถ้าที่อุณหภูมิสูงประมาณ 550 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนัก การหาปริมาณเถ้าในอาหาร ในขั้นแรกให้นำอาหารที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปเผาไฟใช้ไฟอ่อนๆ จนเป็นสีดำ จากนั้นนำไปเผาในเตาเผา (muffle) จนได้ขี้เถ้าขาว แล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งให้เย็น แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนัก ในกรณีที่อาหารเป็นของเหลวต้องนำไประเหยเอาน้ำออกก่อน

2.2.3 การวิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซอกห์เลต (Soxhlet method) (สิริภัค, 2542)

ซอกห์เลตเป็นเครื่องมือที่ใช้สกัดสารที่เป็นตัวทำละลายออกจากของผสม (โดยมากเป็นของแข็ง) โดยใช้ตัวทำละลายที่ระเหยได้ง่าย หลักการคือ ทำให้ตัวทำละลายระเหยได้ขึ้นไปควบแน่นเป็นของเหลวตกลงบนของผสมที่ต้องการสกัดแล้วละลายตัวถูกละลายออกมา เมื่อตัวทำละลาย (ที่มีตัวถูกละลายรวมอยู่ด้วย) มีปริมาณมากกว่าระดับหนึ่ง จะถูกควบแน่นตกลงมาสู่ขวด ซึ่งจะรับความร้อนอีกทำให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปควบแน่น จากนั้นตัวละลายจะถูกละลาย และควบแน่นกลับลงมาอย่างนี้เรื่อยไป ดังนั้น การสกัดด้วยเครื่องสกัดซอกห์เลตจึงเป็นการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายและสะดวกกว่าวิธีสกัดแบบกรวยแยก จากรูปที่ 2.3 เมื่อให้ความร้อน ตัวทำละลายจะระเหยกลายเป็นไอลอยขึ้นไปตามท่อ (ก) แล้วกลั่นตัวลงมาบนสารที่ต้องการสกัดซึ่งอยู่ในหลอดรูพรุนที่ทำด้วยเซลลูโลส (ข) พร้อมทั้งละลายสารที่ต้องการออกจากสารตัวอย่าง เมื่อสารละลายสูงเลยระดับ (ค) จะถูกควบแน่นตกลงมาสู่ขวดไหลลงมาตามแขนง (ง) สู่ขวดอีกครั้ง การสกัดจะวนเวียนอยู่เช่นนี้เรื่อยไป โดยตัวทำละลายที่ผ่านท่อ(ก) ขึ้นไป เป็นตัวทำละลายบริสุทธิ์ มีความสามารถในการสกัดเหมือนตัวทำละลายใหม่ทุกประการ (อาจใช้ตัวทำละลายผสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด) เมื่อการสกัดสมบูรณ์สารที่สกัดได้จะนำไประเหยเอาตัวทำละลายออก แล้วชั่งหาน้ำหนักของไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสกัดไขมันออกจากสารตัวอย่างโดยวิธีซอกห์เลต มักใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซนที่ปราศจากน้ำ และสารตัวอย่างต้องแห้ง ถ้ามีน้ำปนการสกัดจะไม่ได้ผลดี เนื่องจากตัวทำละลายจะแทรกซึมเข้าไปในสารได้ยาก ไขมันที่สกัดได้ประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟ-ลิปิด สเตอรอล กรดไขมันอิสระ รงควัตถุ และสารอื่นๆ ที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์นี้ ดังนั้นจึงเรียกสารสกัดที่ได้ว่า ไขมันหยาบ (crude fat)



รูปที่ 2.3 เครื่องสกัดไขมันแบบซอกห์เลต

ที่มา: สิริภัค, 2542

2.2.4 การวิเคราะห์ไนโตรเจนและโปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl method) (สิริภัค, 2542)

การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนมีอยู่หลายวิธี สำหรับโปรตีนที่ละลายน้ำ หรืออยู่ในสภาพสารละลาย เช่น ซีรัม หรือโปรตีนที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อพืช สัตว์ และอื่นๆ สามารถวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนได้โดยให้สารทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ซึ่งจะทำให้สารมีสีเกิดขึ้น นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจากกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโปรตีน เช่น วิธีของลาวรี (Lowry method) ซึ่งวิธีนี้สามารถหาปริมาณโปรตีนได้แม้มีปริมาณเพียงเล็กน้อย (ระดับไมโครกรัม) นอกจากนี้ยังมีสีย้อม (dye) อีกหลายชนิดที่สามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนและวัดปริมาณสีที่ได้ ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ วิธีการเหล่านี้มักใช้ในงานวิจัยหรือในโรงพยาบาลมากกว่าในระดับอุตสาหกรรมและการเกษตร ซึ่งจะนิยมใช้วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลดาห์ลในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนแล้วคำนวณหาปริมาณโปรตีน และนอกจากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนเพื่อหาปริมาณโปรตีนแล้วยังใช้วิธีนี้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่มีในปุ๋ย ดิน และอาหารสัตว์ด้วย

วิธีเจลดาห์ลนี้ได้พัฒนาขึ้นไปเรื่อยๆ นับตั้งแต่ปริมาณสารตัวอย่างที่เติมทำในระดับมาโคร (macro) ปัจจุบันทำในระดับกึ่งมาโคร (semimacro) และ Winkler (1913) ได้ปรับปรุงวิธีการให้ดีขึ้น โดยใช้กรดบอริกมาเป็นตัวจับแอมโมเนียที่ได้จากการกลั่นเอาไว้ ก่อนที่จะนำไปไทเทรต ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์คือ

2.2.4.1 การเตรียมสารตัวอย่าง (Sample preparation)

นำสารตัวอย่างมาบดเป็นชิ้นเล็ก ๆ โดยใช้เครื่องบด (blender) สำหรับสารตัวอย่างที่อ่อนหรือเปียกชื้น และใช้โม่หรือเครื่องบดความเร็วสูงสำหรับสารตัวอย่างที่แห้งและแข็ง

2.2.4.2 การย่อยสารอินทรีย์ในโตรเจน

สารอินทรีย์ในโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก จะถูกย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่อุณหภูมิ 350-400 องศาเซลเซียส โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ทองแดง ปรอท และซีลีเนียม รวมทั้งสารประกอบต่างๆ เช่น คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และมีโซเดียม หรือ โพแทสเซียมซัลเฟต เป็นตัวช่วยทำให้จุดเดือดสูงขึ้น สารอินทรีย์ทั้งหมดจะถูกไฮโดรไลซ์ และออกซิไดส์เป็นแอมโมเนียซัลเฟต ดังสมการ

$$\text{Organic nitrogen} \xrightarrow{\text{กรด}} (NH4)_2SO_4 \xrightarrow{\text{ด่าง}} NH_3 \xrightarrow{\text{น้ำ}} NH_4OH$$

2.2.4.3 การกลั่น (Distillation)

การกลั่นเกลือแอมโมเนียถูกสลายด้วยด่างที่มากเกินพอจะเกิดก๊าซแอมโมเนียออกมา ซึ่งจะถูกกลั่นออกมาในรูปแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) และถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก

2.2.4.4 การไทเทรต (Tritration)

หาปริมาณแอมโมเนียโดยการไทเทรตกับกรดมาตรฐาน (ที่รู้ความเข้มข้นแน่นอน) ซึ่งมีอินดิเคเตอร์เป็นตัวบ่งชี้บอกจุดยุติ

2.2.4.5 การคำนวณ

จากก๊าซแอมโมเนียมจะสามารถคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนหรือปริมาณโปรตีนตามลำดับ

แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่กลั่นได้จะดักเก็บไว้โดยสารละลายกรดบอริก เพื่อป้องกันการสูญเสียก๊าซแอมโมเนีย เดิมใช้สารละลายกรดมาตรฐานจำนวนมากเกินพอมารองรับแล้วไทเทรตกรดที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาด้วยสารละลายด่างมาตรฐาน และคำนวณหาจำนวนโมลกรดที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทำปฏิกิริยาพอดีกับแอมโมเนีย แต่วิธีนี้มีจุดอ่อนเพราะ ค่าที่ได้จากผลต่างจะทวีความคลาดเคลื่อน และต้องใช้สารละลายมาตรฐานถึง 2 ชนิด นอกจากนี้การเก็บสารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นคงที่ทำได้ยาก

วิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ ใช้สารละลายกรดบอริกมารองรับแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่กลั่นได้ วิธีนี้ไม่จำเป็นต้องทราบปริมาณที่แน่นอนของกรดบอริกเพราะ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จะทำปฏิกิริยากับกรดบอริกได้แอมโมเนียมบอเรต (ammonium borate) ดังสมการ

$$NH_4OH + H_3BO_3 \longrightarrow NH_4^+H_2BO_3^- + H_2O \xrightarrow{NH_4OH} (NH_4^+)_2HBO_3^{2-} + H_2O \xrightarrow{NH_4OH} (NH_4^+)_3BO_3^{3-} + H_2O$$

แล้วหาปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ทั้งหมดในแอมโมเนียมบอเรต (ammonium borate) โดยไทเทรตกับกรดเกลือ (หรือกรดซัลฟิวริก) มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ดังสมการ

$$(NH_4^+)_3BO_3^{3-} + HCl \longrightarrow (NH_4^+)_2HBO_3^{2-} + NH_4Cl \xrightarrow{HCl} (NH_4^+)H_2BO_3^- + NH_4Cl \xrightarrow{HCl} H_3BO_3 + NH_4Cl$$

จะเห็นว่า ถ้ามีปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เกิดขึ้น 3 โมล จะต้องใช้กรดเกลือ 3 โมลเช่นเดียวกัน ทำให้สามารถหาจำนวนแอมโมเนียมที่เกิดขึ้น และเนื่องจากในการไทเทรตจะมีกรดบอริกเกิดขึ้นจึงเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วงพีเอชเท่ากับ 5-6 โดยใช้อินดิเคเตอร์ผสมของเมทิลเรด และบรอมครีซอลกรีนซึ่งจะให้สีชมพูในสารละลายกรด และสีเขียวแกมน้ำเงินในสารละลายด่าง ดังนั้นสารละลายกรดบอริกที่เติมอินดิเคเตอร์จะมีสีชมพู เมื่อรับแอมโมเนียม-ไฮดรอกไซด์ จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน และเมื่อนำมาไทเทรตกับกรดจะให้สีชมพูที่จุดยุติ

นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่เกิดขึ้น โดยให้ทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ แล้วให้สารสีเกิดขึ้น ดังเช่นวิธีของเนสเลอร์ (Nessler method) หรืออาจใช้แอมโมเนียมอิเล็กโทรดวัดปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นโดยตรงทั้ง 2 วิธี ได้ดัดแปลงมาใช้กับเครื่องวิเคราะห์อัตโนมัติในปัจจุบัน

จากปริมาณแอมโมเนียมที่ได้สามารถหาปริมาณไนโตรเจนได้ เนื่องจากแอมโมเนีย 1 โมล ประกอบด้วย ไนโตรเจน 1 โมล หรือ 14 กรัม และปริมาณไนโตรเจนมีอยู่ค่อนข้างคงที่ในโปรตีนแต่ละชนิด เช่น โปรตีนในเนื้อสัตว์มีไนโตรเจนร้อยละ 16 โปรตีนในนมและไข่มีไนโตรเจนร้อยละ 15.7 และ 15 ตามลำดับ สามารถคำนวณปริมาณโปรตีนจากปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้โดยใช้ Coversion factor หรือ Kjeldahl factor ซึ่งเท่ากับ 100 หาร 16 หรือ 6.25 สำหรับเนื้อสัตว์ เป็นต้น ดังตารางที่ 2.3 นั่นคือ ปริมาณโปรตีนในเนื้อสัตว์เท่ากับปริมาณไนโตรเจนคูณ 6.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

ปริมาณโปรตีนที่หาได้นี้เรียกว่า โปรตีนหยาบ (crude protein) หาได้จากปริมาณไนโตรเจนแล้วคูณค่าแฟกเตอร์ ซึ่งขึ้นกับชนิดของอาหาร วิธีนี้มีความคลาดเคลื่อนมาก ถ้ามีสารชนิดอื่นที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดนิวคลีอิก และยูเรียปนอยู่ด้วยจะทำให้ได้ปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าที่ควร จึงคำนวณเป็นค่าโปรตีนได้สูงกว่าความเป็นจริง

อย่างไรก็ตามวิธีเจลดาห์ลไม่สามารถวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในสารที่ประกอบด้วย พันธะระหว่างไนโตรเจนกับไนโตรเจน และไนโตรเจนกับออกซิเจน เช่น ไนไทรต์ ไนเทรต ออกซีม อะโซ และไนโทรโซ เป็นต้น ซึ่งต้องนำไปทำปฏิกิริยาบางอย่างก่อน เช่น ไนไทรต์ และไนเทรต ต้องทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และเหล็กรีดิวซ์ก่อน แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียต่อไป ดังนั้นจึงคำนวณปริมาณโปรตีนได้จากปริมาณไนโตรเจน

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าแฟกเตอร์ของอาหารชนิดต่างๆ

ชนิดอาหาร	แฟกเตอร์	ปริมาณโปรตีน
เนื้อสัตว์	6.25	ปริมาณไนโตรเจน x 6.25
นมและผลิตภัณฑ์นม	6.38	ปริมาณไนโตรเจน x 6.38
เจลาติน	5.55	ปริมาณไนโตรเจน x 5.55
ไข่ขาว	6.68	ปริมาณไนโตรเจน x 6.68
ถั่วเหลือง	5.71	ปริมาณไนโตรเจน x 5.71
ถั่วลิสง	5.42	ปริมาณไนโตรเจน x 5.42
ข้าวสาลี	5.70	ปริมาณไนโตรเจน x 5.70

ที่มา: สิริภัค, 2542

2.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) (นิรนาม, 2550)

เส้นใยเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนโดยมากพบองค์ประกอบของพืช เช่น ในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อพืช โครงสร้างของเส้นใยประกอบด้วยสารที่ย่อยสลายยาก เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคติน เป็นต้น การศึกษาเกี่ยวกับเส้นใยอาหารมีมานานแล้ว แต่เริ่มให้ความสำคัญและศึกษาอย่างละเอียดเมื่อไม่นานนี้ เนื่องจากมีการค้นพบว่า เส้นใยอาหารมีประโยชน์ในการช่วยให้ระบบขับถ่ายดีขึ้น อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับภาวะของโรคที่เกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอาหารรวมถึงอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104453

ปัจจุบันการวิเคราะห์เส้นใยอาหารมี 2 วิธี คือ

2.2.5.1 วิธีที่ใช้การวัดน้ำหนัก (Gravimetric method)

เป็นวิธีการหาปริมาณเส้นใยโดยหาความแตกต่างของน้ำหนักของตัวอย่างหลังจากการผ่านขบวนการทางเคมีที่ใช้ย่อยองค์ประกอบของอาหารอื่นๆ ออกไป ซึ่งวิธีกราวิเมทริก (Gravimetric method) แบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

ก. Crude fiber method เป็นวิธีหาเส้นใยตามวิธีของ Weends ซึ่งได้คิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1850 เพื่อหาสารประกอบที่ไม่สามารถย่อยได้ในพวกอาหารสัตว์และฟางหญ้า ซึ่งต่อมาได้นำมาหาปริมาณเส้นใยในอาหารของมนุษย์ด้วย พบว่าวิธีนี้จะทำให้พวกเส้นใยหรือส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยสลายสูญเสียไปร้อยละ 40

ข. Detergent fiber method เนื่องจากการสูญเสียส่วนประกอบของเส้นใยไปประมาณร้อยละ 40 ใน Crude fiber methods จากการต้มด้วยด่าง ในปีค.ศ. 1955 Walker และ Hepburn ได้แนะนำให้ใช้แค่ขั้นตอนการต้มด้วยกรดเท่านั้น จะทำให้มีส่วนของโปรตีนหลงเหลืออยู่ ซึ่งต้องหักลบออกโดยนำไปหาปริมาณโปรตีนอีกครั้งหนึ่ง ต่อมา Van Soest ได้แก้ไขปัญหานี้ได้โดยขจัดส่วนของโปรตีนออก โดยใช้ดีเทอร์เจนท์คือ เซทิลริเมทิลแอมโมเนียมโบรมายด์ (Cetylrimethyl ammonium bromide) ใน 1 นอร์มัลของกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) วิธีนี้เรียกว่า Acid detergent fiber method (ADF) ซึ่งใช้หาปริมาณเซลลูโลสและลิกนินในเส้นใย อีกวิธีหนึ่งของ Detergent fiber method เรียกว่า Neutral detergent fiber method (NDF, Van Soest และ Wine, 1967) ทำโดยนำตัวอย่างมาต้มกับสารละลายบัฟเฟอร์ที่เป็นกลางของ sodium dodecyl sulfate (SDS) และ EDTA วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้สภาวะอ่อนกว่า ADF และดีเทอร์เจนท์ ที่ใช้สามารถละลายโปรตีนได้ดีแต่ละลายไขมันได้จำกัด สำหรับโมเลกุลแป้ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในการกรอง สามารถขจัดได้ด้วยเอนไซม์อะไมเลส (amylase)

ค. Enzymatic methods วิธีนี้สามารถหาเส้นใยอาหารละลายน้ำ (soluble dietary fiber) และเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) ซึ่งไม่สามารถทำได้โดยวิธีใช้ความร้อนได้ หลักการนั้นใช้การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยเอนไซม์ที่ใช้นี้มีความแตกต่างกันไป ส่วนวิธีที่ใช้แตกต่างกันตรงที่เอนไซม์ที่เลือกใช้ในการละลายแป้งและโปรตีน นำตัวอย่างแห้ง (2 ซ้ำ) สกัดไขมันออกในกรณีที่มีไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปเติมเอนไซม์อัลฟาอะไมเลสเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเจลาติไนเซชัน (gelatinization) เอนไซม์โปรตีเอสเพื่อย่อยโปรตีน เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดสเพื่อย่อยแป้ง และนำส่วนผสมทั้งหมดที่ผ่านการย่อยมาเติมเอทานอลเพื่อตกตะกอนส่วนเส้นใยอาหารที่สามารถย่อยได้ แล้วนำไปกรอง จากนั้นนำส่วนเส้นใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ (residue) ล้างด้วยน้ำ เอทานอล และอะซีโตน แล้วนำไปอบแห้งและชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อหาปริมาณโปรตีนและเถ้าซึ่งใช้ในการหาปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.2 Enzymatic chemical methods

เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้เอนไซม์ในการย่อยตัวอย่าง แล้ววิเคราะห์สิ่งที่เหลือโดยวิธีเคมีคือ ย่อยพอลิแซ็กคาไรด์นั้นด้วยกรดอีกครั้งได้เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว และวิเคราะห์น้ำตาลโดยวิธี Gas liquid chromatography (GLC) หรือโดยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC) ส่วนกรดยูโรนิกวิเคราะห์โดยวิธีวัดสี (Colorimetric method)

โดยสรุปแล้ว Association of Official Analytical Chemists (AOAC) ยังคงใช้ Crude fiber method ในการหาปริมาณเส้นใยในอาหารมนุษย์ และอาหารสัตว์ ซึ่งในขณะนี้นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่ามาทดแทน Crude fiber method ซึ่งวิธี GLC นั้นยุ่งยากเกินไปและเสียเวลานาน ส่วนวิธีที่ใช้เอนไซม์ซึ่งถูกตรวจสอบโดยส่งตัวอย่างไปให้หลายๆ ห้องปฏิบัติการ พบว่าโดยทั่วไปผลเป็นที่น่าพอใจ ยกเว้นตัวอย่างที่เป็นข้าวเจ้าที่มีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำให้ค่าที่แปรผันมากซึ่งน่าจะเกิดจากการบดตัวอย่างไม่เพียงพอ ส่วนตัวอย่างที่เป็น soya protein isolate ให้ค่าโปรตีนที่สูงมาก ทำให้ค่าไฟเบอร์ที่ได้จากการหักลบต่ำ

การเลือกวิธีวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยในอาหารขึ้นอยู่กับว่าต้องการทราบรายละเอียดเพียงใด การใช้ Enzymatic gravimetric methods สามารถที่จะใช้หาเส้นใยอาหารทั้งหมด หรือแยกหาเส้นใยที่ละลายน้ำ และเส้นใยที่ไม่ละลายน้ำได้ วิธี GLC ใช้เวลานานแต่สามารถให้รายละเอียดมากที่สุดในด้านองค์ประกอบของ neutral sugar พวกกรดยูโรนิกต้องหาแยกจากเส้นใยอื่นโดยวิธี colorimetric ลิกนินสามารถหาได้โดยวิธีการหักลบจากการย่อยด้วยกรด เนื่องจากลิกนินไม่ถูกย่อยด้วยกรด วิธี colorimetric ร่วมกับวิธีการย่อยด้วยกรดเป็นวิธีที่ง่ายที่ใช้ในการหาองค์ประกอบอย่างคร่าวๆ ของเส้นใยอาหาร

2.3 สารโภชนะ (Nutritional factors)

2.3.1 วิตามินเอ (Vitamin A)

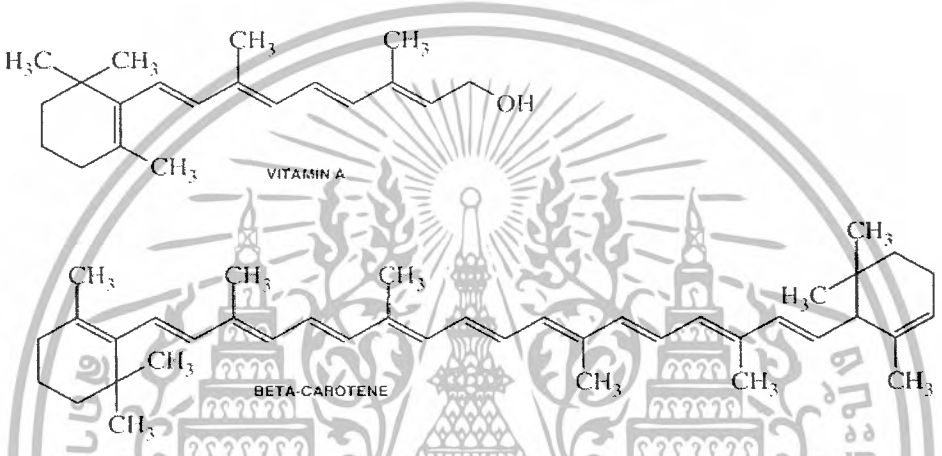
วิตามินเอ โครงสร้างของวิตามินเอ หรือเรตินอล ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เป็นอนุพันธ์ของแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่ง ในอาหารพบมากในรูปเอสเทอร์ของกรดไขมัน สามารถละลายได้ในน้ำมัน วิตามินเอมีสีเหลืองอ่อน ทนกรดและด่าง แต่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศและออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง ถูกทำลายด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลตหรือแสงอาทิตย์ และจะถูกทำลายเมื่ออยู่ในน้ำมันที่เหม็นหืน เนื่องจากเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น

วิตามินเอพบเฉพาะในสัตว์เท่านั้น อาหารที่มีวิตามินเอมากที่สุดคือ น้ำมันตับปลา โดยเฉพาะปลาคอดและปลาทูน่า นอกจากนี้ยังพบวิตามินเอมากในตับของสัตว์ต่างๆ ไข่แดง น้ำนม และผลิตภัณฑ์นม อาหารที่ได้จากพืชไม่มีวิตามินเอ แต่มีสารประกอบแคโรทีนอยด์ที่ละลายได้ในไขมัน เช่นเดียวกัน สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ที่ผนังลำไส้เล็ก ตับและไต จึงเรียกแคโรทีนอยด์ว่าเป็นโปรวิตามินเอ แคโรทีนอยด์พบมากในพืชผักที่มีสีเขียว เหลือง และผลไม้ที่มีสีเหลืองหรือส้ม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง เช่น แครอท ฟักทอง มะละกอสุก มะเขือเทศ ใบคะน้า ใบยอ และใบตำลึง ดังนั้นการบริโภคผักใบเขียว แครอท หรือฟักทองที่ผัดด้วยน้ำมัน จึงทำให้ร่างกายได้รับแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ในธรรมชาติมีหลายชนิด ได้แก่ อัลฟา-แคโรทีน (α-carotene) เบต้า-แคโรทีน (β-carotene) โครงสร้างของเบต้า-แคโรทีน ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และแกมมา-แคโรทีน (γ-carotene) แคโรทีนชนิดที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากที่สุดคือ เบต้า-แคโรทีน ซึ่งนอกจากจะเป็นโปรวิตามินเอแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของร่างกาย ช่วยทำลายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังเป็นสารที่ช่วยชะลอความแก่และยับยั้งการเกิดมะเร็งได้ (นิธิยา, 2539)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างวิตามินเอ และเบต้า-แคโรทีน

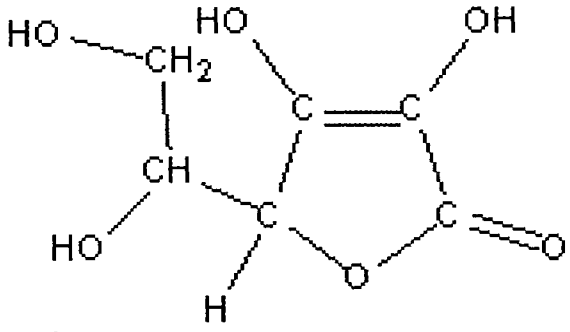
ที่มา: Moehammad และPurwiyatno, 2551

2.3.2 วิตามินซี (Vitamin C)

วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก โครงสร้างของวิตามินซี ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซส ละลายน้ำได้ดี พบมากในผักและผลไม้สด เช่น สตรอเบอรี่ เชอร์รี่ มะขามป้อม ฝรั่ง ส้ม มะนาว มันฝรั่ง และผักชนิดต่างๆ ผลไม้ส่วนใหญ่จะพบวิตามินซีที่เปลือกมากกว่าในเนื้อ เช่น แอปเปิ้ล วิตามินซีในร่างกายพบมากที่ต่อมอะดรีนาลและพิทูอิทารี ทำหน้าที่เป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างโปรตีนคอลลาเจน

วิตามินซีเป็นสารรีดิวซ์ที่รุนแรง มีความคงตัวต่ำ สลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกอากาศ แสง และความร้อน วิตามินซีที่อยู่ในรูปกรดแอสคอร์บิกชนิดแอลจะมีคุณค่าทางชีวภาพมากกว่ารูปกรดแอสคอร์บิกชนิดดี ซึ่งไม่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 โครงสร้างวิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก

ที่มา: Geetha, 2551

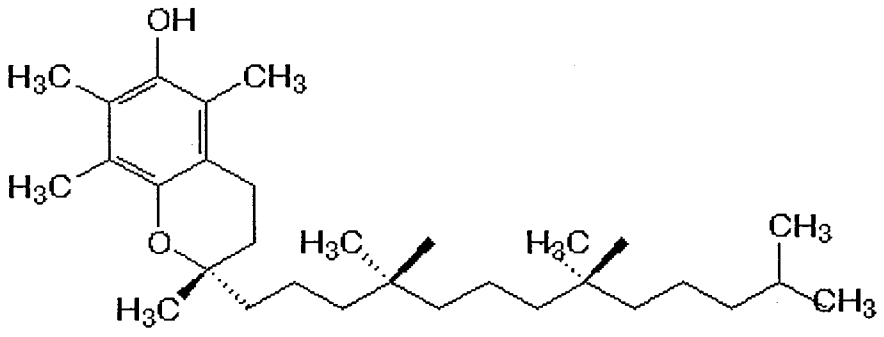
เมื่อกรดแอสคอร์บิกชนิดแอลถูกออกซิไดส์จะเปลี่ยนเป็น dehydro- L- ascorbic acid ปฏิกิริยานี้เปลี่ยนกลับไปมาได้ แต่ถ้า dehydro- L- ascorbic acid ถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น diketo- L-gulonic acid จะไม่มีคุณค่าทางชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์อีกหลายชนิดที่เร่งการสลายตัวของวิตามินซีได้ เช่น ascorbic acid oxidase, phenolase, cytochrome oxidase และ peroxidase เอนไซม์เหล่านี้พบมากในผักและผลไม้สด ซึ่งจะเร่งการสลายตัวของวิตามินซีในผักและผลไม้ได้ เมื่อเนื้อเยื่อของผลไม้เกิดความเสียหาย เนื่องจากการปอก หั่น หรือเกิดรอยช้ำ ในกระบวนการแปรรูปผักและผลไม้จึงมีการทำลายเอนไซม์เหล่านี้โดยใช้ความร้อน หรือการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (นิธิยา, 2539)

2.3.3 วิตามินอี (Vitamin E)

วิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายในไขมันในธรรมชาติพบอยู่ทั้งในพืชและสัตว์ แบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่ อัลฟ่า-โทโคฟีรอล (α-tocopherol) เบต้า-โทโคฟีรอล (β-tocopherol) แกมมา-โทโคฟีรอล (γ-tocopherol) และเดลต้า-โทโคฟีรอล (δ-tocopherol) น้ำมันเมล็ดฝ้ายมีวิตามินอี 3 ชนิดแรก และน้ำมันถั่วเหลืองมีเดลต้า-โทโคฟีรอล โทโคฟีรอลแต่ละชนิดจะมีคุณค่าทางชีวภาพต่างกัน โดยอัลฟา-โทโคฟีรอล มีคุณค่ามากที่สุด

วิตามินอีมีลักษณะข้น หนืด สีเหลือง ละลายได้ดีในไขมัน มีสูตรโมเลกุล $C_{29}H_{50}O_2$ น้ำหนักโมเลกุล 430 ดาลตัน โครงสร้างของวิตามินอีแสดงในรูปที่ 2.6 วิตามินอีทนต่อความเป็นกรด แต่ไม่ทนต่อด่าง แสงอัลตร้าไวโอเลตและออกซิเจน วิตามินอีมีหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันในอาหาร โดยเฉพาะในน้ำมันพืช น้ำมันพืชที่มีวิตามินอีตามธรรมชาติมาก จะเกิดการหืนแบบ oxidative rancidity ได้ช้า (นิธิยา, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างวิตามินอี

ที่มา: Zoe, 2551

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า พืชโดยทั่วไปเป็นแหล่งของเส้นใยต่างๆ ซึ่งจะแตกต่างกันในเรื่องของชนิดและปริมาณ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชเอง และคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าพืชทุกชนิดเป็นแหล่งของเส้นใย แต่การนำมาใช้ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและความปลอดภัยด้วย

การที่พืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ เป็นเพราะพืชมีกลไกป้องกันตัวเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้สามารถดำรงสายพันธุ์ต่อไปได้ พืชบางชนิดสร้างสารบางอย่างขึ้น เมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ในปริมาณหนึ่ง สารเหล่านี้จะขัดขวางการได้รับสารอาหาร ซึ่งสารเหล่านี้เรียกว่า สารต้านโภชนะ (anti-nutritional factors) สารต้านโภชนะไม่ใช่สารพิษ เนื่องจากเมื่อเข้าสู่ร่างกายไม่ทำให้เสียชีวิต แต่สารต้านโภชนะในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายได้

2.3.4 สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants)

ภายในร่างกายมีการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ ขึ้นมาเป็นกลไกในการกำจัดอนุมูลอิสระเหล่านั้น สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารหรือเอนไซม์ต่างๆซึ่งที่ความเข้มข้นต่ำๆสามารถชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาได้ สารต้านอนุมูลอิสระจะไป neutralize อนุมูลอิสระ โดยทำตัวเป็นผู้ให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระเอง ทำให้ปฏิกิริยาแย่งชิงอิเล็กตรอน (electron-stealing reaction) สิ้นสุดลง ทั้งนี้การที่สารต้านอนุมูลอิสระให้อิเล็กตรอนไปไม่ทำให้ตัวมันเองกลายเป็นอนุมูลอิสระไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจาก สารต้านอนุมูลอิสระ มีความคงตัวในทุกรูปแบบ

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกายและจัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่ superoxide dismutase, catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase และ glutathione- s- transferase

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย แต่ไม่จัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่ glutathione, lipoic acid, ceruloplasmin, albumin, transferrin, heptaglobin, hemopexin, uric acid, bilirubin และ cysteine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในอาหารและไม่จัดเป็นเอนไซม์ ได้แก่ alpha-tocopherol, carotenoids, ascorbic acid, steroids, ubiquinones, thiols, inosine, taurine, pyruvate, gallic acid, flavonoids, trolox, BHT และ BHA

อย่างไรก็ตามแม้สารต้านอนุมูลอิสระเป็นที่เชื่อว่าอาจช่วยลดการเกิดโรคมะเร็ง โรคหัวใจขาดเลือด และโรคอื่นๆได้ จากการทดลองศึกษาผลดีของ สารต้านอนุมูลอิสระต่อระบบต่างๆ ของร่างกาย การลดอาการของโรคหัวใจและหลอดเลือดและโรคมะเร็งพบว่า การรับประทานสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น วิตามินอี ซี และเอโดยตรง มีทั้งรายงานที่สนับสนุนผลดี และรายงานที่บอกว่าไม่ได้ผลในการลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น พบว่าอาหารที่มีเบต้า-แคโรทีน มีผลช่วยลดอาการของโรคหัวใจขาดเลือดได้ แต่เมื่อให้สารสกัดเบต้า-แคโรทีน โดยตรงต่อผู้ป่วย ยังไม่พบผลดีชัดเจนต่อโรคหัวใจ รายงานจำนวนมากบอกว่าการรับประทานผักและผลไม้สด สามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งบางประเภทได้ ซึ่งคาดว่ากลไกมีทั้งในด้านที่ผักผลไม้มีกากใยมาก จึงช่วยชะลอการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ และกลไกทางด้านสารต้านอนุมูลอิสระที่มีมากในผักผลไม้บางชนิดก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งได้ บางรายงานศึกษาไปถึงชนิดของผักพบว่า ผักที่มีสีเหลือง เช่น แครอท ลดการเกิดมะเร็งปอดได้ดีกว่าผักชนิดอื่น การรับประทานผักและผลไม้ที่มีวิตามินเอ หรือเบต้า-แคโรทีนสูงช่วยลดความเสี่ยงของมะเร็งปอดได้ เป็นต้น สรุปคือ สารต้านอนุมูลอิสระ น่าจะมีผลดีต่อร่างกาย และอาจลดการเกิดโรคมะเร็งชนิดต่างๆได้ ลดอาการโรคหัวใจขาดเลือดได้จริง แต่ฤทธิ์ที่เด่นชัดกลับอยู่ในรูปของผักและผลไม้สดมากกว่าสารสกัดหรือตัววิตามินโดยตรง ทั้งนี้การรับประทานตัววิตามินในขนาดสูงอาจทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกายในระยะยาวได้ด้วย ดังนั้นจึงมีการสนับสนุนให้รับประทานอาหารที่มีสารต่างๆ ซึ่งมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้น โดยเฉพาะผักและผลไม้สดหลายชนิด

2.4 สารต้านโภชนะ (Anti-nutritional factors)

สารต้านโภชนะมักเป็นสารที่พืชสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นการป้องกันตัวเองให้รอดพ้นจากศัตรูธรรมชาติ เช่น แมลง สัตว์กินพืช ไปจนถึงพืชด้วยกันเอง ซึ่งไม่ว่าจะเป็นโดยตัวของมันเอง หรือผลิตผลจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของมัน ต่างรบกวนการได้รับสารอาหารของร่างกายทั้งในคนและสัตว์ (Makkar, 1993) สารต้านโภชนะเป็นสารที่ยับยั้งการย่อย การดูดซึม และการนำสารอาหารต่างๆ ไปใช้ เช่น โปรติเอส อินฮิบิเตอร์ เลคติน แทนนิน เป็นต้น

สารต้านโภชนะสามารถแบ่งได้กว้างๆ คือ 4 กลุ่ม (Francis และคณะ, 2001) คือ กลุ่มที่ 1 สารที่มีผลกระทบต่อการย่อยและการได้รับประโยชน์จากโปรตีน เช่น สารยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีน (protease inhibitors) แทนนิน แลคติน กลุ่มที่ 2 สารที่มีผลกระทบต่อการได้รับประโยชน์จากแร่ธาตุ เช่น ไฟเตท กอสซิพอล (gossypol) สารสี (pigment) ออกซาเลต (oxalate) กลูโคซิโนเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(glucosinolate) กลุ่มที่ 3 สารต้านวิตามิน (antiviamin) กลุ่มที่ 4 อื่นๆ เช่น mycotoxin, mimosine, ไซยาโนเจน ไนเตรต อัลคาลอยด์ photosensitizing agent, phytooestrogen และซาโปนิน (saponin)

นอกจากนี้ยังมีการแยกสารต้านโภชนะ ตามความเสถียรของสารต่อความร้อน ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้กำจัดสารเหล่านี้นั่นเอง โดยพบว่าปัจจัยในเรื่องของความร้อนจะมีผลต่อสารต้านโภชนะอย่างเช่น สารยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีน ไฟเตท เลคติน goitrogens และสารต้านวิตามินแต่ความร้อนไม่มีผลต่อความเสถียรของสารกลุ่ม ซาโปนิน non-starch polysaccharides โปรตีนแอนติเจนนิก (antigenic proteins) เอสโทรเจน (estrogens) และสารประกอบฟีนอลิกบางชนิด (van der Peol, 1989; Rumsey และคณะ, 1993) สารเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะมีผลกระทบต่อการดูดซึมสารอาหารต่างๆ ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารไม่เพียงพอ โดยความรุนแรงของสารต้านโภชนะขึ้นอยู่กับระดับที่บริโภค ระยะเวลาที่ได้รับอย่างต่อเนื่อง และชนิดของสารที่ได้รับ ตัวอย่างสารต้านโภชนะในพืชเป็นแหล่งของสารอาหาร

2.4.1 ไฟเตท (Phytate)

ไฟเตทหรือ myoinositol hexaphosphate เป็นรูปแบบของสารที่เป็นแหล่งสะสมฟอสฟอรัสในเมล็ดของพืชตระกูลถั่ว (legumes) และธัญพืชทั้งหลาย (Reddy และคณะ, 1989) ซึ่งสารเหล่านี้จะสะสมอยู่ใน single - membranes storage organelles ของพืชที่เรียกว่า protein bodies และมักพบอยู่ในรูปที่จับอยู่กับแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก และสังกะสี ซึ่งไฟเตทที่อยู่ในรูปแบบดังกล่าวจะเรียกว่า ไฟติน (phytin) ตัวอย่างรายงานวิจัยที่พบฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในรูปของไฟติน เช่น ถั่ว *Phaseolus vulgaris* แห้งที่พบกรดไฟติก (phytic acid) จับอยู่กับแร่ธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียม และในเมล็ดถั่วเหลืองพบว่าจับอยู่กับแคลเซียมและโพแทสเซียม (Cheryan, 1980) โดยทั่วๆ ไปจะพบไฟเตทสะสมอยู่ในเมล็ดพืชประมาณร้อยละ 75 แต่ทั้งนี้ปริมาณดังกล่าวอาจมีความแปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ ด้วย (Raboy, 2001)

2.4.1.1 โครงสร้างของไฟเตท

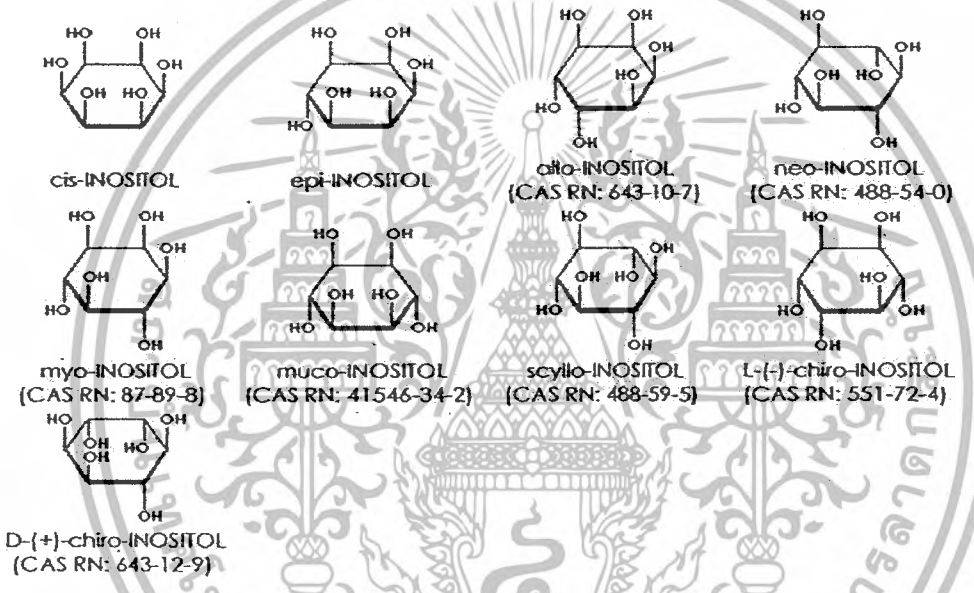
พืชตระกูลถั่วและธัญพืช จัดเป็นแหล่งที่มีการสะสมของฟอสฟอรัสในรูปของกรดไฟติก มักพบกรดไฟติกในรูปที่รวมตัวอยู่กับโปรตีนและแร่ธาตุต่าง ๆ โดยในรูปแบบของกรดไฟติก (phytic acid) ไฟเตท (phytate) และไฟติน (phytin) จะอ้างถึงลักษณะโครงสร้างของกรดในรูปอิสระเกลือ และเกลือที่จับอยู่กับแร่ธาตุ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ตามลำดับ ในปัจจุบันนิยมเรียกทั้งกรดไฟติก และไฟเตทรวมเป็นไฟเตทเพียงอย่างเดียว

ไฟเตทเป็นโมเลกุลของอินโนซิทอล (inositol) ที่เอสเทอร์ริไฟด์อยู่กับกรดฟอสฟอรัส 6 โมเลกุล และเนื่องด้วยลักษณะโมเลกุลที่มีประจุลบอยู่มาก ทำให้สามารถรวมตัวกับแร่ธาตุที่มีประจุบวกได้ดี (ส่วนมากเป็นธาตุที่มีประจุบวก 2) เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี คอปเปอร์และแมงกานีส เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกิดการรวมตัวทำให้สารประกอบในรูปแบบต่าง ๆ นอกจากนี้ไฟเตทยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถจับกับกรดอะมิโนที่มีประจุบวกบนโมเลกุลโปรตีน ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าหรือพีเอชต่ำๆ ได้ ตัวอย่างเช่น ไลซีนและอะจีนีน เป็นต้น

อินโนซิทอลหรือที่มีชื่อทางเคมีว่า เฮกซะไฮดรอกซีไซโคลเฮกเซน (hexahydroxycyclohexane) เป็นสารประกอบแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีสเตอริโอไอโซเมอร์อยู่ทั้งหมด 9 ตัว แสดงโครงสร้างในรูปที่ 2.7 ลักษณะโครงสร้างเหล่านี้ใกล้เคียงกับน้ำตาลกลูโคส ซึ่งเป็นสารที่พบเป็นองค์ประกอบของฟอสโฟกลีเซอไรด์ในหลายๆ เซลล์ โดย meso- หรือ myo- inositol จัดว่าเป็นไอโซเมอร์ที่สำคัญมากเนื่องจาก myoinositol เป็นสารตั้งต้นใน phosphatidylinositol cycle ซึ่งเป็นแหล่งของ secondary messenger 2 ตัว คือ diacylglycerol และ inositol triphosphate



รูปที่ 2.7 ไอโซเมอร์ของอินโนซิทอล

ที่มา: Arokor Holdings, Inc., 2005

2.4.2 สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds)

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีคุณสมบัติเป็นอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงอะโรมาติกที่มีหมู่แทนเป็นไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 กลุ่มหรือมากกว่า สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักจะอยู่รวมกับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของไกลโคไซด์ (glycosides) ซึ่งจะพบอยู่ในแวคิวโอล (vacuole) ของเซลล์

สารประกอบกลุ่มนี้พบในธรรมชาติ มีลักษณะสูตรโครงสร้างที่แตกต่างกัน เท่าที่ศึกษาแล้วขณะนี้พบแล้วกว่า 1,000 ชนิด กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นกลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์

หน้าที่ของสารเหล่านี้บางอย่างแน่ชัดแล้ว อาทิ ลิกนินทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงกับผนังเซลล์ การที่ศึกษารายละเอียดสารเหล่านี้ได้ลำบากเป็นเพราะ ฟีนอลสามารถเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธะไฮโดรเจนจับกับโปรตีน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนขึ้นในขณะทำการแยกสกัด และจากการที่สารประกอบฟีนอลสามารถจับกับโปรตีนได้นี้ ทำให้เกิดการขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ใช้ในการสกัด นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกยังสามารถถูกออกซิไดซ์ด้วยเอนไซม์ฟีนอเลส (phenolase) ที่พบในพืชทั่วไป ทำให้สลายตัวไปในขณะการแยกสกัดดังนั้นในการศึกษาสารประกอบฟีนอลิก จึงนิยมทำการสกัดโดยต้มให้เดือดกับแอลกอฮอล์เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์ การจัดจำแนกสารประกอบฟีนอลิกสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้ กลุ่มที่ 1 Simple phemolic compounds กลุ่มที่ 2 Phenylpropanoids กลุ่มที่ 3 Polyphenolic compound กลุ่มที่ 4 Stilbenes, xanthones, minor flavonoid กลุ่มที่ 5 Flavonoid และ flavonols กลุ่มที่ 6 Quinone pigment, anthraquinone, naphthaquinones กลุ่มที่ 7 Anthocyanins และกลุ่มที่ 8 Miscellaneous phenols

2.4.3 แทนนิน (Tannin)

แทนนิน (tannin) เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะเป็นกรดอ่อน รสฝาด เป็นสารให้ความฝาดในพืช พบได้ในพืชหลายชนิด แทนนินมี 2 ชนิด คือ คอนเดนส์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทรไซยานิน (proanthrocyanin) พบได้ในส่วนเปลือกต้น และแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ และสารไฮโดรไลซ์แทนนิน (hydrolysable tannins) คือแบบที่สามารถถูกแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ ได้ พบมากในส่วนใบ ฝัก และส่วนที่ปูดออกมาจากปกติ เมื่อต้นไม้ได้รับอันตราย (gall) แทนนินมีคุณสมบัติตกตะกอนโปรตีน ทำให้หนังสัตว์ไม่เน่าเปื่อย จึงมีการใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนังด้วย แทนนินมีฤทธิ์ฝาดสมาน จึงใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ แทนนินมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียได้ ตัวอย่างแทนนินได้แก่ theogallin, gallic acid, ellagic acid

แทนนินพบในวัตถุดิบจำพวกข้าวฟ่าง แทนนินจะไปยับยั้งการเกิดเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยอาหาร ได้แก่ ทริปซินและไลเปส และจะทำให้เกิดคลอเรสเตอรอลในกระแสเลือดสูงขึ้น ไนโตรเจนที่สะสมในร่างกายจะลดลงและพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ลดลง

แทนนินเป็นสารที่มีฟีนอลเป็นส่วนประกอบของโมเลกุล พบมากในวัตถุดิบอาหารสัตว์กลุ่มข้าวฟ่าง แทนนินทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยและใช้โปรตีน กรดอะมิโนและพลังงานลดลง แทนนินมีรสขมและไปจับกับโปรตีนที่อยู่ในร่างกายทำให้การผลิตเอนไซม์ออกมาในทางเดินอาหารผิดปกติ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีจากวัสดุเหลือทิ้ง โดยชูศักดิ์ (2532) ได้ประเมินค่าทางโภชนะของเปลือกเสาวรสสด โดยวิเคราะห์วัตถุดิบหาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นพบว่า เปลือกเสาวรสมีวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรีย์วัตถุ ไขมัน NDF ADF เป็นร้อยละ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13.66, 6.86, 90.78, 0.95, 44.02 และ 38.21 ตามลำดับ ต่อมาพิสุทธิ์ และคณะ (2534) พบว่า เปลือกเสาวรสมีวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน NDF ADF เป็นร้อยละ 16.15, 6.66, 1.18, 50.92 และ 33.90 ตามลำดับ นอกจากนี้จุฑามาศ (2542) พบว่า เปลือกเสาวรสมีวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรีย์วัตถุ ไขมัน NDF ADF เป็นร้อยละ 13.67, 6.80, 0.95, 43.81 และ 37.96 ตามลำดับ กรมปศุสัตว์ (2524) พบว่า เปลือกสับปะรดมีวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรีย์วัตถุ ไขมัน และ ใยอาหาร เป็นร้อยละ 18.40, 4.82, 69.56, 1.95 และ 11.35 ตามลำดับ

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาสารโภชนะจากวัสดุเหลือทิ้ง จากงานวิจัยที่มีการเผยแพร่ออกมา โดยวิทยา (2544) ศึกษาสมบัติบางประการของเพคตินจากเปลือกผลไม้ ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เปลือกส้มโอ เปลือกแตงโมและเปลือกสับปะรด ใช้วิธีการสกัดกรดไฮโดรคลอริก 0.05 โมล ต่อลูกบาศก์เดซิเมตร และตกตะกอนด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 60 ซึ่งมีเพคตินร้อยละ 0.8524, 0.4311 และ 0.3864 ตามลำดับ จากการศึกษาสมบัติบางประการของเพคตินคือ ความสามารถในการละลายที่ดีพบว่า สารมาตรฐานเพคติน เปลือกส้มโอ เปลือกแตงโม และเปลือกสับปะรด มีความสามารถในการละลาย ตามลำดับ การเกิดฟอง เพคตินจากเปลือกส้มโอ สารมาตรฐานเพคติน เปลือกแตงโม และเปลือกสับปะรด สามารถเกิดฟองได้ ตามลำดับ ความหนืดพบว่า เพคตินจากเปลือกส้มโอ สารมาตรฐานเพคติน เปลือกแตงโม และเปลือกสับปะรด มีความหนืด ตามลำดับ ส่วนการเกิดเจลที่ดีพบว่า ลักษณะเจลที่ดีคือ เพคตินจากเปลือกส้มโอ สารมาตรฐานเพคติน เปลือกแตงโม และเปลือกสับปะรด ตามลำดับ และได้มีการวิเคราะห์เส้นใยอาหารทั้งหมดในเปลือกและกากเสาวรส โดยณัชชา (2550) พบว่ามีค่าใกล้กันคือ อยู่ในช่วงร้อยละ 87-90 แต่สัดส่วนของปริมาณเส้นใยไม่ละลายน้ำต่อเส้นใยละลายน้ำมีค่าแตกต่างกันคือ ในเปลือกพบเส้นใยไม่ละลายน้ำร้อยละ 56.50 และเส้นใยละลายน้ำร้อยละ 32.58 ส่วนในกากพบเส้นใยไม่ละลายน้ำร้อยละ 83.69 และเส้นใยละลายน้ำร้อยละ 4.71 ส่วนการวิเคราะห์วิตามิน พบวิตามินเอในกากเสาวรสสดถึงร้อยละ 1.79 ขณะที่พบวิตามินในเปลือกเสาวรสปริมาณน้อย พบวิตามินร้อยละ 12.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนวิตามินอีพบในปริมาณน้อยมากเพียงระดับนาโนกรัมทั้งในเปลือกและกากเสาวรส และในการวิเคราะห์สารต้านโภชนะ ได้แก่ สารยับยั้งทริปซิน ไฟเตท สารประกอบฟีนอลิก และแทนนิน ในเศษวัสดุเสาวรส พบปริมาณสารยับยั้งทริปซินอยู่ในช่วง 3.84-12.20 ยูนิต ($x10^5$) ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนในกากเสาวรสพบปริมาณไฟเตทร้อยละ 0.14 แทนนินร้อยละ 0.59 ฟีนอลิกร้อยละ 0.80 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าปริมาณที่พบในเปลือกเล็กน้อย ถึงแม้จะพบสารต้านโภชนะในเปลือกและกาก จากเศษวัสดุเสาวรสสด แต่ปริมาณที่พบค่อนข้างต่ำ ซึ่งสามารถกำจัดสารเหล่านี้หรือลดปริมาณลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภคได้ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มในการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการทำน้ำเสาวรสไปเป็นอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากมีปริมาณเส้นใยอาหารตลอดจนวิตามินอยู่มาก และ Emaga และคณะ (2007) ได้ทำการศึกษาเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน เพคติน โดยการสกัดด้วยกรด น้ำปราศจากไอออน และแอมโมเนียมออกซาเลต จากเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้วย และเปลือกกล้วยหักมุก (plantain) โดยเปลือกกล้วยหักมุกมีปริมาณลิกนินมากกว่าแต่ปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำกว่าเปลือกกล้วย และพบว่า การสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยด้วยกรดจะมีประสิทธิภาพสูงสุด การสกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาเลตจะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุดในเปลือกกล้วยหักมุก โดยมีน้ำหนักโมเลกุลของเพคตินในช่วง 132.6-573.8 กิโลดาลตัน และ Garau (2007) ได้ศึกษาเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มและกากส้ม ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำผลไม้ พบว่า การกำจัดน้ำออกจะมีผลต่อปริมาณเส้นใยอาหาร และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่ออบแห้งในช่วงอุณหภูมิ 30-90 องศาเซลเซียส โดยปริมาณเส้นใยอาหารจะเพิ่มเมื่ออบที่อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน ในการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระหลังจากกำจัดน้ำออก พบว่าเปลือกส้มจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลสระได้มากกว่ากากส้ม

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาสารต้านโภชนะในวัสดุเหลือทิ้งออกมาตีพิมพ์เป็นจำนวนมาก โดย พัชรา (2543) ได้วิเคราะห์ปริมาณสารแทนนินในเปลือกมังคุดและเปลือกต้นแค โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย แล้วนำสารที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ด้านคุณภาพโดยนำไปทดสอบกับสารละลายเจลาตินและสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ และตรวจสอบโดยวิธีทินเลเยอร์โครมาโทรกราฟีผลการวิเคราะห์พบว่าสารละลายที่สกัดได้มีสารแทนนินชนิดไฮโดรไลส์เอเบิลแทนนิน (Hydrolysable Tannin) ที่เป็นกรดแกลลิก ได้ค่า R_f ของเปลือกมังคุดและเปลือกต้นแค มีค่าเท่ากับ 0.78 และได้ปริมาณของสารแทนนินโดยใช้ UV-VIS Spectrophotometer พบว่าเปลือกมังคุดมีปริมาณสารแทนนิน เป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าเปลือกต้นแคโดยพบว่าปริมาณกรดแกลลิกเท่ากับ ร้อยละ 0.27 และร้อยละ 0.15 ตามลำดับ และจากการหาค่าร้อยละมาตรฐานสัมพัทธ์ของวิธีวิเคราะห์ได้เท่ากับ 90.824 ค่าร้อยละของความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 6.937 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้เท่ากับ 0.319 นอกจากนั้นศิวาพร และคณะ (2546) ทำการทดลองโดยสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่งด้วยน้ำ เมทานอล เอทานอลร้อยละ 95 และอะซีโตน สารสกัดที่ได้นำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่า สารสกัดแห้งด้วยเมทานอลและเอทานอลร้อยละ 95 มีค่าร้อยละฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด จากผลการวิเคราะห์สารสกัดแห้งด้วย HPLC พบว่าสารประกอบฟีนอลิกที่พบมากคือ กรดแกลลิก รองมาคือ กรดแคฟเฟอิก กรดคลอโรจินิก กรดโพรโตแคทีคูอิก และวานิลลิน ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 สารเคมี

สารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
Acetone	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
Ammonium thyocyanate	Sigma, Steinheim, Germany
α- Amylase	Sigma, Steinheim, Germany
Amyloglucosidase	Sigma, Steinheim, Germany
Ascorbic acid	Sigma, Steinheim, Germany
Benzene	Carlo Erba, Rodano, MI, USA
Biquinoline	Sigma, Steinheim, Germany
Boric acid	Fluka, Switzerland
Bromocresol green	Fluka, Switzerland
Beta-Carotene	Carlo Erba, Rodano, MI, USA
Celite	BDH, Poole, England
Citric acid	Fluka, Switzerland
Copper nitrate	Fluka, Switzerland
Cyclohexane	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
2, 2- diphenyl- 1- picrylhydrazyl	Sigma, Steinheim, Germany
Ethanol absolute	BDH, Poole, England
Ferric chloride	Fisher Chemicals, Leics, UK
Folin reagent	Fluka, Switzerland
Hexane	Fisher Chemicals, Leics, UK
Hydrochloric acid	Carlo Erba, Rodano, MI, USA
Iodine	Fluka, Switzerland
Kjeltab	Carlo Erba, Rodano, MI, USA
Methanol	M&B, Dagenham, England
Methyl red	Fluka, Switzerland

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
Petroleum ether	Fluka, Switzerland
Phosphoric acid	Carlo Erba, Rodano, MI, USA
Meta-Phosphoric acid	Panreac, Barcelon
Potassium dihydrogenphosphate	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
di-Potassium hydrogenphosphate	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
Potassium hydroxide	Fluka, Switzerland
Potassium iodide	Fluka, Switzerland
Protease	Sigma, Steinheim, Germany
Pyrocatechol	BDH, Poole, England
Sodium dihydrogenphosphate	BDH, Poole, England
Sodium hydrogenphosphate	BDH, Poole, England
Sodium carbonate	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
Sodium chloride	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
Sodium hydroxide	Lab-Scan, BKK, Thailand
Sodium phytate	Sigma, Steinheim, Germany
Sodium sulfate	BDH, Poole, England
Starch	Lab-Scan, BKK, Thailand
Sulfuric acid	Fluka, Switzerland
Tannic acid	Fluka, Switzerland
α-Tocopherol	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
Toluene	Merck, Darmstadt, F.R. Germany
Urea	Plusone, Uppsala, Sweden

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.2.1 ประเภทเครื่องแก้ว

บีกเกอร์ ปีเปต ขวดรูปชมพู่ และขวดวัดปริมาตร (Pyrex และ Duran)

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ

กระดาษกรอง (Whatman)

เครื่องย่อยโปรตีน (Kjeldatherm, Gerhardt)

เครื่องกลั่นโปรตีน (Kjeltec Vapodest 30, Gerhardt)

เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet B-810, BUCHI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวิเคราะห์เส้นใยอาหารแบบหยาบ (เครื่อง FIWE)

เครื่องชั่ง (Adventurer และ Ohaus, NJ)

เครื่องปั่นบด (SK 100 comfort, RETSCH)

ตู้แช่เย็น (RIS-080AX, SIC SONGSERM Intercool)

ตู้อบลมร้อน (FD53, TUTLINGEN)

ตู้เผา (Gallenkamp PLC, Sanyo)

UV/VIS Spectrometer (Helios Gramma, THERMO และ UV-1601, SHIMADZU)

3.3 วัตถุดิบ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เปลือกสับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวีย จากโรงงานบริษัท สยามอุตสาหกรรมการเกษตรสับปะรด จำกัด จังหวัดระยอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบแบบสด

นำเปลือกสับปะรดที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดจนละเอียด จะได้ส่วนของเปลือกสับปะรดสดไปใช้ในการทดลองต่อไป โดยเก็บวัตถุดิบไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.3.2 การเตรียมวัตถุดิบแบบแห้ง

นำเปลือกสับปะรดที่ได้มาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดจนเป็นละเอียด จะได้ส่วนของเปลือกสับปะรดแห้งไปใช้ในการทดลองต่อไป โดยเก็บวัตถุดิบไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเปลือกสับปะรด

3.4.1 การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture) (AOAC, 1990)

นำ moisture can ที่ใช้ในการวิเคราะห์มาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำออกมาใส่โถดูดความชื้น รอจนเย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน moisture can ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำการอบที่สภาวะเดิมอีก 2-3 ครั้ง จนได้น้ำหนักที่คงที่ นำน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(A - B) \times 100}{C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A คือ น้ำหนักของ moisture can เปล่า

B คือ น้ำหนักของ moisture can กับน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

C คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

3.4.2 การวิเคราะห์เถ้า (Ash) (AOAC, 1990)

นำถ้วยกระเบื้อง (crucible) ที่ใช้ในการวิเคราะห์มาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นปิดสวิตซ์เตาเผา รอจนอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 120-100 องศาเซลเซียส จึงนำถ้วยกระเบื้องออกมาใส่ในโถดูดความชื้น รอจนเย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปเผาบนเตาให้ความร้อนจนไม่มีควัน โดยทำในตู้ดูดควัน ก่อนจะนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นปิดสวิทซ์เตาเผา รอจนอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 120-100 องศาเซลเซียส จึงนำถ้วยกระเบื้องออกมาใส่ในโถดูดความชื้น รอจนเย็นแล้วชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละเถ้า} = \frac{(a - b) \times 100}{c}$$

เมื่อ a คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเปล่า

b คือ น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

c คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา

3.4.3 การวิเคราะห์ไขมัน (Crude fat) (AOAC, 1990)

วิเคราะห์ไขมันโดยวิธีซอกห์เลตโดยชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน thimble จากนั้นนำใส่ลงใน Soxhlet tube ประกอบเข้ากับคอนเดนเซอร์และรองรับไขมันที่สกัดออกมาได้โดยใช้บีกเกอร์สกัดไขมันที่สะอาดและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงไปให้มากเกินพอ ทำการสกัดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำบีกเกอร์สกัดไขมันที่มีไขมันอยู่ไประเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก โดยอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที นำมาใส่ในโถดูดความชื้นจนเย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนัก นำน้ำหนักที่ได้มาคำนวณโดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละไขมัน} = \frac{(B - A) \times 100}{W}$$

เมื่อ A คือ น้ำหนักของบีกเกอร์สกัดไขมันก่อนการสกัด

B คือ น้ำหนักของบีกเกอร์สกัดไขมันหลังการสกัด

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล (Crude protein) (AOAC, 1990)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยสำหรับการวิเคราะห์โปรตีน เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการย่อยตัวอย่าง เติมสารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรตและโพแทสเซียมซัลเฟต เพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยา จากนั้นนำไปใส่เครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปกลั่นโดยใช้เครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 90 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำการตวงสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 15 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดรูปชมพู่เป็นตัวดักจับก๊าซแอมโมเนีย จากนั้นนำกรดบอริกที่มีก๊าซแอมโมเนียมาไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยใช้อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรดและบรอมครีซอลกรีน ทำการไทเทรตจนได้จุดยุติสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตแล้วนำไปคำนวณหาร้อยละโปรตีนในตัวอย่างตามสูตร

ในการวิเคราะห์จะต้องทำแบลงค์ โดยการทำแบลงค์จะไม่มีการเติมตัวอย่างลงไปในหลอดย่อย จากนั้นทำตามขั้นตอนเดียวกับที่วิเคราะห์ตัวอย่าง แล้วนำปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณตามสูตร

$$\text{ร้อยละโปรตีน} = \frac{6.25 \times 1.4 \times A \times (B - C)}{D}$$

เมื่อ A คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต

B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

C คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับแบลงค์

D คือ น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.4.5 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารแบบหยาบ (Crude fiber) (AOAC,1990)

ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในถ้วยแก้วสำหรับวิเคราะห์เส้นใยอาหาร จากนั้นเติมกรดซัลฟูริกร้อยละ 1.25 ที่ต้มให้ร้อนก่อนจนถึงระดับ 150 มิลลิลิตร เติม 3-5 หยดของ N-octanol ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที เปิดลิ้นไปที่ vacuum เพื่อระบายกรดซัลฟูริกออก ล้าง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นร้อนครั้งละ 30 มิลลิลิตร (ในการล้างแต่ละครั้งให้เปิดลิ้นไปที่ pressure เพื่อดันให้อากาศผ่านฐานของถ้วยแก้วทำให้ส่วนผสมในถ้วยแก้วคลุกเคล้ากันโดยตลอด) หลังจากปล่อยน้ำล้างครั้งสุดท้ายออกจนหมดแล้ว เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.25 ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้วลงไปปริมาตร 150 มิลลิลิตร พร้อมกับหยด 3-5 หยดของ N- octanol ต้มให้เดือดนาน 30 นาที ทำซ้ำโดยเปิดลิ้นไปที่ vacuum เพื่อระบายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ออก ล้าง 3 ครั้งด้วยน้ำกลั่นร้อนครั้งละ 30 มิลลิลิตร ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง แล้วล้างอีก 3 ครั้งด้วยอะซีโตนครั้งละ 25 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดให้ความร้อนเข้าทุกครั้งที่ทำการล้าง ทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักแห้งที่คงที่ ค่านี้เป็นน้ำหนักของเส้นใยอาหารหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า ทำการหาปริมาณของเถ้าแล้วนำน้ำหนักของเถ้ามาหักลบกับน้ำหนักเส้นใยอาหารหยาบที่รวมกับเถ้า จะได้น้ำหนักของเส้นใยอาหารหยาบที่ปราศจากเถ้า นำค่าที่ได้มาคำนวณหาร้อยละเส้นใยอาหารหยาบจากสูตร

$$\text{ร้อยละใยอาหารหยาบ} = \frac{\text{น้ำหนักของเส้นใยหยาบ x 100}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

3.4.6 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (AOAC,1990)

การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจะใช้วิธีการคำนวณจากสมการ ดังนี้

ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = [100 – ร้อยละของ (ความชื้น + เถ้า + ไขมัน + โปรตีน)] + เส้นใยหยาบ

3.5 การวิเคราะห์สารโภชนะในเปลือกสับปะรด

3.5.1 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fibers) (AOAC, 1990)

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.08 โมลาร์ พีเอช 6.0

ชั่งโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตแอนไฮดรัส 1.40 กรัม และโซเดียมไดไฮโดรเจน-ฟอสเฟตโมโนไฮเดรต 9.68 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรจนครบ 1 ลิตร และปรับพีเอชเป็น 6

2 การเตรียมวัตถุดิบ

ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ทำการกำจัดน้ำตาลโดยนำมาสกัดด้วยเมทานอลร้อยละ 85 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร 3 ครั้ง กรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บตะกอนที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง จากนั้นนำตะกอนที่ได้มากำจัดไขมัน (defat) โดยสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ครั้งละ 25 มิลลิลิตร 3 ครั้ง กรองตะกอนด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 แล้วนำกระดาษกรองที่มีตะกอนอยู่ไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก

3 การเตรียม fritted crucible

ล้างทำความสะอาด fritted crucible และนำไปอบแห้ง นำมากลั้วด้วยน้ำกลั่น บรรจุซีไลท์ (celite) ลงไป 0.5 กรัม นำไปอบแห้งที่ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนัก ทำให้ชื้นด้วยน้ำกลั่น นำ fritted crucible ไปต่อกับชุดกรองภายใต้สุญญากาศ เพื่อทำการยึดซีไลท์ให้แน่น จะได้ชุดกรองที่พร้อมใช้งาน

4 การเตรียมสารสกัดเส้นใยละลายน้ำ และเส้นใยไม่ละลายน้ำ

ชั่งตัวอย่างที่เตรียมจากข้างต้นประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 50 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเป็น 6 จากนั้นเติมสารละลาย α- amylase 0.1 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปต้มในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ 100 องศาเซลเซียส เขย่าเบาๆ ทุก 5 นาที จนครบ 15 นาที แช่ทิ้งไว้อีก 15 นาที รวมเป็น 30 นาที แล้วนำบีกเกอร์ออก ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น ปรับพีเอชสารละลายที่ได้เป็น 7.5 จากนั้นเติมเอนไซม์โปรติเอส (protease) ลงไป 5 มิลลิกรัม (หรือเตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายก่อน โดยการละลายโปรติเอส 50 มิลลิกรัม ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 1 มิลลิลิตร แล้วปิเปตออกมา 0.1 มิลลิลิตร 1 ใส่ลงในบีกเกอร์) ปิดฝาด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเขย่าต่อเนื่องจนครบ 30 นาที นำบีกเกอร์ออกมา ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น จากนั้นนำสารละลายมาปรับพีเอชเป็น 4 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ และเติมเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase) 0.3 มิลลิลิตร ปิดฝาด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ นำไปแช่อ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ 60 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเขย่าต่อเนื่อง เป็นเวลา 30 นาที จึงนำบีกเกอร์ออก แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น

3.5.1.1 การหาปริมาณเส้นใยไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fibers) (AOAC, 1990)

นำสารสกัดที่เตรียมจากข้อ 4 มากรองด้วยชุดอุปกรณ์ที่เตรียมในข้อ 3 เทสารสกัดลงในถ้วยกระเบื้อง (crucible) จากนั้นล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ตามด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และอะซีโตน 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง จากขั้นตอนนี้จะได้ตะกอนของเส้นใยไม่ละลายน้ำ ซึ่งติดอยู่กับซีไลท์ในถ้วยกระเบื้อง และสารละลายที่ได้จากการกรองคือ ส่วนของเส้นใยละลายน้ำ ซึ่งจะนำไปดำเนินการในขั้นต่อไป นำถ้วยกระเบื้องดังกล่าวไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

ร้อยละ IDF = $[(\text{weight residue}_{IDF} - P_{IDF} - A_{IDF}) / \text{weight sample}] \times 100$

เมื่อ IDF คือ เส้นใยไม่ละลายน้ำ

$\text{weight residue}_{IDF}$ คือ น้ำหนักตะกอนเส้นใยไม่ละลายน้ำ

weight sample คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P_{IDF} คือ ปริมาณโปรตีนในตะกอนเส้นใยไม่ละลายน้ำ

A_{IDF} คือ ปริมาณเถ้าในตะกอนเส้นใยไม่ละลายน้ำ

3.5.1.2 การหาปริมาณเส้นใยละลายน้ำ (Soluble dietary fibers) (AOAC,1990)

นำสารละลายที่ได้จากการกรองในข้างต้น มาเติมน้ำจนได้น้ำหนักรวมเท่ากับ 100 กรัม จากนั้นเติมเอทานอลร้อยละ 95 (ที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส) 400 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 นาที เพื่อตกตะกอน นำ fritted crucible ที่เตรียมได้จากข้อ 3 แต่เปลี่ยนสารละลายที่ทำให้ซีไลท์ชื้น จากน้ำกลั่นเป็นเอทานอลร้อยละ 78 จัดตั้งชุดอุปกรณ์สำหรับการกรองเช่นเดียวกัน เทสารสกัดลงในถ้วยกระเบื้องดังกล่าว จากนั้นล้างตะกอนด้วยเอทานอลร้อยละ 78 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง ตามด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง และอะซีโตน 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง นำถ้วยกระเบื้องที่มีตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นจึงนำออกมาชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\% \text{ SDF} = [(\text{weight residue}_{SDF} - P_{SDF} - A_{SDF}) / \text{weight sample}] \times 100$$

เมื่อ SDF คือ เส้นใยละลายน้ำ

$\text{weight residue}_{SDF}$ คือ น้ำหนักตะกอนเส้นใยละลายน้ำ

weight sample คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

P_{SDF} คือ ปริมาณโปรตีนในตะกอนเส้นใยละลายน้ำ

A_{SDF} คือ ปริมาณเถ้าในตะกอนเส้นใยละลายน้ำ

ดังนั้นปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด คือ ผลรวมของปริมาณเส้นใยไม่ละลายน้ำและเส้นใยละลายน้ำ ดังสมการ

$$\% \text{ TDF} = \%\text{IDF} + \% \text{ SDF}$$

3.5.2 การวิเคราะห์เพคติน (นิรนาม, 2551)

3.5.2.1 การสกัดสิ่งเจือปนออกด้วยเอทานอล

ชั่งตัวอย่างแห้งที่บดแล้วมา 1 กรัม เติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปต้มในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น กากที่กรองได้จะถูกนำมาแช่ในเอทานอลร้อยละ 30 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที แล้วกรองออก เก็บตะกอนที่ได้มาสกัดซ้ำอีกครั้งด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 30 อีกครั้ง แล้วเก็บตะกอนที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.2 การสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริก

นำตะกอนที่ผ่านการสกัดสิ่งเจือปน มาเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 20 มิลลิโมลาร์ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองขณะที่ยังร้อนอยู่ และเก็บสารละลายที่กรองได้ด้วยผ้าขาวบาง 4 ชั้น โดยกากที่กรองได้จะนำมาสกัดซ้ำอีกครั้ง แล้วนำสารละลายที่กรองได้ทั้งหมดมารวมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปตกตะกอนด้วยเอทานอล

3.5.2.3 การแยกเพคตินโดยการตกตะกอนด้วยเอทานอล

นำสารละลายที่ได้จากการสกัดเพคตินมาเติมเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 ที่เย็นจัดในอัตราส่วนเอทานอลต่อสารละลายที่สกัดได้เท่ากับ 8 ต่อ 9 โดยปริมาตร ในสภาวะที่เย็นพร้อมกับกวนสาระละลายช้าๆ เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปแช่ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อให้เพคตินรวมตัวกัน และตกตะกอนลงมาได้ดีขึ้น จากนั้นกรองภายใต้สภาวะสุญญากาศโดยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 และล้างตะกอนที่เหลือด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ทำ 2 ครั้ง แล้วตามด้วยเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จากนั้นนำตะกอนไปอบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และบันทึกน้ำหนักตะกอนเพคตินที่ได้

3.5.3. การวิเคราะห์เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส (Rosli และคณะ, 2004)

นำตะกอนที่ได้จากการแยกเพคติน โดยการตกตะกอนด้วยเอทานอล มาเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน magnetic stirrer กวนส่วนผสมดังกล่าวนาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำสารสกัดมาปรับพีเอชให้เป็นกลาง (ช่วงค่าพีเอชประมาณ 6-7) นำสารสกัดที่ได้ไปกรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ภายใต้สุญญากาศ ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย ตะกอนที่ได้คือ เซลลูโลส เก็บกระดาษกรองที่มีตะกอนเซลลูโลสไปอบที่ 45 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในดูดความชื้นจนเย็น นำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จะได้น้ำหนักตะกอนของเซลลูโลส และส่วนสารละลายที่ได้ นำไปไดอะไลซีสกับน้ำกลั่น นาน 24 ชั่วโมง เก็บสารสกัดในถุงไดอะไลซีสไปทำการระเหิดแห้งแบบสุญญากาศจะได้ตะกอนของเฮมิเซลลูโลส และชั่งหาน้ำหนักตะกอนของเฮมิเซลลูโลส

3.5.4 การวิเคราะห์ลิกนิน (ดัดแปลงมาจาก Xu และคณะ, 2005)

ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่ใน thimble นำไปสกัดในชุดซอกห์เลตด้วยสารผสมเบนซีนต่อเอทานอล ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 โดยปริมาตร เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง จากนั้นปิดเครื่อง ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำ thimble ที่มีตัวอย่างที่ต้องการออกมาผึ่งจนแห้ง แล้วนำไปสกัดต่อในชุดซอกห์เลตด้วยน้ำกลั่นอีก 2 ชั่วโมง ถ่ายตัวอย่างใส่ลงในบีกเกอร์ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 12-15 องศาเซลเซียส ปริมาตร 10 มิลลิลิตร คนให้ตัวอย่างกระจายทั่ว และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง คนเป็นระยะๆ จากนั้นถ่ายสารสกัดทั้งหมดใส่ในขวดก้นกลมที่มีน้ำกลั่นอยู่ 500 มิลลิลิตร นำไปรีฟลักซ์ 4 ชั่วโมง ปิดเครื่องทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำมากรองภายใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุญญากาศ ล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนหมดกรด แล้วนำกระดาษกรองที่มีตะกอนไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละลิกนิน} = \frac{\text{น้ำหนักของลิกนิน} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

3.5.5 การวิเคราะห์วิตามิน

3.5.5.1 การวิเคราะห์วิตามินซี (ดัดแปลงมาจาก Suntornsuk และคณะ, 2002)

1 การเตรียมสารเคมี

สาระละลายกรดเมตาฟอสฟอริก-อะซีติก (meta- phosphoric acid- acetic acid)

ชั่งกรดเมตาฟอสฟอริก 15 กรัม ปิเปตกรดอะซีติก 40 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 500 มิลลิลิตร กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1

สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ชั่งไอโอดีน 1.27 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

ปิเปตสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

น้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1.2

ชั่งแป้ง 1.2 กรัม เทลงในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ที่ร้อน คนให้เข้ากันแล้วยกลง

2 การเตรียมสารสกัดวิตามินซี

ชั่งตัวอย่างประมาณ 5-20 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก-อะซีติก ปริมาตร 150 มิลลิลิตร นำไปใส่ในเครื่องเขย่านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำมากรองด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำสารละลายที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ 9,500 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที เก็บสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3 การทำกราฟมาตรฐานสำหรับการไทเทรต

ในการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี จะใช้สารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล เป็นไทเทรต ซึ่งจะถูกนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร และสาระละลายกรดเมตาฟอสฟอริก-อะซีติก 24 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1.2 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เพื่อใช้เป็นอินดิเคเตอร์ นำขวดสารที่เตรียมไปไทเทรตด้วยไอโอดีนความเข้มข้น 0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอร์มัล ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน บันทึกปริมาตรสารละลายไอโอดีนที่ใช้ไป (ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง) ส่วนการทำชุดควบคุมจะปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก-อะซีติกลงไปแทนสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก

4 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี

ปิเปตสารสกัดที่เตรียมไว้ข้างต้นมา 60 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1.2 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน บันทึกปริมาตรสารละลายไอโอดีนที่ใช้ไป (ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง) ส่วนการทำชุดควบคุมจะปิเปตสารละลายกรดเมตาฟอสฟอริก-อะซีติกลงไปแทนสารสกัดจากตัวอย่าง

3.5.5.2 การวิเคราะห์วิตามินอี (Contreras- Guzman and Strong III, 1982)

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลายมาตรฐานโทโคฟีรอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1

ชั่งอัลฟา-โทโคฟีรอล 0.1000 กรัม ละลายในเอทานอล และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 1.25

ชั่งโซเดียมซัลเฟต 1.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 5

ชั่งกรดแอสคอร์บิก 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50

ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในเอทานอล

ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยเอทานอล

สารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80

ปิเปตเอทานอลเข้มข้นปริมาตร 80 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

สารละลายไบควิโนลีน-โทลูอีน (biquinoline-toluene)

ชั่ง 2, 2- ไบควิโนลีน 0.50 กรัม ละลายในโทลูอีนและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายคอปเปอร์ไนเตรตความเข้มข้นร้อยละ 0.5

ชั่งคอปเปอร์ไนเตรต 0.50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายยูเรียความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ในเอทานอล

ชั่งยูเรีย 2.50 กรัม ละลายในเอทานอลเข้มข้น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลาย complexing reagent

ปีเปตสารละลายไบควิโนลีน-โทลูอีน 4 มิลลิลิตร และสารละลายคอปเปอร์ไนเตรตความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายยูเรียความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ในเอทานอล

2 การเตรียมสารสกัด

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ ปีเปตเอทานอลบริสุทธิ์ (absolute ethanol) ลงไป 20 มิลลิลิตร ปิดปากขวดด้วยอะลูมิเนียมฟอยด์ พันทับอีกครั้งด้วยพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการระเหย นำไปแช่ในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที โดยเขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบเวลาจึงเติมเฮปเทน 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น สำหรับชุดควบคุมให้ใช้สารละลายมาตรฐานโทโคฟีรอลความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 0.50 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง

3 การกำจัดสารรบกวนโดยวิธี Slight Saponification

ปีเปตสารละลายชั้นบนที่สกัดได้จากข้อ 3.5.5.2(2) ปริมาตร 7 มิลลิลิตร (สำหรับชุดควบคุมให้ใช้เฮปเทนแทนสารที่สกัดได้จากตัวอย่าง) เติมสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์-เอทานอล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่านาน 2.5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น จากนั้นนำสารละลายชั้นบนปริมาตร 5 มิลลิลิตร มาเติมสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที เพื่อแยกไขมันที่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรดแอสคอร์บิกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

4 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอี

นำสารละลายชั้นบนที่ได้จากข้อ 3.5.5.2(3) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร มาเติมสารละลาย complexing reagent 5 มิลลิลิตร เขย่าอย่างแรงนาน 2.5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นจากนั้นดูดสารละลายชั้นบนทิ้งไป ปีเปตสารละลายชั้นล่างมา 3 มิลลิลิตร เติมเอทานอลบริสุทธิ์ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

จากค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายวิตามินอีในสารสกัดที่อ่านได้ นำมาคำนวณเป็นปริมาตรวิตามินอีได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณวิตามินอี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)} = \frac{A_{sample}\ C_{std}\ f}{1000\ A_{std}\ W_{sample}}$$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตรของตัวอย่าง

A_{std} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตรของสารมาตรฐาน

C_{std} คือ จำนวนไมโครกรัมของสารมาตรฐานต่อ 1 มิลลิลิตร

W_{sample} คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

f คือ dilution factor

3.5.5.3 การวิเคราะห์เบต้า-แคโรทีน (Agte และคณะ, 2005)

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 20 ในเอทานอล

ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.2 มิลลิกรัม ละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

สารละลายมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งเบต้า-แคโรทีน 0.1 มิลลิกรัม ละลายในไซโคลเฮกเซนและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร

2 การเตรียมสารสกัดเบต้า-แคโรทีน

ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-2.0 กรัม เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 20 ในเมทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นบน magnetic stirrer นาน 30 นาที จากนั้นนำไปแช่ในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที นำมาสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ 2-3 ครั้ง เก็บรวบรวมชั้นของปิโตรเลียมอีเทอร์ที่ได้มากำจัดน้ำออกโดยการเติมโซเดียมซัลเฟต วัดปริมาณสารสกัดที่ได้ (ทุกขั้นตอนควรทำให้พ้นแสง และเก็บสารสกัดไว้ในขวดสีชาหรือขวดทึบแสง)

3 การเตรียมกราฟมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน

นำสารละลายเบต้า-แคโรทีน 0.01 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาเจือจางด้วยไซโคลเฮกเซน ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร เทียบกับไซโคลเฮกเซน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 การวิเคราะห์ปริมาณเบต้า-แคโรทีน

ปิเปตสารสกัดลงในขวดสีชา 3 มิลลิลิตร นำไประเหยตัวทำละลายโดยเป่าด้วยก๊าซไนโตรเจนจนแห้ง จากนั้นเติมไซโคลเฮกเซน 1 มิลลิลิตร ลงไปละลายกลับ นำไปวัดค่าการดูดแสงที่ความยาวคลื่นที่ 460 นาโนเมตร เทียบกับไซโคลเฮกเซน

3.5.6 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.02 มิลลิโมลาร์

ชั่งสาร DPPH 0.79 มิลลิกรัม ละลายในเมทานอลและปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

2 การเตรียมสารสกัดเปลือกสับปะรด (ดัดแปลงมาจาก Valeria และคณะ, 2002)

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 100 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายส่วนใสที่ได้นำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

3 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ดัดแปลงมาจาก Yen และ Hsieh, 1997)

ปิเปตสารละลายเปลือกสับปะรดสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย 2, 2-diphenyl- 1- picrylhydrazyl (DPPH) ความเข้มข้น 0.02 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน (การทำแบลงค์จะปิเปตสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 100 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายเปลือกสับปะรดสกัด) จากนั้นตั้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการ

$$\text{ร้อยละ DPPH-scavenging} = \frac{(1 - A_{sample})}{A_{blank}} \times 100$$

เมื่อ A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของตัวอย่างกับสารละลาย DPPH

A_{blank} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของเมทานอลร้อยละ 100 กับสาระละลาย DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การวิเคราะห์สารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรด

3.6.1 การวิเคราะห์ไฟเตท (ดัดแปลงมาจาก Young, 1935)

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล

ปิเปตกรดไนตริก 8.66 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโซเดียมไฟเตทความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งโซเดียมไฟเตท 10 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์

ชั่งเฟอร์ริกคลอไรด์ 0.1 กรัม ละลายในสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.5 นอร์มัล แล้วปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายแอมโมเนียมไทโอไซยาเนตความเข้มข้นร้อยละ 1

ชั่งแอมโมเนียมไทโอไซยาเนต 1.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

2 การเตรียมสารสกัดไฟเตท

ชั่งตัวอย่าง 2-5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ เติมสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องเขย่านาน 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เก็บสารละลายส่วนใสมาปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

3 การเตรียมกราฟมาตรฐานไฟเตท

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฟเตท 0.1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร และสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ส่วนหลอดควบคุมจะมีเพียงน้ำกลั่น 5มิลลิลิตร และสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ปริมาตร 7.0 มิลลิลิตร จากนั้นนำหลอดทดลองทั้งหมดไปต้มนาน 15 นาที จะสังเกตเห็นตะกอนของเฟอร์ริกไฟเตท นำมากรองหรือปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอน ปิเปตสารละลายใสมา 5 มิลลิลิตร เติมแอมโมเนียมไทโอไซยาเนตความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เทียบกับหลอดควบคุม (ทำการทดลองซ้ำรวม 3 ครั้ง)

4 การวิเคราะห์ปริมาณไฟเตท

ปิเปตสารสกัดในปริมาณที่เหมาะสมใส่ในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรเป็น 5.0 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เติมสารละลายกรดไนตริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 2.50 มิลลิลิตร แล้วนำไปต้มนาน 15 นาที นำมากรองหรือปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกตะกอน ปิเปตสารละลายใสมา 5 มิลลิลิตร เติมแอมโมเนียมไทโอไซยาเนตความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร เทียบกับหลอดควบคุมที่ใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน (ทำการทดลองซ้ำรวม 3 ครั้ง)

3.6.2 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Chanwitheesuk และคณะ, 2005)

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลาย pyrocatechol ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่ง pyrocatechol 1 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 35 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และให้ความร้อนจนกระทั่งละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1

2 การเตรียมสารสกัดฟีนอลิก

ชั่งตัวอย่าง 2.0 กรัม เติมสารละลายผสมของอะซีโตน เมทานอล และน้ำ (อัตราส่วน 7 ต่อ 7 ต่อ 6) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปใส่ในเครื่องเขย่านาน 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง นำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายใสที่ได้ไปวิเคราะห์ขั้นต่อไป

3 การเตรียมกราฟมาตรฐาน pyrocatechol

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน pyrocatechol ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.20-1.00 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรให้ได้ 11 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเติม Folin reagent 2.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ส่วนหลอดควบคุมจะไม่เติมสารมาตรฐาน pyrocatechol ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัวปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง ก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร เทียบกับหลอดควบคุม (ทำการทดลองซ้ำรวม 3 ครั้ง)

4 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ปิเปตสารสกัดข้างต้นในปริมาณที่เหมาะสมใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 11 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin reagent 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 1 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร เทียบกับหลอดควบคุมที่ใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน (ทำการทดลองซ้ำรวม 3 ครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การวิเคราะห์แทนนิน (Chanwitheesuk และคณะ, 2005)

1 การเตรียมสารเคมี

สารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80

ผสมเมทานอล 800 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

สารละลายแทนนิน ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ชั่งแทนนิน 1 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร

สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 35 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และให้ความร้อนจนกระทั่งละลายหมด ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1

2 การเตรียมสารสกัดแทนนิน

ชั่งตัวอย่าง 0.5-2.0 กรัม เติมสารละลายเมทานอลความเข้มข้นร้อยละ 80 ที่ร้อนปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปใส่ในเครื่องเขย่านาน 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายใสที่ได้ไปวิเคราะห์ขั้นต่อไป

3 การเตรียมกราฟมาตรฐานแทนนิน

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแทนนิน 0.20-0.18 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ปรับปริมาตรให้ได้ 8.5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเติม Folin reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ส่วนหลอดควบคุมจะไม่เติมสารมาตรฐานแทนนิน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที ก่อนวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เทียบกับหลอดควบคุม (ทำการทดลองซ้ำ รวม 3 ครั้ง)

4 การวิเคราะห์ปริมาณแทนนิน

ปิเปตสารสกัดข้างต้นในปริมาณที่เหมาะสมใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 8.50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม Folin reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอิ่มตัว ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร เทียบกับหลอดควบคุมที่ใช้ในการเตรียมกราฟมาตรฐาน (ทำการทดลองซ้ำรวม 3 ครั้ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะและสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรด เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยนำเปลือกสับปะรดจากโรงงาน บริษัทสยามอุตสาหกรรมเกษตรสับปะรด จำกัด ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะ และสารต้านโภชนะทั้งในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารโภชนะคือ ปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี และสารต้านอนุมูลอิสระ และหาปริมาณสารต้านโภชนะคือ ไฟเตท สารประกอบฟีนอลิก และแทนนินในเปลือกสับปะรด

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นในเปลือกสับปะรด

องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น (Proximate analysis) ที่วิเคราะห์ ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ และคาร์โบไฮเดรต จากตัวอย่างเปลือกสับปะรดทั้งแบบสดและแบบแห้ง โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ AOAC (1990) ได้ผลทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของเปลือกสับปะรดสดและและแห้ง

ตัวอย่าง	ร้อยละของปริมาณ					
	ความชื้น	เถ้า	ไขมัน	โปรตีน	เส้นใย	คาร์โบไฮเดรต
เปลือกสับปะรดสด	84.93±0.09	0.73±0.04	0.28±0.13	1.05±0.05	0.84±0.54	13.85±0.23
เปลือกสับปะรดแห้ง	10.06±0.08	3.82±0.26	0.62±0.13	4.69±0.05	10.44±0.36	91.25±0.16

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ความชื้นในเปลือกสับปะรดสดมีมากที่สุดถึงร้อยละ 84.93 สำหรับเปลือกสับปะรดแห้งนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่ามีความชื้นเพียงร้อยละ 10.06 จากการศึกษาของกนกอร และอรณิชา (2551) ได้รายงานถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นในเปลือกสับปะรด กากสับปะรด และแกนสับปะรด มีความชื้นเท่ากับร้อยละ 13.90, 13.44 และ 5.28 ตามลำดับซึ่งพบว่า เปลือกสับปะรดสดมีปริมาณความชื้นสูง อาจเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพของเปลือกสับปะรดสดที่องค์ประกอบภายในมีน้ำอยู่จำนวนมาก ทำให้มีปริมาณความชื้นสูง และการวิเคราะห์เถ้าพบว่า เปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณเถ้าร้อยละ 3.82 และเปลือกสับปะรดสดมีเถ้าร้อยละ 0.73 จะได้ว่า ในองค์ประกอบของเถ้าที่วิเคราะห์ได้จะอ้างถึงปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในเปลือกสับปะรด และรวมถึงปริมาณของโลหะหนักด้วย ดังนั้นในการจะนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจะต้องหาปริมาณของโลหะหนักด้วยเพื่อกำจัดโลหะหนักออกไป นอกจากนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารหยาบ โดยการวิเคราะห์ได้ใช้วิธีการย่อยด้วยกรดและด่างพบว่า ในเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณเส้นใยอาหารหยาบร้อยละ 10.44 ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเปลือกสับปะรดสดที่มีปริมาณเส้นใยอาหารหยาบร้อยละ 0.84 เนื่องจากเปลือกสับปะรดแห้งมีเนื้อวัตถุดิบมากกว่าในเปลือกสับปะรดสด สำหรับการวิเคราะห์ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง พบว่า เปลือกสับปะรดมีปริมาณไขมันเป็นองค์ประกอบน้อย โดยเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 0.28 และ 0.62 ตามลำดับ สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่า ในเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 4.69 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในเปลือกสับปะรดสดที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.05 ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตพบว่า เปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงสุดคือ ร้อยละ 91.25 ในขณะที่เปลือกสับปะรดสดมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเท่ากับร้อยละ 13.85

จากการวิเคราะห์เปลือกสับปะรดสดและแห้งพบว่า มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบอยู่มาก ดังนั้นเมื่อมีปริมาณเปลือกสับปะรดเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสับปะรดจำนวนมาก และไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์จะส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยจุลินทรีย์ในดินสามารถใช้โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจน รวมถึงเป็นแหล่งของพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นเปลือกสับปะรดสดและแห้งที่ประกอบด้วยโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต สามารถที่จะนำไปประยุกต์ไปใช้เพื่อเตรียมเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ เป็นสับสเตรทในการผลิตสาร หรือผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงได้ จากรายงานของ Tanaka และคณะ (1999) ได้นำเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำสับปะรดมาใช้เป็นสับสเตรทในการผลิตเอทานอลโดยเชื้อ *Zymomonas mobilis* พบว่า สามารถผลิตเอทานอลได้ถึง 59.0 กรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังนำเปลือกสับปะรดมาใช้เป็นสับสเตรทในการผลิตกรดแลกติกโดยการตรึงเซลล์ *Lactobacillus delbrueckii* ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณกรดแลกติกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 28.73 กรัมต่อลิตร (Idris และ Suzana, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในส่วนของเปลือกผลไม้หรือของเหลือจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ได้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อประเมินคุณค่าของสารที่เป็นองค์ประกอบในของเหลือทิ้งในการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดย Grigelmo-Miguel และOlga (1999) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นจากกากแอปเปิ้ลแห้ง กากส้มแห้ง และกากพีชแห้ง ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าในกากพีชแห้ง และกากส้มแห้งมีปริมาณเถ้าร้อยละ 2.9 มีไขมันปริมาณน้อยประมาณร้อยละ 0.5-2.5 และพบปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุดประมาณร้อยละ 82-84 นอกจากนี้ Wironrrorng (2008) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นเปลือกมะละกอแห้ง พบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 11.2, 2.45, 8.89 และ 77.46 ตามลำดับ

4.2 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกสับปะรด

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารได้วิเคราะห์ตามวิธี AOAC (1990) โดยการสกัดเส้นใยอาหารด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์และกำจัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตออก โดยเอนไซม์อัลฟาอะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทนอุณหภูมิสูง 90 องศาเซลเซียส จะย่อยแป้งแบบสุ่มได้เป็นเดกตริน มอลโทสและน้ำตาลกลูโคส จากนั้นย่อยด้วยเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดสอีกครั้ง สุดท้ายจะได้น้ำตาลกลูโคสทั้งหมด และกำจัดโปรตีนออกโดยการย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอส จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มากรอง โดยส่วนของเส้นใยอาหารละลายน้ำจะไหลผ่านตัวกรอง ส่วนที่เหลือบนตัวกรองคือ เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำตะกอนมาล้างด้วยเอทานอลและอะซีโตน แล้วอบตะกอนจนแห้งและชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ โดยนำตะกอนไปวิเคราะห์โปรตีนและเถ้าก่อน ส่วนเส้นใยอาหารละลายน้ำที่กรองได้ จะนำไปตกตะกอนด้วยสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 แล้วเก็บตะกอนที่ได้มาล้างด้วยเอทานอลและอะซีโตน จากนั้นอบตะกอนจนแห้งและชั่งน้ำหนัก นำตะกอนที่ได้ไปวิเคราะห์โปรตีนและเถ้า และคำนวณหาปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 สำหรับการหาปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด ได้จากผลรวมของปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารละลายน้ำ

ตารางที่ 4.2 ปริมาณเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรด

ตัวอย่าง	ร้อยละปริมาณเส้นใยอาหาร (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)		
	เส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ	เส้นใยอาหารละลายน้ำ	เส้นใยอาหารทั้งหมด
เปลือกสับปะรดสด	7.42±0.18	0.035±0.01	7.46±0.19
เปลือกสับปะรดแห้ง	82.49±6.06	0.39±0.01	82.88±6.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 ได้แสดงถึงปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดของเปลือกสับปะรดสดและแห้ง มีร้อยละ 7.46 และ 82.88 ตามลำดับ โดยเส้นใยอาหารทั้งหมดประกอบด้วยเส้นใยอาหารละลายน้ำ และเส้นใยละลายไม่ละลายน้ำ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำมีปริมาณสูงกว่าปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำจากทั้งสองตัวอย่าง โดยพบปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในเปลือกแห้งมากที่สุดถึงร้อยละ 82.49 ส่วนเส้นใยอาหารละลายน้ำพบร้อยละ 0.39 สำหรับเปลือกสับปะรดสดพบเส้นใยอาหารละลายน้ำร้อยละ 0.035 และเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำร้อยละ 7.42

จากการวิเคราะห์พบปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำมากกว่าปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำ เนื่องจากโครงสร้างหลักของพืชประกอบด้วยส่วนของเส้นใยไม่ละลายน้ำ ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างพืช ทำให้พืชคงรูปร่างไว้ได้ ส่วนเส้นใยละลายน้ำทำหน้าที่ให้โครงสร้างพืชมีความยืดหยุ่น และจากการวิเคราะห์เส้นใยอาหารในเปลือกสับปะรด พบเส้นใยอาหารในปริมาณสูง โดยเฉพาะในเปลือกสับปะรดแห้ง เนื่องจากส่วนของเส้นใยมีอยู่ในเนื้อวัตถุดิบ โดยเส้นใยในเปลือกสับปะรดสามารถใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้ ดังนั้นเปลือกสับปะรดที่มีเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในปริมาณสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ เพราะประโยชน์จากการบริโภคเส้นใยอาหารมีผลให้กระบวนการทางสรีรวิทยาของร่างกายเกิดความสมดุล ระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติ ช่วยป้องกันอาการท้องผูก ลดระดับกลูโคสและคลอเรสเตอรอล ในกระแสเลือด ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและหลอดเลือดหัวใจ โรคริดสีดวงทวาร โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคไส้ติ่งอักเสบ เป็นต้น

จากองค์ประกอบของเปลือกสับปะรดที่มีปริมาณเส้นใยอาหารในปริมาณมาก จึงได้มีการนำเปลือกสับปะรดมาประยุกต์ใช้ในด้านอาหาร โดยนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใย จากการวิจัยของอรุณีและคณะ (2541) ได้ใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง โดยใช้เปลือกเผือก เปลือกสับปะรด และเปลือกถั่วงอกที่ผ่านการแช่ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพื่อกำจัดลิกนินมาเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง โดยทดแทนร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง และทดสอบการยอมรับทางระบบประสาทสัมผัสโดย 5 points hedonic scale และวัดค่าแรงตัดขาดของข้าวเกรียบกุ้งด้วยเครื่อง Texturometer จากการทดลองพบว่า การยอมรับทางระบบประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ยกเว้นคะแนนทางด้านสีซึ่งจะลดลงในทุกๆ ระดับของการทดแทน และพบว่า ปริมาณและชนิดของเส้นใยอาหารมีผลต่อค่าแรงตัดขาดของข้าวเกรียบกุ้ง โดยข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยจากถั่วเหลืองจะมีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าข้าวเกรียบกุ้งชนิดอื่นๆ และเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งได้ดีกว่าเส้นใยจากเปลือกเผือก และเปลือกถั่วงอก นอกจากนี้พิชญาภรณ์ (2542) ได้วิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเนยเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดพบว่า การเสริมเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใยอาหารในเค้กเนยด้วยเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดพบว่า ปริมาณกากสับปะรดมีผลต่อลักษณะของเค้กด้านความแน่นเนื้อ ความรู้สึกมีเส้นใย และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.05$ ซึ่งเค้กเนยเสริมกากสับปะรดร้อยละ 8 ได้รับการยอมรับสูงสุด และได้ทำการทดลองโดยเพิ่มปริมาณกากสับปะรดผงที่เติมเป็นร้อยละ 8, 10 และ 12 พบว่า สามารถเติมปริมาณกากสับปะรดได้สูงสุดถึงร้อยละ 10 โดยการเติมกากสับปะรดผงร้อยละ 10 ไม่มีผลต่อความฟู ปริมาตรจำเพาะ และความแข็งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าความหนืดของส่วนผสมเหลว ความยืดหยุ่น และความยืดติด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

จากการศึกษาของ Prosky และคณะ (1988) ได้ศึกษาปริมาณใยอาหารจากกากแอปเปิ้ล พบว่า มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 44.46 ต่อมา Goni และคณะ (1989) พบว่า ในกากแอปเปิ้ลมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 65.51 และ Grigelmo-Miguel และคณะ (1999) หาปริมาณเส้นใยอาหารโดยใช้วิธีเอนไซมาติกกราวิเมตริก (Enzymatic gravimetric method) ในกากแอปเปิ้ลพบว่า มีเส้นใยอาหารทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 60.1 โดยแบ่งเป็นเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำร้อยละ 46.3 และเส้นใยอาหารละลายน้ำร้อยละ 13.8 จากการศึกษาพบปริมาณเส้นใยอาหารที่ได้มีปริมาณที่แตกต่างกัน เนื่องจากความแตกต่างของสายพันธุ์และความสุกของผลไม้ โดยในผักและผลไม้เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่มีปริมาณสูง ซึ่งเส้นใยละลายน้ำสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น อาหารเสริมเส้นใย เนื่องจากความสามารถของเส้นใยละลายน้ำ จะสามารถดูดซึมน้ำและทำให้รู้สึกอิ่มได้ นอกจากนี้ Gorinstein และคณะ (2001) ได้ศึกษาปริมาณใยอาหารจากของเหลือทิ้งในพืชตระกูลส้ม ได้แก่ ส้ม มะนาว และส้มโอ พบว่า องค์ประกอบของเส้นใยอาหารทั้งหมด เส้นใยอาหารละลายน้ำ และเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในเปลือกของพืชตระกูลส้มมีปริมาณสูงกว่าในกากอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยในกากมะนาว กากส้ม และกากส้มโอจะมีเส้นใยอาหารทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 7.34, 7.38 และ 7.41 ตามลำดับ ส่วนในเปลือกมะนาว เปลือกส้ม และเปลือกส้มโอมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 14.0, 13.9 และ 13.9 ตามลำดับ และต่อมาได้มีการศึกษาพบว่าในเปลือกของพืชตระกูลส้มซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงและมีปริมาณเส้นใยอาหารมาก จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเปลือกส้มเป็นแหล่งอาหารเสริมเส้นใยช่วยในการป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจ และรักษาโรคอื่นๆ ได้

ซึ่งจากการวิจัยของนิธิมา (2545) พบว่า เปลือกส้มเขียวหวานเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่ดี โดยมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 52.89 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ยังมีสีและกลิ่นซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด ดังนั้นจึงได้ศึกษาการแปรรูปและลักษณะเฉพาะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน โดยศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้งเปลือกส้มด้วยตู้อบลมร้อน ทดลองเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส พบว่าอุณหภูมิมีผลต่อสีของผงเปลือกส้ม ($p \leq 0.05$) และเลือกใช้อุณหภูมิในการทำแห้งที่ 50 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลเซียส เปรียบเทียบระหว่างวิธีทำแห้งเปลือกส้มด้วยตู้อบลมร้อนและตู้อบสุญญากาศพบว่า ผงเปลือกส้มที่ทำแห้งแบบสุญญากาศมีสีที่ดี และความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าแบบลมร้อน ($p \leq 0.05$) ส่วนการทำแห้งโดยวิธีแบบแช่เยือกแข็งมีสี กลิ่น และการยอมรับรวมดีกว่าวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศ ($p \leq 0.05$) เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์พบว่า เส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีเส้นใยอาหารสูงถึงร้อยละ 76.09 อัตราส่วนของเส้นใยอาหารละลายน้ำและไม่ละลายน้ำเป็น 1 ต่อ 2 ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงถึง 11.96 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันได้ถึง 1.67 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง โดยมีลักษณะของเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มมีสีเหลืองและกลิ่นส้ม มีรสขมเล็กน้อย ลักษณะโครงสร้างซึ่งปรากฏในภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดพบว่า มีความเป็นรูพรุนมาก การเสริมเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มในผลิตภัณฑ์เค้กถ้วยแทนแป้งร้อยละ 2-6 พบว่า ได้รับการยอมรับค่อนข้างดี นอกจากนี้ ปิยอนงค์ (2545) ได้นำเปลือกถั่วเหลืองบดมาใช้เป็นแหล่งเส้นใยอาหารในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปและมีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ จึงได้วิจัยโดยนำเปลือกถั่วเหลืองบดมาใช้ในการทดแทนบางส่วนของแป้งในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปพบว่า ปริมาณที่สามารถแทนที่ได้มากที่สุดคือ ร้อยละ 15 โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มและมีเนื้อสัมผัสที่สากขึ้นมากกว่าสูตรควบคุม การปรับคุณภาพของเส้นบะหมี่ทำโดยปรับปริมาณกลูเตน เพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้น และศึกษาการยอมรับโดยรวมของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองจากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารมีปริมาณเส้นใยอาหาร คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้คนไทยบริโภคในแต่ละวัน หรือ 5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง จึงสามารถเรียกได้ว่าเป็นแหล่งที่มีเส้นใยอาหารสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่า บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองมีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นถึง 4.3 เท่า ส่วนบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ปรับอัตราส่วนของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำกับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ มีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นถึง 4.6 เท่า และมีพลังงานลดลง โดยบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองมีพลังงานลดลง 4.8 เท่า ส่วนบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ปรับอัตราส่วนของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำกับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีพลังงานลดลง 6.9 เท่า แต่เมื่อคำนวณเฉพาะราคาวัตถุดิบพบว่า มีราคาสูงขึ้น

4.3 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารชนิดย่อยในเปลือกสับปะรด

จากการศึกษาเส้นใยอาหารทั้งหมดซึ่งประกอบด้วยเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารละลายน้ำ โดยเส้นใยไม่ละลายน้ำประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ส่วนเส้นใยละลายน้ำ ประกอบด้วย เพคติน กัม และมิวซิเลจ ซึ่งการศึกษาได้วิเคราะห์หาปริมาณเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารชนิดย่อยต่างๆ ได้แก่ เพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณเส้นใยอาหารชนิดย่อยจากเปลือกสับปะรด

เส้นใยอาหารชนิดย่อย	ร้อยละปริมาณสารสกัด (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)	
	เปลือกสับปะรดสด	เปลือกสับปะรดแห้ง
เพคติน	0.26±0.12	2.92±0.30
เฮมิเซลลูโลส	1.15±0.91	12.79±3.12
เซลลูโลส	2.98±3.37	33.11±1.91
ลิกนิน	3.56±2.86	39.56±10.67

ในการวิเคราะห์หาปริมาณเพคตินในเปลือกสับปะรดสดและแห้งจะต้องกำจัดสิ่งเจือปนออกก่อนโดยการสกัดด้วยเอทานอล จึงนำมาสกัดเพคตินด้วยกรดไฮโดรคลอริก จะได้สารสกัดเพคติน จากนั้นเติมเอทานอล เพื่อแยกให้เพคตินตกตะกอนมารวมตัวกัน นำไปทำแห้งและชั่งหาน้ำหนักของเพคตินที่ได้ จากตารางที่ 4.3 พบปริมาณเพคตินในเปลือกสับปะรดแห้งเท่ากับร้อยละ 2.92 และในเปลือกสับปะรดสดร้อยละ 0.26 สำหรับกระบวนการสกัดเฮมิเซลลูโลสเป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากการสกัดเพคติน โดยนำตะกอนที่ผ่านการสกัดเพคตินด้วยกรดในขั้นตอนสุดท้าย มาสกัดต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้สารสกัดของเฮมิเซลลูโลส แล้วกรองด้วยกระดาษกรองจะได้เซลลูโลส โดยปริมาณของเฮมิเซลลูโลสในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.15 และ 12.79 ตามลำดับ ในการวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลสในเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.98 และ 33.11 ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณลิกนิน โดยการสกัดด้วยสารผสมระหว่างเบนซีนกับเอทานอล แล้วสกัดต่อด้วยน้ำกลั่นในชุดเครื่องมือซอกห์เลต จากนั้นย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น นำไปรีฟลักซ์ในน้ำกลั่น กรองและล้างตะกอน จากนั้นนำตะกอนที่ได้นำไปอบและคำนวณหาปริมาณลิกนินพบว่า ปริมาณลิกนินในเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีอยู่เท่ากับร้อยละ 3.56 และ 39.56 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของเส้นใยอาหารย่อยจากตารางที่ 4.3 พบว่าในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง มีปริมาณลิกนินมากที่สุด รองลงมาคือเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ตามลำดับ ซึ่งเส้นใยอาหารย่อยทั้งสามชนิดนี้เป็นเส้นใยไม่ละลายน้ำ ส่วนเพคตินซึ่งเป็นเส้นใยอาหารละลายน้ำพบปริมาณน้อยที่สุด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเส้นใยย่อยจากเปลือกสับปะรด ดังแสดงในรูปที่ 4.1

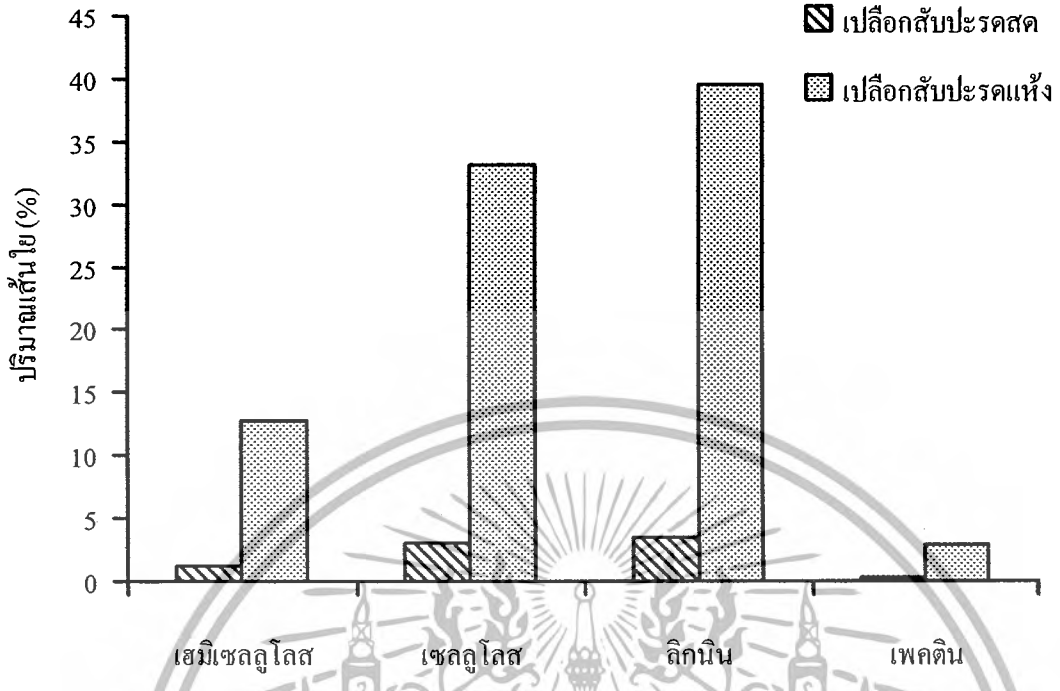
ในโครงสร้างผนังเซลล์พืชตามธรรมชาติ มักพบเซลลูโลสเกาะอยู่กับลิกนิน เกิดเป็นสารประกอบลิกโนเซลลูโลส จึงเป็นสาเหตุให้มีปริมาณเส้นใยสองชนิดนี้มากและมีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนเฮมิเซลลูโลสจะช่วยเสริมความแข็งแรงของโครงสร้าง และลิกนินมีคุณสมบัติไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายน้ำ ไม่มีความยืดหยุ่น จึงทำให้พืชที่มีองค์ประกอบของลิกนินมาก มีความแข็งแรงทนทาน โดยปริมาณลิกนินจะเพิ่มมากขึ้นตามอายุพืช เนื่องจากลิกนินเป็นสารที่ไม่มีสัตว์ชนิดใดนำไปใช้ประโยชน์ได้ และเมื่ออยู่ร่วมกับเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส จะทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลง ดังนั้นจึงมักนำลิกนินไปใช้ในอุตสากรรมอื่น เช่น ใช้เป็นสารยึดติด ใช้ผสมในซีเมนต์ เพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการแข็งตัว ใช้ในอุตสาหกรรมยางช่วยให้ยางมีความยืดและความเป็นพลาสติกที่ดีขึ้น เป็นต้น ขณะที่เพคตินเป็นส่วนที่ผนึกโครงสร้างของเส้นใยเหล่านี้โดยทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมองค์ประกอบต่างๆ ทำให้โครงสร้างเกิดความยืดหยุ่น ซึ่งเพคตินมีคุณสมบัติเป็นเส้นใยอาหารละลายน้ำ สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ คือ ช่วยไม่ให้ไขมันในลำไส้เล็กรวมตัวเข้ากับน้ำดี รบกวนการดูดซึมไขมันบริเวณผนังลำไส้เล็ก จึงช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลซึ่งเป็นสาเหตุของการอุดตันภายในหลอดเลือดหัวใจที่มีสาเหตุจากไขมันได้ และคุณสมบัติการอุ้มน้ำและไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็กของเพคติน ทำให้เป็นกากใยที่ยังคงอยู่และช่วยเพิ่มน้ำหนักกากอาหารในลำไส้ใหญ่ ทำให้ระบบขับถ่ายในร่างกายทำงานได้ดีขึ้น ลดโอกาสเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ นอกจากนี้ความสามารถในการละลายน้ำจะทำให้เพคตินพองตัวเป็นเจล เกิดความยืดหยุ่น (gelling agent) มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น แยม เยลลี และขนมหวาน หรือช่วยทำให้เกิดความหนืด (viscosity) ในซอสปรุงรส น้ำเชื่อมเข้มข้น น้ำสลัด เครื่องดื่ม หรือใช้เป็นตัวรักษาสภาพ (stabilizer) ในผลิตภัณฑ์นมและโยเกิร์ต เป็นต้น ในปัจจุบันได้มีการนำเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสมาช่วยเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารช่วยให้ระบบขับถ่ายทำงานได้ดี ช่วยดูดซับไขมัน ลดระดับกลูโคสในเลือด และช่วยให้รู้สึกอิ่มอาหารเป็นเวลานาน เนื่องจากเป็นสารอาหารที่ไม่สามารถย่อยในระบบทางเดินอาหารได้

จากการศึกษาของ Claye และคณะ (1966) พบว่าปริมาณใยอาหารย่อยจากกากแอปเปิ้ลและกากมะเขือเทศที่ได้จากการย่อยด้วยเอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดสและทริปซิน และหาปริมาณเพคตินโดยการสกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาเลตที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าในกากแอปเปิ้ล และกากมะเขือเทศ มีปริมาณเพคตินร้อยละ 8.9 และ 9.7 ตามลำดับ ส่วนที่เหลือจากการสกัดเพคตินจะนำไปสกัดต่อด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยการแทนที่อากาศด้วยไนโตรเจน ได้เป็นลิกโนเซลลูโลส จากนั้นนำไปหาปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลส พบว่า ในกากแอปเปิ้ลมีปริมาณเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ร้อยละ 38.4 และ 20.8 ตามลำดับ และในกากมะเขือเทศมีปริมาณเฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสร้อยละ 36.5 และ 19.7 ตามลำดับ และส่วนสุดท้ายนำไปหาปริมาณลิกนินพบว่า ปริมาณลิกนินในกากแอปเปิ้ล และกากมะเขือเทศ มีค่าเท่ากับร้อยละ 12.1 และ 13.8 ตามลำดับ นอกจากนี้ Emaga และคณะ (2007) ได้ศึกษาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคติน จากเปลือกกล้วยและเปลือกกล้วยหักมุก (plantain) พบว่าปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 ปริมาณเพคติน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลสและลิกนิน ในเปลือกสับปะรด

เพคตินสามารถหาได้จากการสกัดด้วยกรด น้ำปราศจากไอออน และแอมโมเนียมออกซาเลต จะได้ว่าการสกัดเพคตินจากเปลือกกล้วยด้วยกรดจะมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนการสกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาเลตจะได้ปริมาณเพคตินมากที่สุด โดยในเปลือกกล้วยมีปริมาณเพคตินร้อยละ 10.3 และเปลือกกล้วยหักมุก มีปริมาณเพคตินร้อยละ 8.9 และพบว่าปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสในกล้วย พบร้อยละ 6.4 และ 7.6 ตามลำดับ ส่วนปริมาณเฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสในเปลือกกล้วยหักมุกพบร้อยละ 2.0 และ 6.5 ตามลำดับ

4.4 การวิเคราะห์สารโภชนะในเปลือกสับปะรด

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารโภชนะเพื่อประกอบการประเมินคุณค่าของเปลือกสับปะรดในการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยได้วิเคราะห์หาสารโภชนะที่สำคัญได้แก่ เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอี รวมถึงได้ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ด้วย

4.4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอี

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และอีในเปลือกสับปะรด ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอีในเปลือกสับปะรด

ตัวอย่าง	ปริมาณสารสกัด (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)		
	เบต้า-แคโรทีน	วิตามินซี	วิตามินอี
เปลือกสับปะรดสด	0.58±0.004	3.53±1.74	$(0.14\pm0.11) \times 10^{-3}$
เปลือกสับปะรดแห้ง	0.63±0.003	4.63±1.95	$(0.04\pm7.59) \times 10^{-3}$

จากการวิเคราะห์หาปริมาณของเบต้า-แคโรทีน โดยใช้วิธีวัดค่าดูดกลืนแสงของเบต้า-แคโรทีนที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ซึ่งการวิเคราะห์ได้หาปริมาณโดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานเบต้า-แคโรทีน จากนั้นคำนวณหาปริมาณเบต้า-แคโรทีนในเปลือกสับปะรดทั้งสดและแห้ง จากตารางที่ 4.4 พบว่า ปริมาณเบต้า-แคโรทีนในเปลือกสับปะรดสดมีอยู่ 0.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเปลือกสับปะรดสด ส่วนในเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนอยู่ 0.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของเปลือกสับปะรดแห้ง เนื่องจากในเปลือกสับปะรดสดมีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าเปลือกสับปะรดแห้ง ดังนั้นเมื่อคำนวณโดยการเปรียบเทียบในปริมาณเนื้อวัตถุดิบที่เท่ากันแล้วจะพบว่า ในเปลือกสับปะรดสดมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนมากกว่าในเปลือกสับปะรดแห้ง (ดูรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ค) จากการที่เบต้า-แคโรทีนเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ หรือเรียกว่า โปรวิตามินเอ มีบทบาทสำคัญที่ช่วยในการรักษาสุขภาพและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรง ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายของมนุษย์สามารถเปลี่ยนเบต้า-แคโรทีนไปเป็นวิตามินเอได้ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้เบต้า-แคโรทีนยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเนื่องจากเป็นสารที่ไม่เสถียร สามารถเสียสภาพได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีแสงและความร้อน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของเบต้า-แคโรทีนในเปลือกสับปะรดสดและแห้งพบว่า ในเปลือกสับปะรดสดมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนมากกว่าเปลือกสับปะรดแห้งทั้งนี้เพราะจากการทำแห้งเปลือกสับปะรดมีการอบด้วยลมร้อนเป็นเวลานาน จึงเกิดการสูญเสียปริมาณเบต้า-แคโรทีนที่มีอยู่ไป จึงได้ข้อสรุปว่า ในการนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแหล่งเบต้า-แคโรทีนต้องใช้ประโยชน์จากเปลือกสับปะรดสดเพราะ มีการสูญเสียเบต้า-แคโรทีนน้อย

สำหรับการวิเคราะห์วิตามินซี ใช้วิธีการไทเทรตด้วยสารละลายไอโอดีนที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน โดยมีน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์พบว่า เปลือกสับปะรดสดที่นำมาสกัดมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 3.53 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเปลือกสด 100 กรัม ส่วนเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณวิตามินซี 4.63 มิลลิกรัมต่อเปลือกสับปะรดแห้ง 100 กรัม เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีระหว่างเปลือกสับปะรดสดและแห้งโดยเปรียบเทียบในปริมาณเนื้อวัตถุดิบที่เท่ากัน พบปริมาณวิตามินซีในเปลือกสับปะรดสดสูงกว่าในเปลือกสับปะรดแห้งทั้งนี้เพราะ วิตามินซีเป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ จึงพบวิตามินซีในเปลือกสับปะรดสดมากกว่า ประกอบกับในเปลือกสับปะรดแห้งมีการกำจัดน้ำออก จึงทำให้สูญเสียวิตามินซีไป ด้วยคุณสมบัติของวิตามินซีที่เป็นสารต้านอนุมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระในร่างกาย จึงช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันของร่างกายได้ดี เพราะสามารถป้องกันและรักษาการอักเสบอันเนื่องมาจากแบคทีเรียและไวรัสได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด และช่วยให้การดูดซึมธาตุเหล็กเป็นไปได้ดี เป็นประโยชน์ต่อการสร้างเม็ดเลือดแดงในทางอ้อม

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินอี ใช้วิธีการวัดค่าดูดกลืนแสงในสารสกัดจากเปลือกสับปะรดสดและแห้งที่ความยาวคลื่น 545 นาโนเมตร โดยมีอัลฟา-โทโคฟีรอลเป็นสารละลายมาตรฐาน จากการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณวิตามินอีในเปลือกสับปะรดสดมีมากกว่าในเปลือกสับปะรดแห้ง โดยปริมาณวิตามินอีในเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีปริมาณเท่ากับ 0.14×10^{-3} และ 0.04×10^{-3} มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเปลือกสับปะรด ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณวิตามินอีที่พบมีปริมาณน้อยมากอยู่ในระดับไมโครกรัม อาจเป็นผลมาจากวิตามินอีเป็นวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน และในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นพบปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบในเปลือกสับปะรดปริมาณน้อย จึงทำให้มีปริมาณวิตามินอีน้อยตามไปด้วย วิตามินอีช่วยในการทำงานของระบบในร่างกายหลายระบบ ช่วยบำรุงตับ ลดการจับตัวเป็นลิ่มเลือด ช่วยชะลอความแก่ และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี

จากการศึกษาที่ผ่านมาโดยณัชชา (2550) ได้วิเคราะห์ปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี ในกากเสาวรส เปลือกเสาวรสชนิดสีเหลือง และสีม่วงทั้งแบบสดและแบบแห้งพบว่า ในกากเสาวรสสดมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนมากกว่าในเปลือกเสาวรสแห้งเช่นเดียวกัน โดยกากเสาวรสสดมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนสูงสุดคือ 1.56 และ 1.79 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของกากเสาวรสสด ขณะที่เปลือกสดพบเพียง 0.10 และ 0.34 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในเสาวรสชนิดสีเหลืองและชนิดสีม่วงตามลำดับ สำหรับปริมาณวิตามินซีในเปลือกเสาวรสชนิดสีเหลืองพบว่า มีปริมาณวิตามินซีสูงสุดโดยมีค่าเท่ากับ 28.33 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ กากเสาวรสชนิดสีเหลือง กากเสาวรสชนิดสีม่วง และเปลือกเสาวรสชนิดสีม่วง ซึ่งมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 12.49, 11.09, 9.14 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบวิตามินอีปริมาณเล็กน้อยในระดับนาโนกรัมด้วย สำหรับการศึกษาของ Charoensiri และคณะ (2009) ได้ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีเหลวแบบสมรรถภาพสูง (HPLC) ในการวิเคราะห์หาปริมาณเบต้า-แคโรทีน และวิตามินอีในผลไม้ไทย 37 ชนิด รวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น เปลือกละมุด และเปลือกแอปเปิ้ลเขียว พบว่า เปลือกละมุดมีปริมาณเบต้า-แคโรทีน และวิตามินอีเท่ากับ 17.7 และ 0.20 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนเปลือกแอปเปิ้ลเขียวมีปริมาณเบต้า-แคโรทีน และวิตามินอีเท่ากับ 26.8 และ 0.18 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ Ajila และคณะ (2007) ได้นำเปลือกมะม่วงมาวิเคราะห์ปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอีพบว่า ในเปลือกมะม่วงดิบมีปริมาณเบต้า-แคโรทีนสูงกว่าในเปลือกมะม่วงสุก และมีปริมาณวิตามินซี และวิตามินอีอยู่ในช่วง 188-392 และ 205-509 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยวิตามินทั้งสองชนิดดังกล่าวพบได้ในเปลือกมะม่วงดิบในปริมาณที่สูงกว่าเปลือกมะม่วงสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสับปะรด

การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระทำได้โดยใช้หลักการวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งเป็นวิธีตรวจวัดคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในเชิงปริมาณ โดยทดสอบกับสาร 2, 2- diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่ใช้เป็นตัวทดสอบคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง มีหลักการคือ สารต้านอนุมูลอิสระจะเข้าไปจับกับอนุมูลอิสระส่วนที่เหลือคือ อนุมูลอิสระที่สามารถวัดค่าดูดกลืนแสงได้ โดยปริมาณของ DPPH สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ซึ่งจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของ DPPH ที่ลดลงหลังจากทำปฏิกิริยากับสารสกัดจากเปลือกสับปะรด จากนั้นนำค่าดูดกลืนแสงไปคำนวณตามสมการ

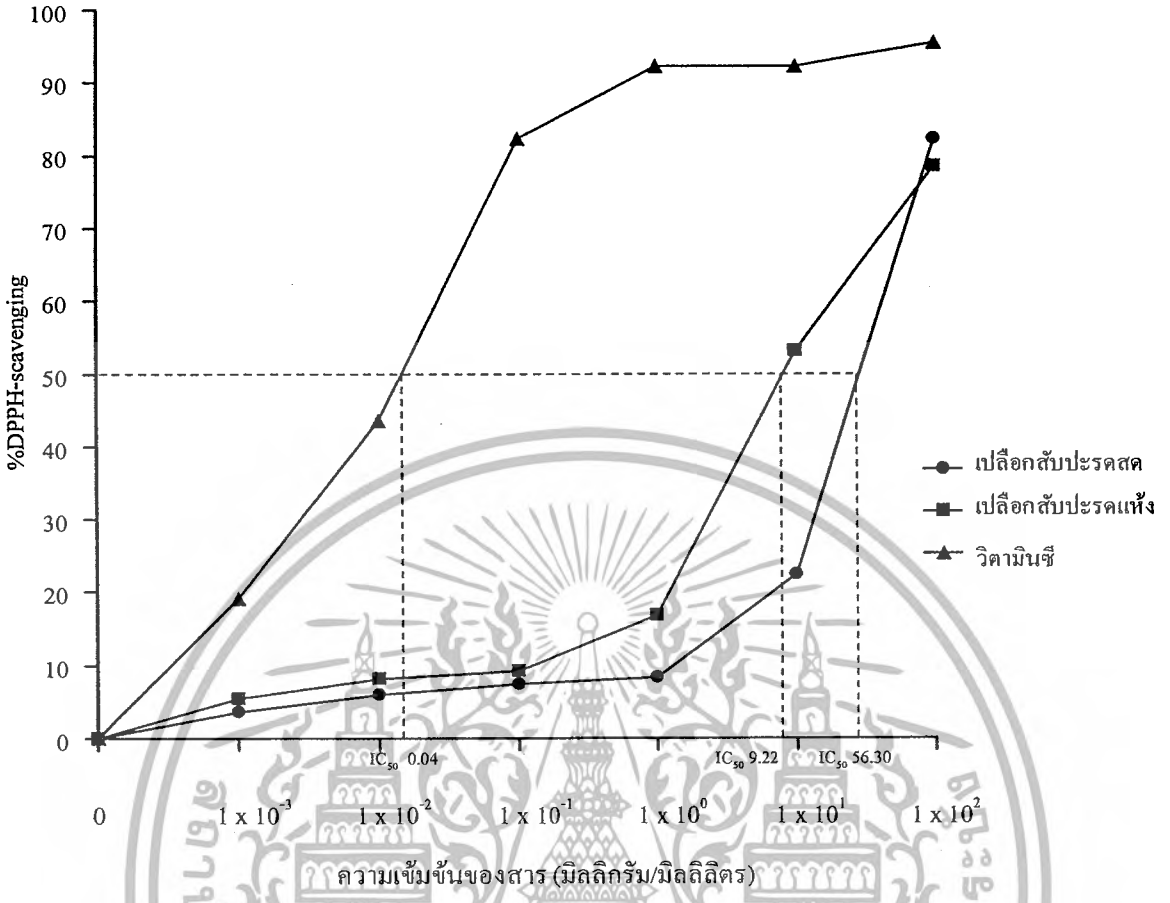
$$\% \text{ DPPH- scavenging} = \frac{(1 - A_{sample})}{A_{blank}} \times 100$$

จากการศึกษาโดยวิเคราะห์หาร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH แล้วนำไปวาดกราฟหาสมการ และคำนวณหาค่าความเข้มข้นครึ่งหนึ่งที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ (IC_{50}) แสดงผลการทดลองได้ดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในเปลือกสับปะรด

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ร้อยละการยังยั้ง DPPH (%DPPH- scavenging)		
	เปลือกสับปะรดสด	เปลือกสับปะรดแห้ง	วิตามินซี
100	82.16±3.87	78.44±0.07	95.54±0.24
10	22.45±5.74	53.16±0.53	92.19±0.14
1	8.29±0.52	16.77±0.96	92.14±0.18
0.1	7.43±0.21	9.16±0.13	82.33±0.18
0.01	5.95±0.54	8.16±0.14	43.63±0.14
0.001	3.57±0.07	5.38±0.27	19.21±0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (DPPH) ของสารสกัดที่ความเข้มข้นต่างๆ และค่า IC_{50}

จากตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.2 พบว่า ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของสารสกัดในเปลือกสับปะรดสดที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีค่ามากกว่าสารสกัดในเปลือกสับปะรดแห้ง และยังเป็นระดับการยับยั้งอนุมูลอิสระที่สูงที่สุด โดยสารสกัดในเปลือกสับปะรดสดและแห้งมีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 82.16 และ 78.44 ตามลำดับ แต่ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า เปลือกสับปะรดสดมีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 22.45 ซึ่งน้อยกว่าเปลือกสับปะรดแห้งที่มีร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระเท่ากับ 53.94 และเมื่อหาค่าร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) พบว่า เปลือกสับปะรดสดมีค่า IC_{50} 56.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนเปลือกสับปะรดแห้งมีค่า IC_{50} 9.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเห็นได้ว่า เปลือกสับปะรดแห้งให้ค่า IC_{50} สูงกว่าในเปลือกสับปะรดสด เนื่องจากใช้ความเข้มข้นของสารสกัดน้อยกว่าเปลือกสับปะรดสดแต่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้เป็นครึ่งหนึ่ง และเมื่อเปรียบเทียบค่า IC_{50}กับสารละลายมาตรฐานคือ วิตามินซีพบว่า ให้ค่า IC_{50} เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ดังนั้นค่า IC_{50} ของเปลือกสับปะรดแห้งซึ่งมีค่ามากกว่าสารละลายมาตรฐานอยู่มากจึงให้ผลในการยับยั้งอนุมูลอิสระที่น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามในเปลือกสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรรูปสับปะรดมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณมาก สามารถนำไปใช้โดยการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในเปลือกสับปะรดเพื่อนำไปผสมในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งนอกจากจะช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารแล้ว ยังสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบต่างๆ ของร่างกายผู้บริโภค ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และมะเร็งบางชนิดได้อีกด้วย

จากการศึกษาของสุดารัตน์ (2550) ถึงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ตทั้งในเปลือก แกน และเนื้อ ด้วยวิธี 2, 2- diphenyl- 1-picrylhydrazyl (DPPH) โดยใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร เทียบกับกับสารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิกพบว่า ในส่วนเปลือกของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงสุด เท่ากับ 19.90 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด ส่วนเนื้อ และแกนของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) มีค่าเท่ากับ 8.45 และ 5.46 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ ในขณะที่ในส่วนเปลือกของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงสุด เท่ากับ 42.35 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด รองลงมาคือ เนื้อ และแกน มีค่าเท่ากับ 13.09 และ 9.09 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างสด ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเนื้อเยื่อส่วนเดียวกันของสับปะรด 2 สายพันธุ์ พบว่าเปลือก แกน และเนื้อของสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมาจากพันธุ์ที่แตกต่างกัน มีผลให้มีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนและความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกัน (Wu และคณะ, 2004) โดยเปลือกสับปะรดมีความสามารถในการให้อิเล็กตรอนและสามารถต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงกว่าส่วนเนื้อ และแกนสับปะรดถึง 2-5 เท่า เช่นเดียวกับ Guo และคณะ (2003) ได้ศึกษาถึงความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันของส่วนเปลือกและเนื้อของสับปะรดโดยวิธี FRAP assay (Ferric reducing antioxidant power assay) พบว่า เปลือกสับปะรดมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน FRAP สูงกว่าเนื้อสับปะรด อาจเนื่องมาจากในส่วนเปลือกสับปะรดมีปริมาณสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าเนื้อสับปะรด เช่น สารประกอบฟีนอลิก และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น ทำให้เปลือกสับปะรดมีความสามารถในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันได้สูงกว่าเนื้อสับปะรด นอกจากนี้พงศธร (2551) ได้ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากเปลือกผลไม้ 8 ชนิด ได้แก่ มังคุด มะม่วง กล้วยหอม ทุเรียน ลองกอง มะละกอ ส้ม และสับปะรด โดยเปลือกผลไม้ที่ผ่านการเตรียมด้วยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่า มีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือ เปลือกมังคุดมีค่าเท่ากับ 762.8 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมาคือ เปลือกมะม่วง และเปลือกกล้วย มีค่าเท่ากับ 720.6 และ 261.8 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ส่วนในเปลือกผลไม้ที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบเส้นใยพบว่า เปลือกมะม่วงมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 804.8 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมาคือ เปลือกมังคุด มีค่าเท่ากับ 704.7 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง นอกจากนี้พบว่า ในเปลือกมะละกอมีคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระต่ำที่สุด ทั้งในตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งแบบแข็ง และตัวอย่างในรูปเส้นใย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.0 และ 10.7 มิลลิกรัมกรดแอสคอร์บิกต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ

4.5 การวิเคราะห์สารต้านโภชนะ

เปลือกสับปะรดเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ที่ในปัจจุบันส่วนใหญ่นำมาใช้เป็นอาหารแก่สัตว์ และใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างน้อย รวมถึงยังไม่มีการศึกษาถึงสารที่ก่อให้เกิดโทษแก่ร่างกาย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ศึกษาถึงกลุ่มของสารที่มีผลกระทบต่อการได้รับสารอาหารของร่างกายทั้งในคนและสัตว์ หรือที่เรียกว่า สารต้านโภชนะ ในเปลือกสับปะรดมีสารต้านโภชนะได้แก่ ไฟเตท สารประกอบฟีนอลิก และแทนนิน สารต้านโภชนะเป็นสารที่ขัดขวางการได้รับสารอาหารของร่างกาย ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารไม่เต็มที่ สารเหล่านี้จะมีผลชัดเจนเมื่อบริโภคเข้าไปจำนวนหนึ่ง บางชนิดอาจมีการสะสม ดังนั้นเมื่อบริโภคเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดโทษแก่ร่างกายได้

4.5.1 การวิเคราะห์ไฟเตท

หลักการวิเคราะห์โดยการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเฟอร์ริกอิออนและไทโอไซยาเนตอิออนได้เป็นเฟอร์ริกไทโอไซยาเนตคอมเพลกซ์ ($Fe(SCN)^{2+}$) ซึ่งเป็นสีแดงเลือดนก สามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยในปฏิกิริยาเกิดจากการเติมไฟเตทลงในสารละลายของเฟอร์ริกคลอไรด์จะเกิดตะกอนของเฟอร์ริกไฟเตท หลังจากนั้นหาปริมาณของเฟอร์ริกอิออนที่เหลือโดยเติมไทโอไซยาเนตอิออนลงไปจับ เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสี แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อเปรียบเทียบหาปริมาณจากกราฟมาตรฐาน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณไฟเตทในเปลือกสับปะรด

ตัวอย่าง	ปริมาณไฟเตท (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)
เปลือกสับปะรดสด	69.60±0.13
เปลือกสับปะรดแห้ง	57.30±0.07

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ปริมาณไฟเตทในเปลือกสับปะรดสดเท่ากับ 69.60 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเปลือกสับปะรดแห้งที่มีค่าเท่ากับ 57.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง โดยไฟเตทเป็นสารที่พบได้ในพืชโดยอยู่ในรูปของเกลือไฟเตท (Oberleas, 1973) หรือรวมกับโปรตีน (Anderson, 1985) ปกติไฟเตทที่จับอยู่กับไอออนของโลหะ เช่น แคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียม สังกะสี ทองแดง และเหล็ก ซึ่งจะอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำและไม่สามารถทำให้สารดังกล่าวสลายได้ ด้วยเหตุนี้เมื่อไฟเตทเข้าสู่ร่างกายจึงไปรบกวนการได้รับแร่ธาตุได้ (Maga, 1982) นอกจากนี้ไฟเตทยังสามารถจับกับโปรตีน ทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการย่อยอาหารลดลง ซึ่งจากการวิเคราะห์ปริมาณไฟเตทในเปลือกสับปะรดพบว่า มีอยู่ในปริมาณมาก หากต้องการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ควรลดปริมาณไฟเตทลงซึ่งสามารถกำจัดได้โดยการแช่ และการหุงต้ม (Reddy และคณะ, 1982)

สารไฟเตทเป็นสารที่พบในพืชทั่วไป ซึ่งจากการศึกษาของ Anhwange และคณะ (2009) ได้ศึกษาปริมาณไฟเตทในเปลือกกล้วย โดยการนำไปแช่ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำสารละลายที่กรองได้มาเติมแอมโมเนียมไทโอไซยาเนตเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานอิออน (III) คลอไรด์พบว่า ในเปลือกกล้วยมีปริมาณไฟเตท 28.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้มีปริมาณไฟเตทต่ำกว่าข้าวโพดและข้าวฟ่าง ซึ่งมีไฟเตทอยู่ในช่วง 146-353 และ 206-208 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ Oluremi และคณะ (2009) ได้ศึกษาปริมาณไฟเตทจากเปลือกพืชตระกูลส้มพบว่า เปลือกส้ม และเปลือกมะนาว มีปริมาณไฟเตทเท่ากับ 77.0 และ 62.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

4.5.2 การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกจะใช้ folin-ciocalteu reagent ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างโซเดียมทังสเตน (sodium tungsten) กับโซเดียมโมลิบเดต (sodium molybdate) ในการวิเคราะห์โดยสารประกอบฟีนอลิกจะไปรีดิวซ์โซเดียมโมลิบเดตได้เป็นสารประกอบที่มีสีน้ำเงิน นำไปวัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน pyrocatechol ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกสับปะรด

ตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)
เปลือกสับปะรดสด	56.71±0.16
เปลือกสับปะรดแห้ง	65.26±0.34

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเปลือกสับปะรดแห้งมีค่าเท่ากับ 65.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนในเปลือกสับปะรดสดมีค่าเท่ากับ 56.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน และมีอยู่หลายชนิด ในพืชมักมีสารเหล่านี้อยู่เป็นองค์ประกอบหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีผลต่อสิ่งมีชีวิตแตกต่างกัน ซึ่งอาจมีทั้งโครงสร้างที่มีคุณสมบัติที่ก่อให้เกิดโทษหรือบางโครงสร้างอาจเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นอาจดำเนินการศึกษาขั้นต่อไปถึงการหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในกลุ่มที่ก่อให้เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทษเพื่อจะได้กำจัดออก ก่อนการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้ในเปลือกและกากของเหลือจากผลไม้อื่นพบว่า มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดด้วยเช่นเดียวกัน จากการศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเสาวรสชนิดสีเหลืองและสีม่วงของณัชชา (2550) พบว่า ในส่วนกากเสาวรสสดพบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเป็นร้อยละ 0.64 และ 0.80 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากกว่าส่วนเปลือกเสาวรสสด ที่พบร้อยละ 0.08 และ 0.09 สำหรับเสาวรสชนิดสีเหลืองและสีม่วงตามลำดับ ส่วนในกากเสาวรสแห้งพบว่า มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกถึงร้อยละ 1.28 และ 1.08 ตามลำดับ และในเปลือกเสาวรสแห้งพบร้อยละ 0.44 และ 0.61 สำหรับเสาวรสชนิดสีเหลืองและสีม่วง ตามลำดับ นอกจากนี้ Maria และคณะ (2003) ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอกลิกทั้งหมดในเปลือก และกากของแอปเปิ้ลและลูกแพร์ โดยการทำปฏิกิริยากับ folin-ciocalteu reagent และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร และใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐานพบว่า ในเปลือกและกากแอปเปิ้ลมีประมาณสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 107.4 และ 61.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนในเปลือกและกากลูกแพร์ พบสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 65.0 และ 13.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

4.5.3 การวิเคราะห์แทนนิน

การวิเคราะห์แทนนินจะใช้วิธีเดียวกับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกคือ folin-ciocalteu reagent ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร แล้วหาปริมาณแทนนินเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8

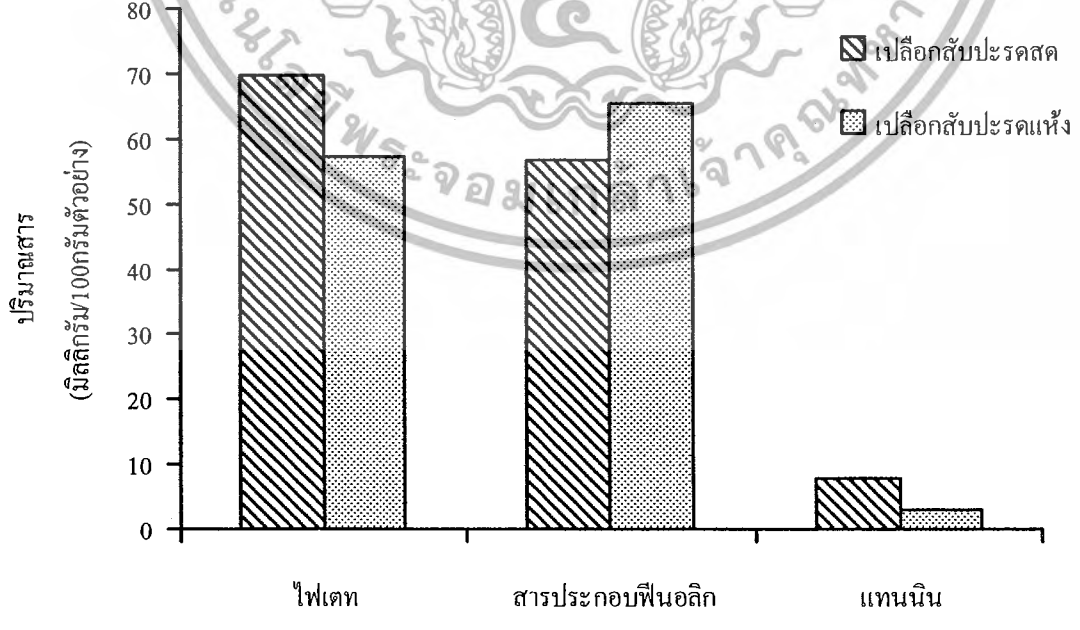
ตารางที่ 4.8 ปริมาณแทนนินในเปลือกสับปะรด

ตัวอย่าง	ปริมาณสารแทนนิน (มิลลิกรัม/100 กรัมตัวอย่าง)
เปลือกสับปะรดสด	7.80±0.11
เปลือกสับปะรดแห้ง	2.87±0.03

จากตารางที่ 4.8 พบว่า เปลือกสับปะรดสดพบปริมาณแทนนินเท่ากับ 7.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าเปลือกสับปะรดแห้งที่มีปริมาณแทนนินเท่ากับ 2.87 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เนื่องจากแทนนินเป็นสารที่สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีนในระบบทางเดินอาหารของคนและสัตว์ได้ (Jambunathan และ Singh, 1981) และรบกวนการได้รับสารอาหารประเภทโปรตีน โดยจะรวมตัวกับโปรตีนได้เป็นสารประกอบในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Laurena และคณะ, 1984; Carnovale และคณะ, 1991) นอกจากนี้การที่แทนนินมีรสขม และฝาดอาจทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยที่เลือกใช้พืชที่มีปริมาณแทนนินมาก มีรสขมและฝาดด้วย ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค แต่จากการศึกษาในเปลือกสับปะรดพบว่า มีปริมาณแทนนินน้อยกว่าพืชชนิดอื่น จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำเปลือกสับปะรดมาประยุกต์ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมอาหาร อย่างไรก็ตามหากพบแทนนินในปริมาณสูง สามารถกำจัดได้โดยการแช่ หรือการหุงต้ม (Singh, 1988) จากการศึกษาสารแทนนินของวิภา และคณะ (2537) ได้วิเคราะห์ปริมาณแทนนินจากเปลือกกล้วยพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ที่มีระยะเวลาในการสุกแตกต่างกันคือ ดิบ ห่าม และสุก พบว่า พันธุ์กล้วยและระยะเวลาในการสุกมีผลต่อปริมาณแทนนิน โดยในเปลือกกล้วยหอมทองดิบมีปริมาณแทนนินสูงสุดคือ 58.0 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง รองลงมาคือ เปลือกกล้วยหอมทองห่าม และเปลือกกล้วยหอมทองสุก ซึ่งมีปริมาณแทนนินเท่ากับ 54.0 และ 26.4 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ ในเปลือกกล้วยน้ำว้าดิบมีปริมาณแทนนินสูงกว่าเปลือกกล้วยน้ำว้าห่าม และเปลือกกล้วยน้ำว้าสุก ซึ่งมีปริมาณแทนนิน เท่ากับ 49.0, 40.0 และ 37.9 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับในเปลือกกล้วยไข่ดิบจะพบปริมาณแทนนินมากกว่าเปลือกกล้วยไข่ห่าม และเปลือกกล้วยไข่ดิบ ซึ่งมีปริมาณแทนนินเท่ากับ 35.6 , 13.0 และ 11.3 มิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่างแห้ง ตามลำดับ และจากการศึกษาของณัชชา (2550) ได้หาปริมาณแทนนินจากเปลือกและกากเสาวรสพบว่า ในกากเสาวรสสดมีปริมาณแทนนินมากที่สุดคือ 590 และ 630 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในกากเสาวรสชนิดสีเหลืองและชนิดสีม่วง ตามลำดับ ในขณะที่เปลือกเสาวรสสดมีปริมาณแทนนินเท่ากับ 80 และ 280 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ในเปลือกเสาวรสชนิดสีเหลืองและชนิดสีม่วง ตามลำดับ เช่นเดียวกับเสาวรสแห้งที่พบปริมาณแทนนินในกากมากกว่าในเปลือก และพบในปริมาณที่สูงกว่าเสาวรสสดมาก นอกจากนี้ Oluremi และคณะ (2009) ได้หาปริมาณแทนนินในเปลือกพืชตระกูลส้มพบว่า ในเปลือกส้ม และเปลือกมะนาว มีปริมาณแทนนินเท่ากับ 463 และ 433 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณไฟเตท สารประกอบฟีนอลิก และแทนนินในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณไฟเตท สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแทนนิน ในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง โดยปริมาณไฟเตท และสารประกอบฟีนอลิกมีปริมาณมากและใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณแทนนินพบในปริมาณที่น้อยกว่าสารตัวอื่น ดังนั้นในการนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารจึงต้องทำการกำจัดสารต้านอนุมูลอิสระออกก่อน โดยเฉพาะไฟเตทซึ่งการกำจัดสารต้านโภชนะกลุ่มนี้สามารถกำจัดได้ด้วยการแช่และการหุงต้มโดยผ่านความร้อนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะ และสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง

จากการวิเคราะห์เปลือกสับปะรดเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยได้ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะ และสารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดสดและแห้งพบว่า เปลือกสับปะรดสดมีความชื้นมากที่สุดถึงร้อยละ 84.93 รองลงมาคือ คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ13.85 ส่วนเปลือกสับปะรดแห้งพบปริมาณของคาร์โบไฮเดรตสูงสุดถึงร้อยละ 91.25 รองมาคือ ปริมาณเส้นใยและความชื้น พบร้อยละ 10.44 และ 10.06 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณสูงกว่าเปลือกสับปะรดสด โดยพบว่า เปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณเถ้าร้อยละ 3.82 ส่วนเปลือกสับปะรดสดพบร้อยละ 0.73 ปริมาณไขมันพบในปริมาณน้อยและใกล้เคียงกัน โดยปริมาณไขมันในเปลือกสับปะรดสดพบร้อยละ 0.28 และเปลือกสับปะรดแห้งพบร้อยละ 0.62 ปริมาณโปรตีนในเปลือกสับปะรดแห้งพบร้อยละ 4.69 ส่วนเปลือกสับปะรดสดพบร้อยละ 0.28 และปริมาณของเส้นใยในเปลือกสับปะรดแห้งมีร้อยละ 10.44 ในเปลือกสับปะรดสดพบร้อยละ 0.84

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดในเปลือกสับปะรดสดมีอยู่ร้อยละ 7.46 และเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณร้อยละ 82.88 โดยพบว่า เปลือกสับปะรดทั้งสองชนิดพบปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในปริมาณสูงกว่าเส้นใยอาหารละลายน้ำ โดยปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในเปลือกสับปะรดสดและแห้งพบร้อยละ 7.42 และ 82.49 ตามลำดับ ในขณะที่เส้นใยอาหารละลายน้ำในเปลือกสับปะรดสดและแห้งพบร้อยละ 0.035 และ 0.39 ตามลำดับ เมื่อศึกษาถึงปริมาณเส้นใยอาหารย่อยในเปลือกสับปะรด ได้แก่ เพคติน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน พบว่าเปลือกสับปะรดแห้งพบลิกนินมากที่สุด โดยพบร้อยละ 39.56 รองลงมาคือ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส พบร้อยละ 33.11 และ 12.79 ตามลำดับ เช่นเดียวกับในเปลือกสับปะรดสดพบปริมาณลิกนินมากที่สุด โดยพบร้อยละ 3.56 รองลงมาคือ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส พบร้อยละ 2.98 และ 1.15 ตามลำดับ โดยทั้งในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง พบปริมาณเพคตินน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 0.26 และ 2.92 ตามลำดับ

การวิเคราะห์สารโภชนะในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง ได้แก่ เบต้า-แคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี และสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า ในเปลือกสับปะรดสดและแห้งพบวิตามินซีมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 3.53 และ 4.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้พบเบต้า-แคโรทีนมีปริมาณเท่ากับ 0.58 และ 0.63 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ นอกจากนี้ในเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สับปะรดสดและแห้งพบวิตามินอีในปริมาณน้อยและเมื่อศึกษาคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดจากเปลือกสับปะรดสดมีค่า IC_{50} เท่ากับ 56.30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และในเปลือกสับปะรดแห้งมีค่า IC_{50} เท่ากับ 9.22 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

นอกจากนี้การวิเคราะห์สารต้านโภชนะในเปลือกสับปะรดสดและแห้ง ได้แก่ ไฟเตท สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแทนนินพบว่า ในเปลือกสับปะรดสดและแห้งพบปริมาณไฟเตทและสารประกอบฟีนอลิกใกล้เคียงกัน โดยพบปริมาณไฟเตทเท่ากับ 69.60 และ 57.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และพบสารประกอบฟีนอลิกเท่ากับ 56.71 และ 56.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนแทนนินพบในปริมาณที่น้อยกว่าสารชนิดอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 7.80 และ 2.87 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

5.2 สรุปความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดมาใช้ประโยชน์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น สารโภชนะ และสารต้านโภชนะพบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยสามารถนำเปลือกสับปะรดไปทำผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใยได้ เนื่องจากพบว่า มีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดในปริมาณสูง โดยเฉพาะเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ดังนั้นในการนำเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำที่พบเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเส้นใยอาหารทั้งหมดมาใช้ จะเลือกนำเปลือกสับปะรดแห้งมาใช้ประโยชน์ ซึ่งนอกจากจะพบปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในปริมาณสูงแล้ว เปลือกสับปะรดแห้งยังง่ายต่อการเก็บรักษา ไม่เปลืองพื้นที่ในการเก็บ และเกิดการเน่าเสียได้ยากเพราะ มีการกำจัดน้ำออกไป ดังนั้นเปลือกสับปะรดแห้งจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สะดวกกว่าเปลือกสับปะรดสด ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีเส้นใยอาหารเป็นองค์ประกอบ จะมีส่วนช่วยในระบบขับถ่ายให้ทำงานได้ดี ป้องกันอาการท้องผูก ลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด และลดการอุดตันของหลอดเลือดหัวใจได้ อีกทั้งเพคตินที่พบอยู่ในกลุ่มของเส้นใยอาหารละลายน้ำ มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดีจึงทำให้รู้สึกอิ่มเมื่อบริโภค จึงเหมาะสำหรับนำไปผสมในผลิตภัณฑ์อาหารลดความอ้วนได้ แม้ว่าในเปลือกสับปะรดจะพบสารต้านโภชนะบ้าง แต่ปริมาณสารดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก และสามารถกำจัดได้ง่ายโดยใช้ความร้อน ดังนั้นกระบวนการแปรรูปอาหารจากเปลือกสับปะรดโดยใช้ความร้อนจึงสามารถลดปริมาณสารต้านโภชนะลงได้ อย่างไรก็ตามสารต้านโภชนะบางชนิดหากได้รับในปริมาณที่เหมาะสมจะมีประโยชน์ด้วยเช่นเดียวกัน เช่น ไฟเตท แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิก จะแสดงคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโทษต่างๆ นอกจากนี้ในเปลือกสับปะรดยังพบปริมาณเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี และวิตามินอี ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย และช่วยให้การทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกายดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษานี้สามารถประเมินความเป็นไปได้ในการนำเปลือกสับปะรดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสำหรับบริโภคได้ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเสริมสุขภาพได้ และนอกจากนี้ในองค์ประกอบของเปลือกสับปะรดยังพบว่ามีปริมาณของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตอยู่สูง จึงสามารถนำเปลือกสับปะรดไปเตรียมเป็นสับสเตรทสำหรับจุลินทรีย์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงต่อไปได้ ทั้งนี้เป็นการเพิ่มคุณค่าการใช้ประโยชน์จากเปลือกสับปะรด และช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการไม่สามารถใช้ประโยชน์จากของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสับปะรดได้เท่าที่ควรอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กนกอร เกริกเกียรติกำจร และอรณิชา พัฒนะกุลพงศ์. 2550. การศึกษากระบวนการสกัดใยอาหารจากกากสับปะรด.โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรมปศุสัตว์. 2524. ผลการวิเคราะห์อาหารสัตว์ของกองอาหารสัตว์. เอกสารทางวิชาการกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์.

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2547. การใช้เศษเหลือและผลพลอยได้จากกากสับปะรดเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. 562-581.

จุฑามาศ สิทธิวงศ์. 2542. การประเมินค่าการย่อยสลายของเปลือกเสาวรสหมักในกระเพาะรูเมนของโคนมโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน. โครงงานพิเศษปริญญาโท ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชูศักดิ์ แสงสินธุ์. 2532. คุณค่าทางอาหารและการใช้เปลือกเสาวรสเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. โครงงานพิเศษปริญญาโท ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฐานข้อมูลสับปะรด. 2551. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://ait.nisit.kps.ku.ac.th/dbeconomic fieldcrop/use/usepineapple.htm#5.

ณัชชา บุญปลื้ม. 2550. การประเมินคุณค่าทางโภชนาการและสารต้านโภชนะในวัสดุเหลือทิ้งจากการทำน้ำเสาวรส. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธงชัย เนมขุนทด. 2530. การปลูกสับปะรด. กรุงเทพฯ: เรืองแสงการพิมพ์.

นิธิมา อรรถวานิช. 2545. ใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานและการประยุกต์. วารสารอาหาร, 33 , 45-55.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2539. เคมีอาหาร. เชียงใหม่: คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิรนาม. 2551ก. การตรวจสอบปริมาณเพคตินในพืชสดและน้ำหมักชีวภาพ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/CPIC/น้ำหมักชีวภาพ/ผลการวิจัยเรื่องที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณเพคติน.pdf.

นิรนาม. 2551ข. การหาปริมาณเส้นใยอาหาร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.sithiporn.co.th/Newweb/newsletter/21-4-2005-1114054690.doc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2527. โภชนาศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรารถนา พฤกษะศรี. 2529. การใช้เปลือกสับปะรดเลี้ยงวัว. จุลสารโคกระบือ, 9 , 28-32.

ปิยอนงค์ ไพรระหง. 2545. การพัฒนาบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหาร.โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา, มหาวิทยาลัยมหิดล

พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ ราชตนะพันธุ์ และศศิธร จันทนวรางกูร. 2551. สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ, 554-561.

พัชรา เกษรจำหา. 2543. การวิเคราะห์ปริมาณแทนนินในเปลือกมังคุดและเปลือกต้นแค. ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

พิชญาภรณ์ พุ่มไพศาลชัย. 2542. การเสริมใยอาหารจากกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์เค้กเนย. โครงงานพิเศษภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิสุทธิ์ เนียมทรัพย์, อนุชา ศิริ, ปราโมช ศีตะโกเศศ, สมปอง สรวมศิริ และกริสน์ เสือภู่. 2534. การใช้เปลือกผลเสาวรสหมักเป็นอาหารเสริมฟางข้างในโคเนื้อ. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, 8 , 34-43.

มนตรี กล้าขาย และสมคิด บุญรอด. 2535. สับปะรด. ฝ่ายส่งเสริมและพัฒนาการผลิต สำนักส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันออก จังหวัดระยอง.

รพีพร สุทาธรรม. 2549. ตลาดสับปะรดผลสด. วารสารสถาบันอาหาร, 8, 20-25.

วิทยา ไชยยาติ๊บ. 2544. การสกัดและการศึกษาสมบัติบางประการของเพคตินจากเปลือกผลไม้. เชียงใหม่ : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่.

ศิวาพร ศิวเวชช และณัฏฐินี ใจสอาด. 2546. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากเปลือกมันฝรั่ง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร, กรุงเทพฯ. 12-19.

สถาบันอาหาร. 2551. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nfi.or.th.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2547. สถิติการเกษตรของไทยประจำปี 2547. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/statistic/yearbook47.

สิริภัค สระตันต์. 2542. ปฏิบัติการชีวเคมีเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดารัตน์ ตัญเจริญสุขจิต และศศิธร จันทนวรางกูร. 2550. ความสามารถในการต้านออกซิเดชันของเปลือก แกน และเนื้อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียและพันธุ์ภูเก็ต. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ, 656-663.

อรุณี ตรีศิริโรจน์, กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ และอาภัสรา แสงนาค. 2541. การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งเส้นใยอาหารที่ใช้ในข้าวเกรียบกุ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 6 (2). 29-36.

อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป. 2551. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.thaifta.com/thaifta/Portals/0/File/vol3Ch_1_Can.doc(3).

Agte V., Jahagirdar M. and Chiplonkar S. 2005. Apparent absorption of eight micronutrients and phytic acid from vegetarian meals in ileostomized human volunteers. *Nutrition*, 21, 678-685.

Ajila C.M., Bhat S.G. and Prasada Rao U.T.S. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chem.*, 102, 1006-1011.

Anderson P. A. 1985. Interaction between proteins and constituents that affect protein quality. In J. W. Finley and D. T. Hopkins (Eds.), Digesttibility and amino acid availability in cereals and oilseeds, 31-46.

Anhwage B.A., Ugye T.J. and Nyiaatagher T.D. 2009. Chemical composition of *Musa Sapientum* (Banana) peels. *EJEAFChe.* 8, 437-442.

AOAC. 1990. Official methods of analyses. Association of Official Analytical Chemists: Washington : DC.

Chanwitheesuk A., Teerawutgulrag A. and Rakariyatham N. 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. *Food Chem.*, 92, 491-497.

Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 13, 297-335.

Charoensiri R., Kongkachuichai R., Suknicom S. and Sungpuag P. 2009. Beta-carotene, lycopene, and alpha-tocopherol contents of selected Thai fruits. *Food Chem.*, 113, 202-207.

Claye S. S., Ahmed I. and Charles W. W. 1996. Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. *Food Chem.*, 57, 305-310.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contreras-Guzman E. and Strong, C.F. 1982. Determination of total tocopherols in grain products, and commercial oils, with only slight saponification, and by a new reaction with cupric ion. *J. Agr. Food Chem.*, 30, 1109-1112.

Emaga T. H., Christelle R., Sebastien N. R., Bernard W. and Michel P. 2007. Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. *Bioresource Technol.*, 99, 4346–4354.

Francis G., Makkar H. P. S. and Becker K. 2001. Antinutritional factors present in plant derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, 197 – 227.

Garau M. C., Susana S., Carmen R. and Antoni F. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* V. Canoneta) by-products. *Food Chem.*, 104, 1014–1024.

Geetha N. 2551. Iodimetric Titration of Vitamin C. [Online]. Available: http://daphne. palomar.edu/ngeetha/210%20Stuff/Iodimetric%20Titration%20of%20Vitamin%20C. htm.

Gorinstein S., Olga M-B., Yong-Seo P., Ratiporn H., Antonin L., Milan C., Abraham C., Imanuel L. and Simon T. 2001. Comparison of some biochemical characteristics of different citrus Fruits. *Food Chem.*, 74, 309-315.

Grigelmo-Miguel N. and Olga M-B. 1999. Comparison of dietary fiber from by products of processing fruits and greens and from cereals. *Lebensm.Wiss. u.Technol.*, 32, 503-508.

Goni I., Torre M. and Saura-Calixto F. 1989. Determination of dietary fiber in cider wastes. comparison of methods. *Food Chem.*, 33, 151-159.

Guo C.J., Yang J., Wei J., Li Y., Xu J. and Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peels, pulpsand seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *J. Nutr. Res.*, 23, 1719 - 1726.

Idris A. and Suzana W. 2006. Effect of sodium alginate concentration, bead diameter, initial pH and temperature on lactic acid production from pineapple waste using immobilized *Lactobacillus delbrueckii. Process Biochem.*, 41, 1117-1123.

Kumar D., Jain V. K., and Shanker S. A. 2003. Utilisation of fruit waste for citric acid production by solid state fermentation. *Process Biochem.*, 38, 1725-1729.

Maga J. A. 1982. Phytate its chemistry, nutritional significance and methods of analysis. *J. Agr. Food Chem.*, 30, 1-9.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Makkar H. P. S. 1993. Antinutritional factors in foods for livestock. In M. Gill, E. Owen, G.E. Pollot and T.L.J Lawarence (Eds.), Animal Production in developing countries. 16. British Society of animal production : Occasional publication.

Moehammad A. W. and Purwiyatno H. 2551.Technical aspects of food fortification. [Online]. Available : http://www.unu.edu/unupress/food/v192e/ch03.htm.

Muller Z.O. 1974. Feasibility studies on the utilization of pineapple wastes. Singapore : Mimeographed report.

Muller Z.O. 1978. Feeding protential of pineapple waste for cattle. *World animal Review*, 25, 25.

Nigam J.N. 1999. Continuous ethanol production from pineapple cannery waste. *J. Biotechnol.*,72, 197-202.

Oberleas D. 1973. *Phytates: toxicants occurring naturally in foods*. Washington, DC., National Academy of Science.

Oluremi O. I. A, Ngi J. and Andrew I.A. 2007. Phytonutrients in citrus fruit peel meal and nutritional implication for livestock production. Livestock Research for Rural Development, 19.

Perez C.B. and Hsu C.T. 1973. Farm by-products and beef production. *Fd. Fert. Tech. Cent. Ext. Bull.* 32.

Prosky L., Asp N. G., Schweizer T. F., De Vries J. W. and Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in food products : interlaboratory study. *AOAC.*, 71, 1017-1023.

Raboy V. 2001. Seeds for a better future: low phytate grains help to overcome malnutrition and reduce pollution. *Trends Plant Sci.*, 6, 62-458.

Reddy N.R., Pierson M.D., Sathe S.K. and Salunkhe D.K. 1989. Phytates in cereals and legumes. Boca Raton, FL: CRC.

Rosli H.G., Civello P.M. and Martinez G.A. 2004. Changes in cell wall composition of three *Fragaria* x *Ananassa* cultivars with different softening rate during ripening. *Plant Phys. Biochem.*, 42, 823-831.

Rumsey G.L., Hughes S.G. and Winfree R.A. 1993. Chemical and nutritional evaluation of soy protein preparations as primary nitrogen sources of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss). J. Anim. Feed Sci. Technol.*, 40, 135-151.

Suntornsuk L., Gritsanapun W., Nilkamhank S. and Paochom A. 2002. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 28, 849-855.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tanaka K., Hilary D. Z. and Ishizaki A. 1999. Investigation of the utility of pineapple juice and pineapple waste material as low-cost substrate for ethanol fermentation by *Zymomonas mobilis*. *J. Biosci. Bioeng.*, 87, 642-646.

The United States food and drug administration's reference values for nutrition labeling. 2009. [Online]. Available: www.WHFoods Pineapple.html.

Valeria N., Nelson R. G. and Guzman C.A. 2002. Extraction of antioxidant components from peanut skins. *Grasasy Aceites*, 391, 391-395.

Van der Peol A.F.B. 1989. Effects of processing on antinutritional factors (ANF) and nutrirional value of legume seeds for non-ruminant feeding. In Huisman J., Van der Peol A.F.B., Liener I.E. (Eds.), Recent advances of research in antinutritional factors in legumeseeds. Wageningen: Pudoc., 213-219.

Wang C.H., Lin P.J. and Chang J.S. 2006. Fermentative conversion of sucrose and pineapple waste into hydrogen gas in phosphate-buffered culture seeded with municipal sewage. *Process Biochem.*, 41, 1353-1358.

Wirongrorng T. 2008. Isolation of hemicellulose from raw papaya fruit (*Carica papaya*) and determination of its constituent sugars. Chaingmai University.

Wu X., Beecher G. R., Holden J. M., Haytowitz D. B., Gebhardt S. E. and Prior R. L. 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agr. Food Chem.*, 52, 4026-4037.

Xu F., Sun R. C., Sun J. X., Lu C.F., He B. H. and Fan J. S. 2005. Determination of cell wall ferulic and *p*-coumaric acids in sugarcane bagasse. *Anal. Chimi. Acta.*, 552, 207-217.

Yen G.C. and Hsieh G.L. 1997. Antioxidant effects on dopamine and related compounds. *Biosci. Biotech. Bioch.* , 61, 1646-1649.

Young L. 1935. The determination of phytic acid. Biochemical society meeting March 15th. University College : London.

Zoe S. 2551. Vitamin E. [Online]. Available: http://www.chm.bris.ac.uk/webprojects2002 /schnepp/vitamine.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

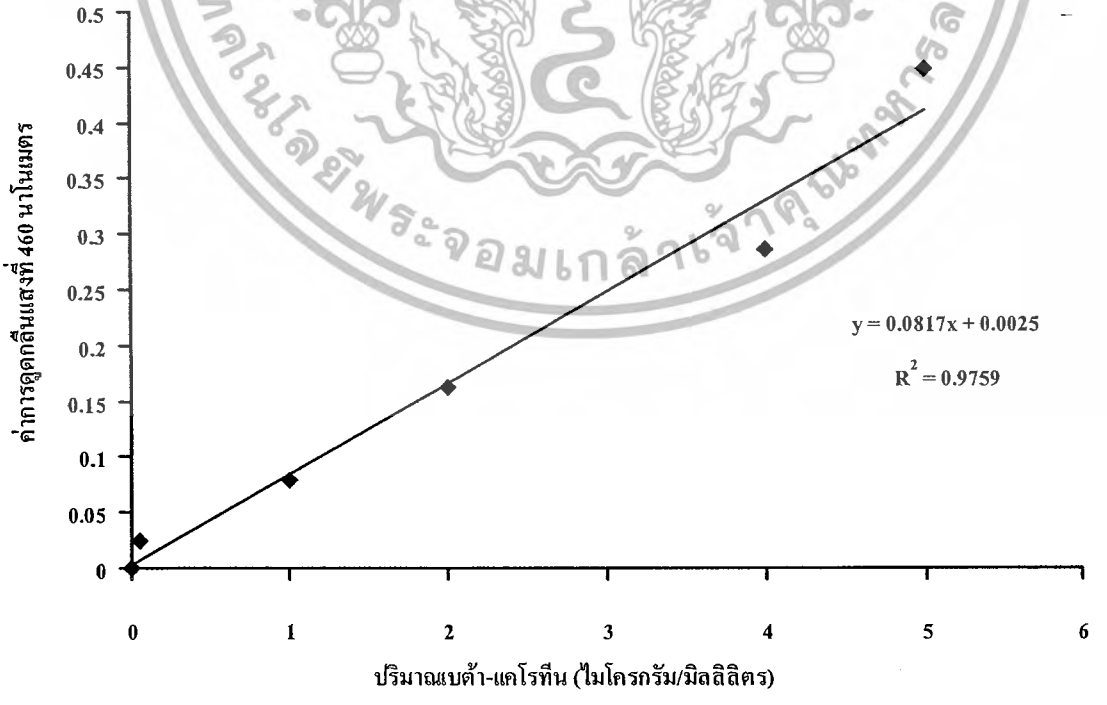
ภาคผนวก ก

1. การวิเคราะห์เบต้า-แคโรทีน

1.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเบต้า-แคโรทีนความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร

ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 460 นาโนเมตร			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.024	0.025	0.022	0.024
1.00	0.085	0.078	0.074	0.079
2.00	0.180	0.160	0.162	0.163
4.00	0.287	0.284	0.288	0.286
5.00	0.461	0.423	0.461	0.448

1.2 กราฟมาตรฐานสารละลายเบต้า-แคโรทีน



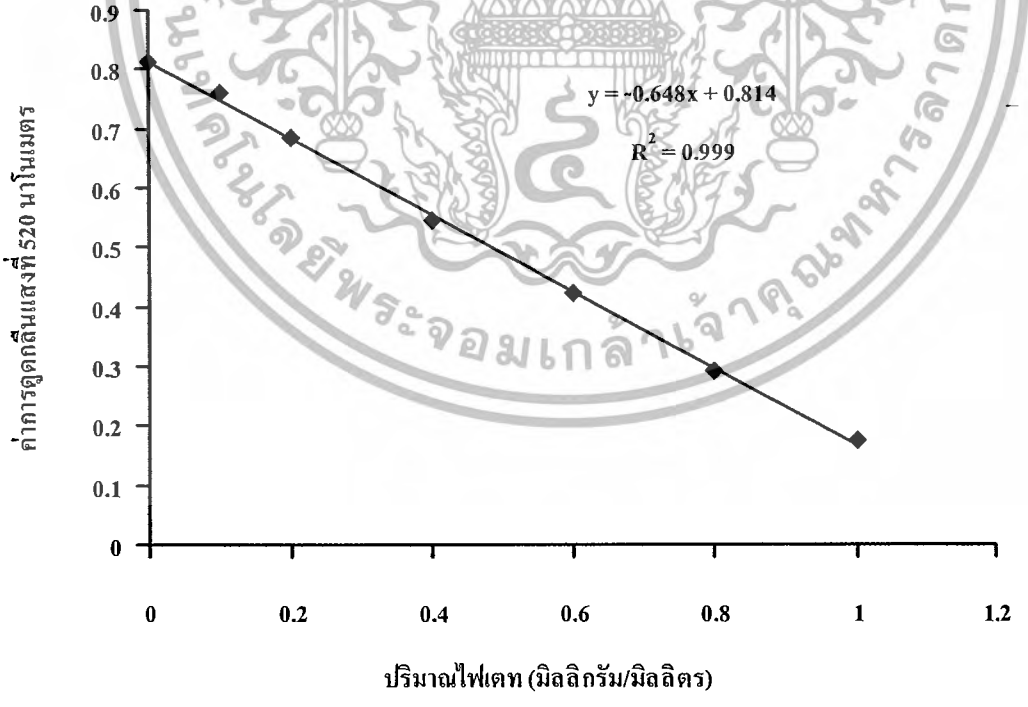
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ไฟเตท

2.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฟเตทความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0.0	0.811	0.82	0.805	0.812
0.1	0.761	0.756	0.764	0.760
0.2	0.68	0.697	0.679	0.685
0.4	0.536	0.554	0.545	0.545
0.6	0.415	0.426	0.424	0.422
0.8	0.286	0.295	0.29	0.290
1.0	0.168	0.179	0.178	0.175

2.2 กราฟมาตรฐานสารละลายโซเดียมไฟเตท



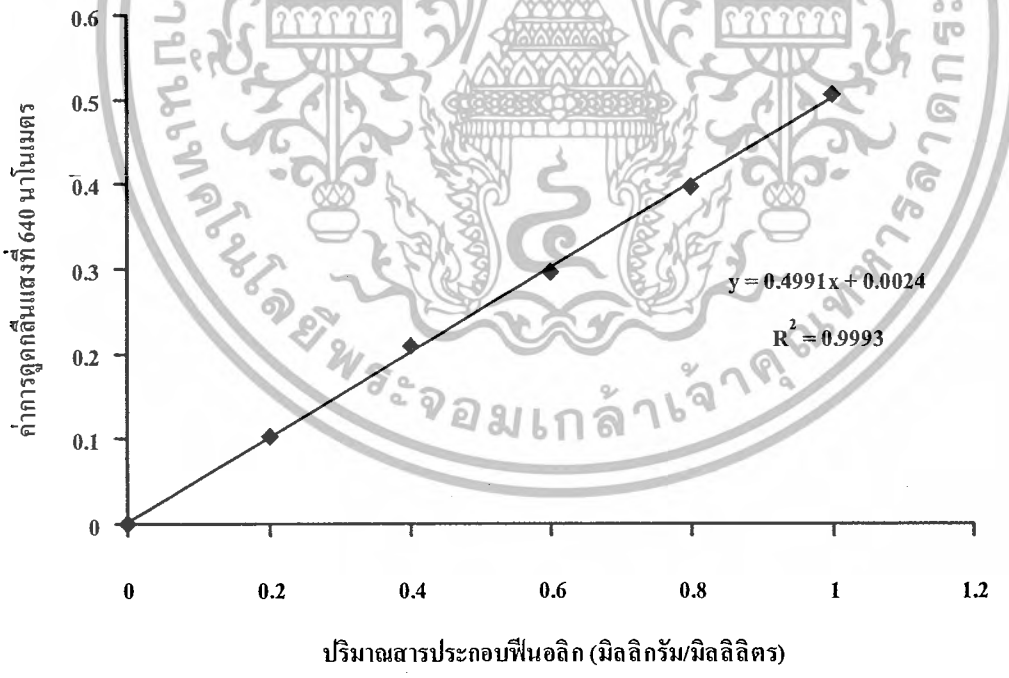
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก

3.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน pyrocatechol ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 640 นาโนเมตร			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.2	0.101	0.104	0.104	0.103
0.4	0.210	0.211	0.210	0.210
0.6	0.297	0.296	0.298	0.297
0.8	0.395	0.397	0.398	0.397
1.0	0.496	0.506	0.514	0.505

3.2 กราฟมาตรฐานสารละลาย pyrocatechol



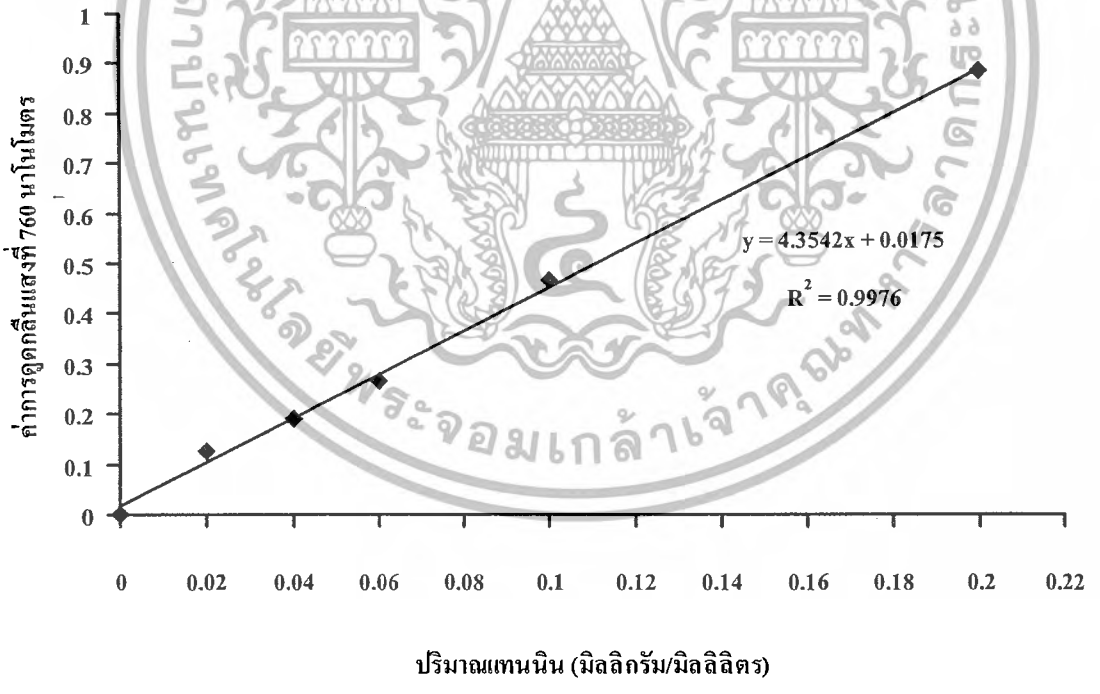
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์แทนนิน

4.1 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานแทนนินความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร

ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 นาโนเมตร			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.02	0.130	0.121	0.131	0.127
0.04	0.180	0.190	0.200	0.190
0.06	0.261	0.261	0.281	0.267
0.10	0.460	0.471	0.470	0.467
0.20	0.870	0.880	0.901	0.883

4.2 กราฟมาตรฐานสารละลายแทนนิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณเส้นใยหยาบ

มีปริมาณร้อยละของเส้นใยไม่หยาบในเปลือกสับปะรดแห้งเท่ากับ 9.39

มีปริมาณร้อยละของความชื้นในเปลือกสับปะรดสดที่ทำแห้งเท่ากับ 91.91

มีปริมาณร้อยละของความชื้นในเปลือกสับปะรดแห้งในตู้อบเท่ากับ 10.06

โดยค่าทั้งหมดได้ทำการทดลองจากตัวอย่างเปลือกสับปะรดปริมาณ 100 กรัม

เปลือกสับปะรด = ส่วนเนื้อวัตถุดิบ + ส่วนที่เป็นน้ำ

จากข้อมูลข้างต้นได้ว่า

เปลือกสับปะรดแห้ง 100 กรัม มีความชื้นเหลืออยู่ 10.06 กรัม

ดังนั้นจะมีเนื้อวัตถุดิบอยู่ 100 – 10.06 = 89.94 กรัม

เมื่อทำการทดลองหาปริมาณเส้นใยต่อจากตัวอย่างเปลือกสับปะรดที่ไม่มีความชื้น จะได้ว่า

จากเนื้อวัตถุดิบ 89.94 กรัม พบปริมาณเส้นใยอยู่ 9.39 กรัม

ถ้ามีเนื้อวัตถุดิบ 100 กรัม จะมีปริมาณเส้นใย (100 x 9.39)/89.94 = 10.44 กรัม

ในตัวอย่างเปลือกสับปะรดสด 100 กรัม มีความชื้นอยู่ 91.91 กรัม

ดังนั้นจะเหลือเนื้อวัตถุดิบอยู่ 100 – 91.91 = 8.09 กรัม

จะได้ว่าในเนื้อวัตถุดิบแห้ง 100 กรัม มีปริมาณเส้นใย 10.44 กรัม

ถ้าเนื้อวัตถุดิบแห้ง 8.09 กรัม มีปริมาณเส้นใย (8.09x10.44)/100 = 0.84 กรัม

ดังนั้นสรุปได้ว่าได้ว่าในเนื้อวัตถุดิบสด 100 กรัม มีปริมาณเส้นใย 0.84 กรัม

และในเนื้อวัตถุดิบแห้ง 100 กรัม มีปริมาณเส้นใย 10.44 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การคำนวณหาปริมาณเบต้า-แคโรทีน

มีปริมาณร้อยละของเบต้า-แคโรทีนในเปลือกสับปะรดสดเท่ากับ 0.58

มีปริมาณร้อยละของความชื้นในเปลือกสับปะรดสดที่ทำแห้งเท่ากับ 91.91

มีปริมาณร้อยละของความชื้นในเปลือกสับปะรดแห้งในตู้อบเท่ากับ 10.06

โดยค่าทั้งหมดได้ทำการทดลองจากตัวอย่างเปลือกสับปะรดปริมาณ 100 กรัม

จากข้อมูลข้างต้นได้ว่า

จากเปลือกสับปะรดสด 100 กรัม มีความชื้นอยู่ 91.91 กรัม

ถ้าที่เปลือกสับปะรดมีความชื้นเป็นศูนย์ จะมีเนื้อวัตถุดิบอยู่ 100 – 91.91 = 8.09 กรัม

เนื่องจากในเปลือกสับปะรดสดมีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าเปลือกสับปะรดแห้ง ในการคำนวณจึงต้องเปรียบเทียบเปลือกสับปะรดสดให้มีปริมาณความชื้นเท่ากับเปลือกสับปะรดแห้งซึ่งมีเท่ากับ 10.06 กรัม โดยจะได้ว่าเปลือกสับปะรดสดมีเนื้อวัตถุดิบและความชื้นที่เท่ากับเปลือกสับปะรดแห้ง 8.09 + 10.06 = 18.15 กรัม

แสดงว่าในเปลือกสับปะรดสด 18.15 กรัม มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน 0.58 กรัม

ดังนั้น ในเปลือกสับปะรดสด 100 กรัม มีปริมาณเบต้า-แคโรทีน $\frac{0.58 \times 100}{18.15}$

= 3.20 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้