สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การผลิตเส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด

Production of a high valuable dietary fiber from by-products of processing pineapple

ดร.จิดาภา ทิน้อย

ผศ.ดร.มาริสา จาตุพรพิพัฒน์

รศ.อารี ฤทธิบูรณ์

RCH
TX
553
.F53
ง3911

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 116859
วัน,เดือน,ปี 16 ส.ค. 2554

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2551

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b.1232938
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานวิจัย	การผลิตเส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด Production of a high valuable dietary fiber from by-products of processing pineapple
ทุนอุดหนุนการวิจัยจาก	จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ทุนงบประมาณ ประจำปี 2551 จำนวนเงิน 200,000.00 บาท (สองแสนบาทถ้วน)
ระยะเวลาทำการวิจัย	1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2551 ถึง ธันวาคม 2552
หัวหน้าโครงการ	ดร. จิดาภา ทิน้อย สัดส่วนงานวิจัย 50%
หน่วยงานต้นสังกัด	สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520 โทรศัพท์ 0-2326-4339-51 ต่อ 640 โทรสาร 0-2326-4414 e-mail: ktjidaph@kmitl.ac.th
ผู้ร่วมวิจัย	ผศ. ดร. มาริสา จาตุพรพิพัฒน์ สัดส่วนงานวิจัย 30%
หน่วยงานต้นสังกัด	สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520 โทรศัพท์ 0-2737-3000 ต่อ 6225 โทรสาร 0-2326-4414 e-mail: kjmarisa@kmitl.ac.th
ผู้ร่วมวิจัย	ผศ. อารี ฤทธิบูรณ์ สัดส่วนงานวิจัย 20%
หน่วยงานต้นสังกัด	สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 3 หมู่ 2 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพ 10520 โทรศัพท์ 0-2326-4339-51 ต่อ 338 โทรสาร 0-2326-4414 e-mail: areerit@yahoo.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ในการผลิตเส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดโดยมุ่งเน้นในส่วนกากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรด จากการวิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยพบว่ามีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 10.44 - 18.41 จากนั้นได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและกำจัดโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส และได้หาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยพบปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำร้อยละ 54.27, 54.40 และ 53.34 เมื่อแยกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด ตามลำดับ และจากนั้นได้ทำบริสุทธิ์สารละลายเส้นใยอาหารละลายน้ำที่แยกได้ ด้วยการกำจัดเกลือและสีด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูงและเรซินแลกเปลี่ยนประจุที่มีความเป็นเบสอ่อน จากนั้นย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสและกำจัดสีด้วยผงถ่านกัมมันต์ พบว่าสามารถทำให้สารละลายเส้นใยอาหารละลายน้ำมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น โดยพบร้อยละค่าความโปร่งแสงเท่ากับ 97.60, 95.95 และ 81.75 สำหรับสารละลายจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด ตามลำดับ และเมื่อทำแห้งสารละลายเส้นใยอาหารละลายน้ำได้ผงแห้งคิดเป็นร้อยละ 22.6, 21.8 และ 19.4 ของน้ำหนักแห้งของกากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรด ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Production of a high valuable dietary fiber from by-products of processing pineapple such as pineapple pomace, pineapple core and pineapple husk were investigated. The chemical composition of pineapple wastes presented that crude dietary fiber was 10.44 – 18.41. Then, optimum conditions for isolation and purification of soluble dietary fiber were carried out. The results show optimum condition for de-starch by α-amylase and de-protein by protease. After that, soluble dietary fiber was isolated from insoluble dietary fiber under optimum condition and the insoluble dietary content presented 54.27%, 54.40% and 53.34% (w/w) of pineapple pomace, pineapple core and pineapple husk, respectively. And then, the solution of soluble dietary fiber was purified by desalting and decolorizing with an ion exchange resins, a strongly acidic cation exchange resin, a weakly basic anion exchange resin and a mix ion exchange resin and finally the soluble dietary fiber was hydrolyzed by cellulase and treated with activated carbon. Finally, purified soluble dietary fiber freeze-dried to produce powder. The final yield of soluble dietary fiber to raw pineapple pomace, pineapple core and pineapple husk were 22.6, 21.8 and 19.4%, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เส้นใยอาหาร (dietary fiber)	3
2.1.1 ประวัติการศึกษา และการให้คำจำกัดความของใย	3
2.1.2 ลักษณะของเส้นใยอาหาร	4
2.1.3 ฟังก์ชันแนลฟูดส์ (functional foods)	4
2.1.4 ประโยชน์ของใยอาหารต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกาย	5
2.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (dietary fiber)	6
2.2 สับปะรด	7
2.2.1 ลักษณะทั่วไป	7
2.2.2 พันธุ์สับปะรด	10
2.2.3 พันธุ์สับปะรดที่ปลูกในประเทศไทย	11
2.2.4 ประโยชน์ของสับปะรด	13
2.2.5 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด	13
2.2.6 ปริมาณผลพลอยได้และเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปสับปะรด	15
2.2.7 การผลิตและการตลาดสับปะรดของประเทศไทย	16
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	22
3.1 วัตถุดิบ	22
3.2 สารเคมี	22
3.3 อุปกรณ์	22
3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของของเหลือจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
3.4.1	การวิเคราะห์ความชื้น	23
3.4.2	การวิเคราะห์เถ้า (Ash)	24
3.4.3	การวิเคราะห์ไขมัน (Crude fat)	24
3.4.4	การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล (Crude protein)	24
3.4.5	การวิเคราะห์เส้นใยอาหารหยาบ (Crude fiber)	25
3.4.6	การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate)	26
3.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำ		26
3.5.1	การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส	26
3.5.2	การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโปรตีนออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์โปรติเอส	27
3.5.3	การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยกใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำโดยการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	28
3.5.4	ขั้นตอนการกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใส โดยการกำจัดสีด้วย เรซิน (Desalting and Decolorization)	29
3.5.5	ขั้นตอนการทำเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ให้บริสุทธิ์ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์ (enzymatic treatment) และการทำให้เข้มข้น	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล		31
4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี		31
4.2 สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำจากกากสับปะรด		33
4.2.1	การกำจัดแป้งออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส	33
4.2.2	ขั้นตอนการกำจัดโปรตีนออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์โปรติเอส	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4.2.3	ขั้นตอนการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของกาก แกนและเปลือกสับปะรดโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (alkali extraction)	42
4.2.4	ขั้นตอนการกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใสโดยการกำจัดสีด้วยเรซิน (Desalting and Decolorization)	47
4.2.5	ขั้นตอนการทำเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ให้บริสุทธิ์ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์ (enzymatic treatment) และการทำให้เข้มข้น	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย		55
เอกสารอ้างอิง		57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณเส้นใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ	5
2.2 แสดงลักษณะที่ดีและไม่ดีของสับปะรดพันธุ์ต่างๆ	12
2.3 ส่วนประกอบทางเคมีแยกวิเคราะห์ตามส่วนต่างๆ ของสับปะรด (ร้อยละของวัตถุแห้ง)	14
2.4 แสดงเนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของสับปะรดรายจังหวัดปี 2547-2549	16
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากสับปะรด เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรดจากการแปรรูปสับปะรด	32
4.2 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งออกจากของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl)	34
4.3 แสดงค่าพีเอชเริ่มต้นที่ต่างกันในการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรดของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส	35
4.4 ผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่มีผลต่อการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรด	37
4.5 ผลของระยะเวลาในการบ่มที่มีต่อการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรดของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส	38
4.6 แสดงผลของปริมาณเอนไซม์โปรติเอสที่มีต่อการกำจัดโปรตีนออกจากกากสับปะรด	40
4.7 แสดงระยะเวลาในการกำจัดโปรตีนออกจากกากสับปะรดด้วยเอนไซม์โปรติเอส	41
4.8 ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	43
4.9 แสดงผลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด	44
4.10 ผลของอุณหภูมิในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	45
4.11 แสดงระยะเวลาในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	47
4.12 การกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง (strongly acidic cation exchange resin)	48
4.13 การกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน (weakly basic anion exchange resin)	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.14 การกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใสโดยการกำจัดสีด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อนร่วมเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกชนิดที่มีความเป็นกรดสูง 51

4.15 แสดงการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีความบริสุทธิ์ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสและการทำให้เข้มข้นขึ้น 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงผลพลอยได้และเศษเหลือจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทำให้มีปริมาณวัตถุดิบทางด้านการเกษตรถูกผลิตขึ้นอย่างมากมาย ส่งผลให้ประเทศไทยมีการพัฒนาอุตสาหกรรมทางด้านการแปรรูปอาหารจากวัตถุดิบทางการเกษตรจำนวนมาก ในปัจจุบันพบว่ามีการขยายกำลังการผลิตเพื่อการแปรรูปอาหารมากขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการแปรรูปผักและผลไม้ เช่น การผลิตผักและผลไม้กระป๋อง การผลิตเครื่องดื่มจากผักและผลไม้ เป็นต้น จากการเพิ่มปริมาณการผลิตและจากกระบวนการผลิตการแปรรูปวัตถุดิบจากการเกษตร ส่งผลกระทบให้มีการเพิ่มปริมาณของวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการผลิตมากขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยหรือไม่สามารถใช้ประโยชน์สำหรับกระบวนการแปรรูปอาหารได้เลย ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นพิษเนื่องจากมีวัตถุดิบเหลือใช้ในปริมาณมากถูกปล่อยทิ้งไว้

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด เช่น กระบวนการแปรรูปสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรด ปัจจุบันพบว่ามีการเพิ่มกำลังการผลิตมากขึ้น โดยมีการผลิตมากกว่า 200,000 ตันต่อปี หรือเทียบเท่าจำนวนสับปะรดกระป๋อง 5 ล้านหีบมาตรฐาน (ข้อมูลจากโรงงานสับปะรดของบริษัททิปโก้ฟูดส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน)) และจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด พบว่ามีวัตถุดิบเหลือใช้ต่าง ๆ มากมาย เช่น กากที่คั้นน้ำสับปะรด แกนสับปะรด ใบและเปลือกสับปะรด เป็นต้น ซึ่งพบว่าได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย เนื่องจากองค์ประกอบของวัตถุดิบเหลือใช้จากสับปะรดนั้น มีปริมาณของเส้นใยสูง รวมถึงมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำสูงด้วย เนื่องจากว่ามีปริมาณโปรตีนต่ำ ทำให้ไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดนั้น ดังนั้นจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และเป็นการพัฒนา ปรับปรุง จนถึงการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารที่ผลิตได้นั้น มีคุณประโยชน์ทางด้านโภชนาการสูงมาก เส้นใยอาหารเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานต่ำมาก เนื่องจากไม่สามารถย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทคือเส้นใยที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วจะเพิ่มความข้นหนืดให้กับอาหาร ทำให้เมื่อรับประทานแล้ว เกิดความรู้สึกอิ่มนาน และประเภทที่สองคือ เส้นใยอาหารที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ เป็นการเพิ่มมวลของอุจจาระและลดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากอาหารที่อยู่ในลำไส้ นอกจากนี้เส้นใยอาหารจัดเป็นฟังก์ชันแนลฟูดส์ (functional food) ถือว่าเป็นเส้นใยอาหารที่ทำหน้าที่พิเศษที่มีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค เส้นใยอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายของผู้บริโภคมากมาย เช่น การป้องกันการเกิดโรคมะเร็งลำไส้ เนื่องจากช่วยในการลำเลียงกากอาหาร ช่วยในระบบเมทาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่และวิตามินในร่างกาย ช่วยลดอาการท้องผูก ป้องกันโรคเบาหวาน ลดคลอเรสเตอรอลในเลือด และช่วยลดความอ้วนด้วย เนื่องเป็นสารที่ให้พลังงานต่ำ เป็นต้น เส้นใยอาหารมักนิยมนำมาประยุกต์ใช้เป็นอาหารเสริม หรือผสมในเครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ ซึ่งทำให้ผู้บริโภคมีสุขภาพที่ดีขึ้นและลดปัญหาการเจ็บป่วยด้วย

ดังนั้นการผลิตผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด จึงเป็นการผลิตสารที่ให้คุณค่าทางด้านโภชนาการสูง และเป็นการลดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย การผลิตเส้นใยอาหารเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการผลิต และลดต้นทุนในการผลิตเส้นใยอาหารด้วย รวมถึงเป็นประเมินศักยภาพของการนำวัตถุดิบเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ให้มากขึ้นและยังเป็นการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิต เพื่อให้เกิดการแข่งขันในภาคอุตสาหกรรมภายในประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์หลัก

1. เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์เส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนแปรรูปสับปะรด
2. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตเส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยอาหารที่ผลิตได้
4. เพื่อประยุกต์ใช้เส้นใยอาหารที่ผลิตได้ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต่าง ๆ

ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด พัฒนากระบวนการผลิตที่เหมาะสม รวดเร็ว และต้นทุนต่ำในการผลิตเส้นใยอาหาร ศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยอาหารที่ผลิตได้ รวมถึงการประยุกต์ใช้เส้นใยอาหารทางด้านอาหารและเครื่องดื่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เส้นใยอาหาร (Dietary fiber)

2.1.1 ประวัติการศึกษา และการให้คำจำกัดความของใยอาหาร (DeVries, 1999)

Hipsley (1953) เป็นบุคคลแรกที่กำหนดคำจำกัดความของเส้นใยอาหารว่า"ส่วนประกอบของผนังเซลล์ที่ไม่สามารถย่อยได้" ต่อมา Trowell และคณะ (1972-1976) ให้นิยามความหมายของเส้นใยอาหารว่า "ส่วนประกอบบางส่วนของผนังเซลล์ที่ไม่สามารถย่อยโดยเอนไซม์ในทางเดินอาหารของมนุษย์" และในปี 1976 พบว่า Trowell และคณะ ได้เพิ่มความหมายของเส้นใยอาหารว่า ส่วนประกอบของเส้นใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้นั้น คือ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (lignin) กัม (gum) มัลซิเลดจ์ (mucilage) แวกซ์ (waxes) คิวติน (cutin) และซูเบอริน (zuberin) และจากการศึกษาของ Asp และคณะในปี 1976-1981 ได้พบวิธีการในการวิเคราะห์องค์ประกอบของเส้นใยอาหาร และในปี 1979 Prosky เป็นบุคคลแรกที่ริเริ่มการลงมติเกี่ยวกับการให้คำนิยาม และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของใยอาหารระดับนานาชาติ และต่อมาปี 1981 Association of Analytical Chemists International (AOAC) ได้ลงมติเกี่ยวกับการให้คำนิยามและวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเส้นใยอาหารระดับนานาชาติและในปี 1985-1988 ได้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเส้นใยอาหารชนิดย่อยได้ และย่อยไม่ได้ และปี 1991 วิเคราะห์หาเส้นใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้โดยวิธี AOAC official method 991.42 and AACC approved method 32-07 ต่อมาในปี 1992 ได้มีการสำรวจการให้ความหมายเชิงกายภาพของเส้นใยอาหารจากนานาชาติเพื่อลงมติ ครั้งที่ 1 และในปี 1993 สำรวจการให้ความหมายเชิงกายภาพของใยอาหาร และองค์ประกอบสำคัญของเส้นใยอาหาร จากนานาชาติเพื่อลงมติ ครั้งที่ 2 ใน ปี 1995 Association of Official Analytical Chemists (AOAC) จัดการประชุมนานาชาติเพื่อกำหนดความหมายทางกายภาพของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน (Complex carbohydrates) เส้นใยอาหาร และการวิเคราะห์องค์ประกอบ และปี 1999 ได้ให้นิยามความหมายของเส้นใยอาหาร คือ "ส่วนประกอบของเซลล์พืชที่สามารถกินได้ โพลิแซกคาร์ไลด์ ลิกนิน และส่วนประกอบบางส่วนที่ไม่สามารถย่อยได้โดยเอนไซม์จากทางเดินอาหารของมนุษย์ โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบหลัก คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน กัมส์ เซลลูโลสที่เปลี่ยนรูป มัลซิเลดจ์ โอลิโกแซคคาร์ไรด์ และเพคติน ส่วนประกอบรอง คือ แวกซ์ คิวติน และซูเบอริน อีกทั้งใช้วิธี AOAC official method 985.29 / American Association of Cereal Chemists (AACC) approved method 32-05 และ AOAC official method 991.43 /AACC approved method 32-07 ในการหาใยอาหารทั้งหมด"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยอาหาร (Dietary fiber)

เส้นใยอาหารเป็นสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วนเอนไซม์ที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic bond) ในโมเลกุลของสารประกอบเหล่านี้ได้ เส้นใยอาหารที่พบในพืชแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. Soluble dietary fiber คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ เพคติน อินนูลิน และกัม ใยอาหารกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำแล้วจะเพิ่มความข้นหนืดให้กับอาหาร ทำให้มีความรู้สึกอิ่มนาน
2. Insoluble dietary fiber คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ได้แก่ เซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส พบมากในผักและเมล็ดธัญพืชต่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรำข้าว ใยอาหารกลุ่มนี้จะมีหน้าที่เป็นตัวเพิ่มมวลอุจจาระ และลดระยะเวลาที่กากอาหารอยู่ในลำไส้

2.1.2 ลักษณะของเส้นใยอาหาร

เส้นใยอาหารมีความแตกต่างจากกากใย (crude fiber) โดยเส้นใยอาหารจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่สามารถย่อยได้บางส่วนด้วยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ ขณะที่กากใยเป็นส่วนของพืชที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดและด่าง จึงมีปริมาณน้อยกว่าเส้นใยอาหารประมาณ 1.6-15.7 เท่า ผู้ใหญ่ทั่วไปควรรับประทานเส้นใยอาหารวันละ 20-35 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละคน จากรายงานการวิจัยพบว่าเส้นใยอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายคือ ช่วยในการป้องกันโรคต่าง ๆ หลายชนิด เช่น ลดอาการท้องผูก เบาหวาน และคลอเรสเตอรอล เป็นต้น ดังนั้นเพื่อสุขภาพที่ดี ควรบริโภคอาหารที่มีเส้นใยในปริมาณ 20 ถึง 25 กรัมต่อวัน และเพื่อให้ร่างกายได้รับประโยชน์สูงสุดจากคุณสมบัติเส้นใยอาหารทั้ง 2 ชนิด เส้นใยที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำจะทำงานร่วมกัน วิธีที่ดีที่สุดคือการรับประทานอาหารหลายชนิดที่มีส่วนผสมของเส้นใย 2 ชนิดนี้ทุก ๆ วัน เช่น ผัก ผลไม้ ถั่ว และธัญพืชต่าง ๆ

แหล่งกำเนิดของเส้นใยอาหารได้แก่ ธัญพืช พืชตระกูลถั่ว ผักและผลไม้ เป็นต้น พืชแต่ละชนิดให้ปริมาณเส้นใยอาหารต่างกันแสดงดังตารางที่ 2.1

2.1.3 ฟังก์ชันแนลฟูดส์ (functional foods)

หมายถึง อาหารที่ทำหน้าที่พิเศษที่มีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค นอกเหนือจากคุณค่าทางโภชนาการตามปกติ เมื่อนำมาเป็นส่วนหนึ่งของอาหารจะถูกเรียกว่า functional food ingredients ซึ่งมีหลายกลุ่ม เส้นใยอาหาร (dietary fiber) จัดเป็น functional foods ที่สำคัญกลุ่มหนึ่ง พบได้ในอาหารโดยเฉพาะพืช ถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ เส้นใยอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกายคือ ช่วยในการลำเลียงในลำไส้ใหญ่ ช่วยต่อต้านการเกิดมะเร็ง ช่วยระบบเมเทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ไขมัน เกลือแร่ และวิตามินในร่างกาย แนวทางการใช้ประโยชน์ของเส้นใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือการนำเส้นใยมาแปรรูปเป็นส่วนผสมในอาหาร เช่น ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ สำหรับการเลือกบริโภคเส้นใยอาหารควรเลือกบริโภคเส้นใยจากอาหารมากกว่าจากอาหารเสริม และควรดื่มน้ำควบคู่ไปด้วยมาก ๆ ช่วยในการขับถ่าย

ตารางที่ 2.1 ปริมาณเส้นใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ

Sources	Dietary fiber (g/100g)
Rice barn	12.8
Husks chaff	2.1
Rice	0.7
Mung bean	26
Red-brown bean	27.7
Peanut	19.8
Soy bean	21.7
Sesame	21.4
Black sesame	10.2
Sunflower seed	12.4

ที่มา : Juntrapornchai and Chompreda (1994)

2.1.4 ประโยชน์ของใยอาหารต่อระบบสรีรวิทยาของร่างกายคือ

1. ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดยเฉพาะเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ได้แก่ เพคติน Psylium กัมชนิดต่าง ๆ เช่น กัวร์กัม การบริโภคเส้นใยอาหารที่เป็นแหล่งของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น รำข้าวโอ๊ต หรือบาร์เลย์ ถั่ว และผัก ซึ่งมีผลลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้สูงถึงร้อยละ 25 แต่เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ทำให้เป็นการป้องกันการเกิดโรคหัวใจ
2. การบริโภคเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจะลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือดหลังการบริโภคอาหาร
3. ช่วยทำให้ลำไส้ให้ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น เนื่องจากอาหารที่มีเส้นใยอาหารมีผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลด transit time เพิ่มน้ำหนักอุจจาระ และระบบขับถ่ายดีขึ้น ช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่เนื่องจากการบริโภคเส้นใยอาหารน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่ของการขับถ่ายอุจจาระ จุลินทรีย์จะถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยอาหารต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจจะช่วยป้องกัน หรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ ถ้ามีเส้นใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร
5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน เนื่องจากเส้นใยอาหารทำให้เกิด bulking ในกระเพาะอาหาร จึงมีที่ว่างในกระเพาะอาหารน้อยลงที่จะบริโภคอาหารตามปกติ เพราะเส้นใยอาหารจะเข้าไปพองในกระเพาะอาหารจึงรับประทานอาหารได้น้อยลง เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง
6. ลดการนำไปใช้ประโยชน์ของสารอาหาร เนื่องจากเส้นใยอาหารสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากตับอ่อนที่ใช้ย่อยคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีน (วันเพ็ญ, 2541)

2.1.5 การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (dietary fiber) (นิรนาม ข, 2550)

การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และยังต้องมีการพัฒนาอีกต่อไป เนื่องจากวิเคราะห์โดยวิธีใดวิธีหนึ่งไม่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่ตอบสนองวัตถุประสงค์ต่างๆ ได้ทั้งหมด ดังนั้นการเลือกใช้วิธีวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับความต้องการของนักเคมีแต่ละคน นักเคมีต้องเป็นผู้ประเมินวิธีวิเคราะห์ที่จะใช้โดยดูจากวิธีที่เลือกนั้นสามารถให้ข้อมูลที่ตนสนใจได้หรือไม่ ความแม่นยำ (accuracy) ความเที่ยงตรง (precision) ประสิทธิภาพค่าใช้จ่าย บุคลากร รวมทั้งพิจารณาจากข้อกำหนดต่างๆ ของกฎหมายอาหารด้วย

ปัจจุบันการวิเคราะห์ใยอาหารมี 2 วิธี คือ

2.1.5.1 วิธีที่ใช้การวัดน้ำหนัก (Gravimetric method)

เป็นวิธีการหาปริมาณเส้นใยโดยหาความแตกต่างของน้ำหนักของตัวอย่างหลังจากการผ่านขบวนการทางเคมีที่ใช้ย่อยองค์ประกอบของอาหารอื่นๆ ออกไป ซึ่ง วิธีกราวิเมทริก (Gravimetric methods) แบ่งได้เป็น 3 วิธีดังนี้

ก) Crude fiber methods เป็นวิธีการหาเส้นใยตามวิธีของ Weends ซึ่งได้คิดขึ้นเมื่อปีคริสตศักราช 1850 เพื่อหาสารประกอบที่ไม่สามารถย่อยได้ในพวกอาหารสัตว์และฟางหญ้า ซึ่งต่อมาได้นำมาหาปริมาณเส้นใยในอาหารของมนุษย์ด้วย พบว่าวิธีนี้จะทำให้พวกเส้นใยหรือส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ย่อยสลายสูญเสียไปร้อยละ 40

ข) Detergent fiber methods สืบเนื่องมาจากการสูญเสียส่วนประกอบของเส้นใยไปประมาณร้อยละ 40 ใน crude fiber methods จากการต้มด้วยด่าง ในปี 1955 Walker และ Hepburn ได้แนะนำให้ใช้แค่ขั้นตอนการต้มด้วยกรดเท่านั้น จะทำให้มีส่วนของโปรตีนหลงเหลืออยู่ ซึ่งต้องหักลบออกโดยนำไปหาปริมาณโปรตีนอีกครั้งหนึ่ง ต่อมาVan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soest ได้แก้ไขปัญหานี้ได้โดยขจัดส่วนของโปรตีนออก โดยใช้ดีเทอเจนท์ ซึ่งก็คือ เซทิลริ-เมทิล แอมโมเนียม โบรมายด์ (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 and Wine, 1967) ทำโดยนำตัวอย่างมาต้มกับสารละลายบัฟเฟอร์ที่เป็นกลางของ sodium dodecyl sulfate (SDS) และ EDTA วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้สภาวะอ่อนกว่า ADF และดีเทอเจนท์ ที่ใช้สามารถละลาย protein ได้ดีแต่ละลายไขมันได้จำกัด สำหรับโมเลกุลแป้ง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในการกรองสามารถขจัดได้ ด้วยอะไมเลส (amylase)

ค) Enzymatic methods วิธีนี้สามารถหาใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble fiber) และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) ซึ่งไม่สามาถทำได้โดยวิธีใช้ความร้อนได้ หลักการนั้นใช้การย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยเอนไซม์ที่ใช้นี้มีความแตกต่างกันไป ส่วนวิธีที่ใช้แตกต่างกันตรงที่ เอนไซม์ที่เลือกใช้ในการละลายแป้งและโปรตีน นำตัวอย่างแห้ง (2 ซ้ำ) สกัดไขมันออกในกรณีที่มีไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปเติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเจลาติไนส์เซชัน (gelatinization) โปรตีเอสเพื่อย่อยโปรตีน เอมิลโลกลูโคซิเดสเพื่อย่อยแป้งและนำส่วนผสมทั้งหมดที่ผ่านการย่อยมาเติมเอทานอลเพื่อตกตะกอนส่วนใยอาหารที่สามารถย่อยได้ แล้วนำไปกรอง จากนั้นนำส่วน residue (ใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้) ล้างด้วยน้ำเอทานอลและอะซีโตน ต่อมานำไปอบให้แห้งและชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อหาปริมาณโปรตีนและเถ้าซึ่งใช้ในการหาปริมาณใยอาหารทั้งหมด

2.1.5.2 Enzymatic chemical methods

เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้เอนไซม์ในการย่อยตัวอย่าง แล้ววิเคราะห์สิ่งที่เหลือโดยวิธีเคมีคือ ย่อยพอลิกแซ็กคาไรด์นั้นด้วยกรดอีกครั้งได้เป็นน้ำตาลเชิงเดี่ยว และวิเคราะห์น้ำตาลโดยแก๊ส ลิควิด โครมาโตกราฟฟี (gas liquid chromatography หรือ GLC) หรือ โดยวิธีไฮ-เพอร์ฟอร์แมนซ์ ลิควิด โครมาโตกราฟฟี (high performance liquid chromatography หรือ HPLC) ส่วนกรดยูโรนิกวิเคราะห์โดยใช้วิธีวัดสี (colorimetric method)

2.2 สับปะรด (จารุพันธ์, 2519)

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

สับปะรด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในแฟมิลีโบรมิไลสิอี (family Bromeliaceae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* ซึ่งเป็นพืชที่มีใบประเภทอุ้มน้ำ และมีดอกแยกเป็นสามส่วน ใบยาวขึ้นเป็นเกลียวรอบต้น พืชในตระกูลโบรมิไลสิอี นี้ประกอบด้วย 2,000 สปีชีส์ จากจำนวนจีนัสทั้งหมด 46 จีนัสและทั้งหมดของพืชในตระกูลนี้เป็นพืชที่ขึ้นในเขตร้อนและร้อนชื้น โดยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกา มีเพียงหนึ่งสปีชีส์ ที่พบในทวีปอาฟริกาตะวันตก สับปะรดที่เรารู้นเคย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรับประทานกันมีเพียง สปีชีส์เดียว มีบางสปีชีส์ ที่ปลูกเพื่อใช้ทำเป็นเส้นใย บางชนิดใช้ลูกเป็นไม้ประดับ และเป็นอาหารสัตว์ พืชอีกชนิดหนึ่งชื่อ Bromeliads เป็นไม้ประดับของทวีปอเมริกา จัดเป็นพืชโบราณที่มีวิวัฒนาการเช่นเดียวกับสับปะรด พืชโบราณซึ่งจัดเป็นบรรพบุรุษของสับปะรดบางจีนัส อาจมีความสูงถึง 10 เมตร พืชในจีนัส เหล่านี้ทั้งหมดเป็นพืชที่ขึ้นบนบก มีลำต้นยาว มีรากจำนวนมาก ใบแคบ และมีขนเพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำ ปัจจุบันสับปะรดได้แพร่กระจายไปยังเขตร้อนและร้อนชื้นทั่วโลก ส่วนใหญ่เป็นการปลูกเพื่อบริโภคผลสด และทำเป็นน้ำผลไม้ สับปะรดที่ปลูกกันทั่วไปจะมีความสูงประมาณ 1 เมตร ลำต้นสั้นใบและก้านดอกจะขยายยาว แหล่งปลูกสับปะรดที่ใหญ่ที่สุดคือที่รัฐฮาวายของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีพื้นที่ปลูก 1 ใน 3 ของโลก และผลิตสับปะรดกระป๋องได้ถึงร้อยละ 60 ของโลก รองลงไปได้แก่ จีน บราซิล และเม็กซิโก

2.2.1.1 พฤษศาสตร์ของสับปะรด

การศึกษาทางชีววิทยาด้านพฤษศาสตร์ของสับปะรด เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาไปสู่ความรู้ทางชีววิทยาด้านอนุกรมวิธาน สัณฐานวิทยา และพันธุศาสตร์ของสับปะรด เพื่อใช้เป็นการเทียบเคียงระหว่างพืชชนิดเดียวกันและพืชในวงศ์ที่ใกล้เคียงกัน สับปะรดถูกจัดอยู่ในประเภทไม้ดิน (terrestrial) อยู่ในวงศ์โบรมิไลสิอี ซึ่งมีพืชในวงศ์นี้ประมาณ 2000 ชนิด พืชในวงศ์นี้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามสภาพความเป็นอยู่คือ

1) พวกที่เจริญเติบโตโดยมีรากหาอาหารบนพื้นดิน (The terrestrials)

2) พวกที่เจริญเติบโตบนต้นไม้ โดยมีรากอากาศ คล้ายกล้วยไม้ (The epiphytes)

3) พวกที่เจริญเติบโตอยู่บนผาหินหรือโขดหิน (saxicolous)

สับปะรดแม้ว่า จะถูกจัดเป็นพืชดิน แต่มีลักษณะบางอย่างของพืชในกลุ่มที่ 2 ด้วยเหมือนกัน กล่าวคือมีเซลล์สำหรับเก็บน้ำเอาไว้ในใบทำให้ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง

2.2.1.2 สัณฐานวิทยาและกายวิภาคของสับปะรด

สับปะรดพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า ได้แก่พันธุ์ปัตตาเวีย (Cayenne variety) มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1) ลำต้น (stem) ประกอบด้วยปล้องสั้น ๆ และใบมากมาย

2) ก้านผล (peduncle) คือ ก้านพยุงผล ซึ่ง มีใบเล็กๆ ติดอยู่ เชื่อมติดกับส่วนบนของลำต้น ก้านผลนี้อาจมีตาเล็กๆ ติดอยู่ ถ้าสภาพเหมาะสมจะพัฒนาไปเป็นตะเกียง

3) ตะเกียง (slip) คือ หน่อที่เกิดจากตาบนก้านผล ตะเกียงนี้ถ้านำไปปลูกขยายจะกินเวลา 18 –20 เดือนจึงจะให้ผล

4) ใบ (leaf) รูปร่างแคบ ยาว เรียว จำนวนใบอาจมีถึง 50 ถึง 100 ใบต่อต้น ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์

5) ผล (multiple fruit) จัดเป็นผลรวมที่เกิดจากการเชื่อมติดกันของผลย่อย (จำนวน 100 ถึง 200 ผล) เข้ากับแกนกลางของช่อดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) จุก (crown) ส่วนขยายพันธุ์ที่มีลักษณะคล้ายหน่อ แต่เกิดขึ้นบนส่วนยอดของผลใช้ปลูกขยายพันธุ์ได้ดี ตามปกติหนึ่งผลจะมี 1 จุก ถ้านำไปปลูกขยายพันธุ์จะกินเวลานาน 22 ถึง 24 เดือน

7) หน่ออุ้มลูก (hapas) คือ หน่อที่เกิดจากตาในบริเวณจุดเชื่อมระหว่างก้านผล และลำต้นใช้ขยายพันธุ์ได้เช่นเดียวกับหน่อข้าง

8) หน่อข้าง (aerial sucker) คือ หน่อที่เกิดจากตาบนลำต้น ใช้ขยายพันธุ์ได้ดีโดยจะกินเวลาประมาณ 14 ถึง 16 เดือนจึงจะให้ผล

9) หน่อดิน (underground sucker) เป็นหน่อที่เกิดจากตาบนลำต้นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน

10) ราก (root) อาจแบ่งได้เป็น 2 พวกคือ รากเหนือดิน และรากใต้ดิน ทำหน้าที่หาอาหารและยึดเหนี่ยวลำต้น

2.2.1.3 การจำแนกทางอนุกรมวิธานของสับปะรด

Kingdom Plant Kingdom

Sub-kingdom Spermatophyta

Class Angiospermae

Sub-class Monocotyledones

Order Farinosae

Family Bromeliaceae

Genera *Ananas* and *Pseudananas*

Species *comosus*

Scientific name ของสับปะรด คือ *Ananas comosus* (L.) Merr.

2.2.1.4 ถิ่นกำเนิดของสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ การเพาะปลูกสับปะรดมักทำในบริเวณที่อากาศไม่หนาว หรืออุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็ง ผลผลิตรวมของสับปะรดทั้งโลกประมาณ 3.5 ล้านตัน ซึ่งในจำนวนนี้ประมาณ 2 ใน 3 ของผลผลิตใช้บริโภคสดในแหล่งที่ปลูกสับปะรดนั่นเอง การค้าขายสับปะรดระหว่างประเทศ มักทำกันในรูปแบบของการบรรจุกระป๋องหรือน้ำสับปะรด มีจำนวนน้อยที่มีการค้าสับปะรดระหว่างประเทศ นอกจากนั้นใบของสับปะรดยังมีเส้นใยมากซึ่งบางประเทศ เช่น ที่ฟิลิปปินส์ และไต้หวัน นำมาผลิตเป็นเส้นใยและเครื่องนุ่งห่มได้ หรือแม้แต่การนำไปผลิตกระดาษ ต้นและผลของสับปะรดสามารถนำมาสกัดเอาเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีน (protease) ชื่อว่าโบรมิเลน (Bromelain) ซึ่งคล้ายกับปาเปน (papain) ซึ่งผลิตได้จากมะละกอ

สับปะรดจัดเป็นพืชที่มีอายุข้ามปี (perrenial) ซึ่งอาจมีอายุถึง 50 ปี หากปลูกด้วยเมล็ดอาจให้ผลเมื่ออายุได้ 4 ปี แต่ถ้าปลูกด้วยหน่อซึ่งทำ เป็นการค้านั้นจะใช้เวลาประมาณ 3 ปี ต่อการเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยว 2 ครั้ง จากการศึกษาทางพันธุศาสตร์พบว่าพืชในจีนัสอะนานัส (genus *Ananas*) และ ซูดานานัส (*Pseudananas*) มีความใกล้ชิดหรือเกี่ยวพันกันมาก โดยมีลักษณะของผลคล้ายกัน ต่างกันที่สับปะรดซึ่งอยู่ในจีนัสอะนานัส มียอดที่ผลซึ่งเรียกว่าจุก หรือ crown ในภาษาอังกฤษ แต่พืชในจีนัสซูดานานัสไม่มี พืชที่มีความใกล้ชิดอย่างยิ่งกับ สับปะรด (*A. comosus*) ได้แก่ *A. bracteatu, A. fritzmuelleri, A. parguazensis, A. ananssoides, A. erectifolius,* โดยเฉพาะ *A. bracteatus* ซึ่งยังคงมีการปลูกอยู่ทางทวีปอเมริกาใต้ ลักษณะที่แตกต่างที่สำคัญระหว่างพันธุ์สับปะรดที่ใช้ปลูกกับพืชที่ใกล้เคียงกันได้แก่ลักษณะ self-incompatibility ซึ่ง เป็นลักษณะเด่นของสับปะรดที่ทำให้ไม่มีเมล็ด ในขณะที่พันธุ์พืชอื่นในจีนัส อะนานัส มีลักษณะ self compatibility หรือลักษณะของการผสมตัวเองและเกิดเป็นเมล็ดนั่นเอง

2.2.2 พันธุ์สับปะรด

โดยทั่วไปแล้วสับปะรดที่ปลูกกันเป็นการค้าทั่วโลกอาจแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ คือ Cayenne Queen Spanish Abacaxis และ Maipure

กลุ่ม Cayenne จัดเป็นสับปะรดที่ปลูกกันมากที่สุด เพราะเหมาะแก่การผลิตเป็นสับปะรดกระป๋อง และการนำ ไปบริโภคสด ซึ่งสับปะรดในกลุ่มนี้อาจแบ่งออกเป็นสายพันธุ์ย่อยๆ ได้อีก สำหรับพันธุ์สับปะรดที่ปลูกในประเทศไทยที่จัดอยู่ในกลุ่ม Cayenne ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย พันธุ์นางแล และพันธุ์น้ำผึ้ง ลักษณะเฉพาะของพันธุ์สับปะรดในกลุ่ม cayenne ได้แก่ ใบ จะมีขอบใบเรียบ มีหนามเฉพาะที่ปลายใบ ผลมีน้ำหนัก 2.3 –3.6 กิโลกรัม ทรงกระบอก ตาตื้น เปลือกสีส้มเข้ม เนื้อสีเหลืองอ่อนถึง เหลือง รสหวาน หรือ หวานอมเปรี้ยว เส้นใยน้อยเนื้อนุ่ม

กลุ่ม Queen เช่น พันธุ์ภูเก็ต หรือสิงคโปร์ มีผลค่อนข้างเล็ก ประมาณ 0.7 กิโลกรัม แต่มีรสหวาน เนื้อละเอียด มีเส้นใยน้อย ใช้ปลูกเพื่อรับประทานผลสด และส่งออกจำ- หน่ายต่างประเทศทั้งผล เนื่องจากผลมีขนาดเล็ก ข้อเสียของพันธุ์ในกลุ่มนี้คือ ตาลึก เปลือกหนา และมีหนามที่ขอบใบมาก

กลุ่ม Spanish เป็น กลุ่มที่มีปลูกกันไม่มากนัก พันธุ์ในประเทศไทยได้แก่ อินทรชิต และพันธุ์ขาว พันธุ์ในกลุ่มนี้เนื้อจะสีเหลืองอ่อนถึงขาว มีเยื่อใยมาก รสเปรี้ยว ไม่เป็นที่นิยมมากนัก

กลุ่ม Abacaxis ปลูกกันมากในบราซิล ผลมีรูปร่างทรงกระบอกยาว เนื้อสีเหลืองอ่อนถึงขาว ฉ่ำน้ำ มีเยื่อใยน้อย ผลมีแกนเล็ก

2.2.3 พันธุ์สับปะรดที่ปลูกในประเทศไทย

จารุพันธ์ (2526) ระบุว่ามีการปลูกสับปะรดในประเทศไทยเป็นเวลานานแล้ว โดยการสันนิษฐานว่าชาวโปรตุเกสเป็นชาติแรกที่นำมาเผยแพร่ยังกรุงศรีอยุธยา ในตอนต้นคริสต์ศตวรรษที่ 16 จากนั้นก็มีการนำ พันธุ์สับปะรดเข้ามาอีกหลายครั้ง ซึ่งพันธุ์สับปะรดที่ปลูกในปัจจุบันอาจมีชื่อเรียกต่างกันไปตามท้องที่แต่ที่พบมากมีดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 พันธุ์ปัตตาเวีย (Smooth Cayenne; Sarawak, Kew)

สับปะรดพันธุ์นี้เริ่มเข้ามาแพร่หลายในประเทศไทยและได้รับความนิยมอย่างมาก โดยเราอาจรู้จักในนามสับปะรดศรีราชา ทั้งนี้เพราะบาทหลวงผู้หนึ่งได้นำพันธุ์มาจากประเทศอินเดียและปลูกทดลองในไร่ของโรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา จังหวัดชลบุรี ส่วนที่เรียกว่าสับปะรดปัตตาเวียนั้นอาจเป็นเพราะมีชาวมลายูได้นำ เอาพันธุ์สับปะรดนี้มาจากประเทศอินโดนีเซีย มาปลูกแพร่หลายที่อำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จนมีผู้รู้จักในนามสับปะรดปราณบุรี อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นชื่อ ศรีราชา ปัตตาเวีย และปราณบุรี ทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มของพันธุ์ Smooth Cayenne ซึ่งเป็นพันธุ์เดียวกับที่ปลูกยังแหล่งผลิตสำคัญอื่นๆ ของโลก โดยที่เป็นพันธุ์ ที่มีรสหวานและรูปทรงดีจึงเหมาะแก่การปลูกเป็นอุตสาหกรรม สับปะรดพันธุ์นี้มีใบสีเขียวเข้ม ผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ขอบใบเรียบ กลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ปลายใบมีหนามเล็กน้อย ช่อดอกมีดอกย่อยเฉลี่ยประมาณ 150 ดอก กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลอาจมีขนาดใหญ่ เปลือกผลสีเขียวปนดำ ตาตื้น เนื้อในสีเหลืองอ่อนถึงเหลืองเข้ม

2.2.3.2 พันธุ์อินทรชิต หรือ อินทรชิตแดง (Singapore Spanish)

จัดเป็นสับปะรดพันธุ์ที่เก่าแก่ที่สุดของประเทศไทย ซึ่งสันนิษฐานว่าชาวโปรตุเกสเป็นผู้นำเอามาเผยแพร่ในประเทศไทยสมัยกรุงศรีอยุธยา และมีการขยายพันธุ์สืบต่อกันมาจนกลายเป็นพันธุ์พื้นเมือง สับประรดพันธุ์อินทรชิตมีทรงต้นใหญ่ขนาดเดียวกับพันธุ์ปัตตาเวีย แต่มีหนามคมรูปโค้งงอสีน้ำตาลอมแดงที่ขอบใบ ใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะด้านไม่เป็นมัน ใบไม่เป็นร่องเช่นพันธุ์ปัตตาเวีย ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์ปัตตาเวีย ตาลึก เนื้อสีเหลืองทองเมื่อแก่ รสหวานอ่อนไม่หอม มีเส้นใยมาก ผลเล็กเกินกว่าจะบรรจุกระป๋อง อาจมีตะเกียงที่ก้อนผล ทนทานต่อโรครากและไส้เน่า

2.2.3.3 พันธุ์ขาว (Green Spanish)

เป็นพันธุ์สับปะรดที่มีทรงพุ่มเตี้ย ใบแคบและสั้นกว่าพันธุ์อินทรชิตขอบ ใบเต็มไปด้วยหนาม เนื้อมีสีเหลืองทองรสหวานอ่อน คุณภาพของเนื้อไม่ดีนัก ผลมักมีหลายจุก เข้าใจว่าเป็นพันธุ์ที่กลายมาจากอินทรชิต

2.2.3.4 พันธุ์ภูเก็ต หรือ พันธุ์สวี (Mauritius Pine, Malacca Queen, Ceylon, Red Ceylon)

ใบของสับปะรดพันธุ์นี้จะแคบและยาวกว่าพันธุ์ขาวและอินทรชิต ใบมีสีเขียวอ่อนและมีแถบสีแดงตอนกลางใบ ขอบใบเต็มไปด้วยหนามสีแดง ผลมีขนาดเล็ก เนื้อสีเหลืองรสหวานกรอบมีกลิ่นหอม นิยมบริโภคสด ปลูกกันมากในจังหวัดภูเก็ตและชุมพร

2.2.3.5 พันธุ์นางแลหรือพันธุ์น้ำผึ้ง

สับปะรดพันธุ์นี้อาจจัดเป็นสายพันธุ์ย่อยของพันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งเป็นพันธุ์ใน กลุ่มของ Cayenne โดยมีรูปทรงของใบและดอกคล้ายคลึงกับพันธุ์ปัตตาเวียมาก ขอบใบไม่มีหนาม คงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนามเล็กน้อยที่ปลายใบ กล่าวกันว่ามีผู้นำพันธุ์นี้มาจากประเทศศรีลังกา และมาปลูกที่ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย จึงมีผู้เรียกว่าพันธุ์นางแล

2.2.3.6 พันธุ์ตราดสีทอง

จัดเป็นสับปะรดสายพันธุ์ใหม่ที่ถูกพัฒนาโดยเกษตรกรจังหวัดตราด มีลักษณะผสมระหว่างสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย และสับปะรดภูเก็ต ผลเล็ก เนื้อฉ่ำน้ำและหวาน โดยลักษณะที่ดีและไม่ดีของสับปะรดพันธุ์ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะที่ดีและไม่ดีของสับปะรดพันธุ์ต่างๆ

ลักษณะที่ดี	ลักษณะที่ไม่ดี
1. พันธุ์ปัตตาเวีย คุณสมบัติในการบรรจุกระป๋องนับว่าดี ทนทานต่อความแห้งแล้ง และขาดน้ำได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ ขอบใบเรียบ เนื้อในสีเหลือง เนื้อฉ่ำ รสหวาน	ไม่พบตะเกียง ไม่ทนต่อโรคมาก และต้นเน่าไม่ทนต่อโรคผลแกน รูปทรงของผลขนาดใหญ่ไม่ดี
2. พันธุ์ภูเก็ต รูปร่างทรงกระบอกสม่ำเสมอดี รสชาติดี เนื้อหวานกรอบ มีกลิ่นหอม เนื้อสีเหลืองจัด ตอบสนองสารเร่งดอกได้ดี การบรรจุกระป๋องไม่ค่อยดีนัก	ตาลึก เนื้อมีช่องว่างเป็นโพรง ในมีหนามมาก หน่อมากเกินไปจนเป็นกอ
ลักษณะที่ดี	**ลักษณะที่ไม่ดี**
3. พันธุ์นางแล ผลมีเปลือกบางมาก รสหวานแหลม เนื้อมีเยื่อใยน้อยสีเหลืองจัด ขอบใบมักเรียบ	ผลมีขนาดเล็ก ทรงกลม ผลย่อยนูนพอง ขนส่งทางไกลไม่ค่อยดี
4. พันธุ์อินทรชิต ทนต่อดินเหนียวและการระบายน้ำที่ไม่ดี ทนต่อโรคเน่า เปลือกผลหนา ทนต่อการขนส่ง เนื้อสีเหลือง ตอบสนองต่อสารเร่งดอกได้ดี	ไม่ค่อยทนแล้ง ผลขนาดเล็ก ตาเล็ก ตาลึกใบหนามาก เนื้อมีเยื่อใยมาก มีหลายจุก

ที่มา : นิรนาม, 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ประโยชน์ของสับปะรด

2.2.4.1 ผลสับปะรด

ผลสับปะรดซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นเนื้อและน้ำนั้นมีประโยชน์มากมาย ตั้งแต่การบริโภคผลสด รวมถึงเป็นสินค้าส่งออกต่างประเทศ นอกจากนี้ยังนำส่วนเนื้อสับปะรดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ สับปะรดกวน สับปะรดอบแห้ง สับปะรดในน้ำเชื่อม (บรรจุกระป๋อง) และแยมสับปะรด เป็นต้น ในส่วนน้ำสับปะรดที่คั้นได้สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ เครื่องดื่มน้ำสับปะรด ไวน์ และน้ำส้มสายชูเป็นต้น

2.2.4.2 หน่อหรือจุกสับปะรด

หน่อสับปะรด คือ ส่วนที่แตกขยายออกจากลำต้นเดิม จุกสับปะรด คือ ส่วนที่อยู่บนยอดผลสับปะรด ทั้งหน่อและจุกสับปะรด สามารถใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์ได้เช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้หน่อในการพันธุ์ เนื่องจากต้นโตเร็ว และได้ผลผลิตเร็วกว่าการใช้จุกขยายพันธุ์

2.2.4.3 ลำต้น

ลำต้นหรือเหง้าสับปะรด สามารถนำมาสกัดเอนไซม์โบรมิเลน เพื่อมาใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ รวมทั้งนำมาเข้าเครื่องยาสมุนไพรเพื่อทำยารักษาโรคได้

2.2.4.4 ใบ

ปกติชาวไร่สับปะรดจะฟันใบสับปะรดในช่วงก่อนบังคับการออกดอก ซึ่งเศษใบที่ฟันนั้นมีประโยชน์ในการคลุมหน้าดินและย่อยสลายเป็นปุ๋ยในแปลงสับปะรดต่อไป นอกจากนี้ ในปัจจุบันใบสับปะรดเป็นเศษวัสดุที่มีมูลค่า เนื่องจากมีการนำใบสับปะรดมาแปรรูปเป็นผ้าใยสับปะรด เป็นผ้าพื้นเมืองของประเทศฟิลิปปินส์ และกระดาษใบสับปะรด ซึ่งกำลังเป็นที่ต้องการของตลาด เพราะสามารถนำไปประดิษฐ์เป็นสิ่งของเครื่องใช้อื่นๆ ได้อีกมากมาย

2.2.4.5 เปลือก

เปลือกสับปะรดที่เหลือจากโรงงานแปรรูปสับปะรด มีประโยชน์มาก เนื่องจากส่วนตาที่เปลือกสับปะรดนั้นอุดมด้วยสารอาหารที่มีคุณค่า จึงมีการนำเปลือกสับปะรดมาเป็นอาหารของโค และสามารถอบแห้งเป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์อื่นๆ นอกจากนี้ยังนำมาทำเป็นน้ำปุ๋ยชีวภาพได้เป็นอย่างดี

2.2.4.6 แกน

แกนสับปะรดคือ ส่วนที่อยู่กลางผลต่อจากก้าน ปกติไม่นิยมนำมารับประทานสด เพราะเนื้อสัมผัสแข็งกระด้าง จึงได้นำมาแปรรูปเป็นแกนสับปะรดอบแห้ง และแกนสับปะรดหยี เพื่อเพิ่มมูลค่าได้อีกส่วนหนึ่ง

2.2.5 องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด

องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดจะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ พื้นที่ที่ใช้เพาะปลูก วิธีการปลูก และความอ่อนแก่ของสับปะรดขณะเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสับปะรด พบว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ เส้นใย น้ำตาลได้แก่ กลูโคส ฟรุตโตส และซูโครส และมีวิตามินซี นอกจากนี้พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดสุก ได้แก่ น้ำ (81.2-86.2) กรดซิตริก (0.6-1.62) ปริมาณของแข็งทั้งหมด (10.8-17.5) เส้นใยอาหาร (0.3-0.61) เถ้า (3.0-0.42) และไนโตรเจน (0.045-0.115)

วิจิตต์ (2529) ระบุว่าสับปะรดแต่ละพันธุ์เมื่อแก่จัด ปริมาณน้ำตาลและกรดแตกต่างกันโดยมีปริมาณน้ำตาลประมาณร้อยละ 8-14 ปริมาณกรดร้อยละ 0.5-1.5 แตกต่างตามพันธุ์ กรดและน้ำตาลส่วนใหญ่เป็นกรดซิตริก และน้ำตาลซูโครสตามลำดับ และพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตในเนื้อผลไม้มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงเมตาโบลิซึม เมื่อผลไม้แก่หรือสุกจะมีปริมาณแป้งลดลงเพราะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล รสหวานของผลไม้เกิดจาก กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ซึ่งจะหวานมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดและปริมาณน้ำตาลแต่ละชนิด อีกส่วนหนึ่งของคาร์โบไฮเดรต คือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และสารเพคตินที่อยู่ตามผนังเซลล์ มีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อผลไม้ แต่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ จึงมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย นอกจากนี้เมื่อผลเริ่มแก่จัดจะเกิดกลิ่นหอมของสับปะรด โดยองค์ประกอบทางเคมีของสับปะรดแสดง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีแยกวิเคราะห์ตามส่วนต่างๆ ของสับปะรด (ร้อยละของวัตถุแห้ง)

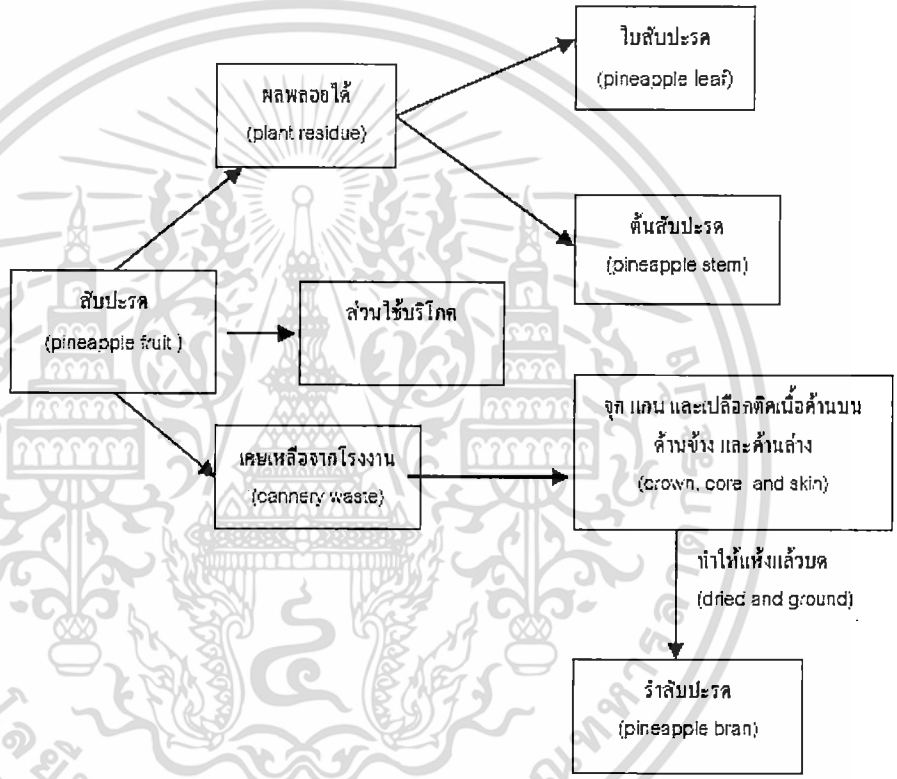
ส่วนประกอบ	เปลือกด้านข้าง	ส่วนหัว	ส่วนล่าง	แกน(ไส้)	เศษเนื้อ
ความชื้น	85.8	84.9	85.9	88.6	84.5
โปรตีน	4.4	4.1	5.4	3.2	3.6
ไขมัน	1.5	1.2	1.4	1.3	1.2
เยื่อใย	8.1	11.6	13.4	8.9	4.7
เถ้า	4.9	5.4	7.6	3.8	4.2
NFE	81.1	77.7	72.2	82.8	86.3
NDS	72.9	61.2	53.1	73.1	85.5
NDF	27.1	38.8	46.9	26.3	14.5
ADF	12.1	17.1	20.4	12.2	5.8
ADL	1.7	1.9	2.8	0.7	0.6
Cellulose	10.4	15.2	17.6	11.5	5.2
Hemicellulose	15.0	21.7	26.5	14.1	8.7

ที่มา : จินดา, 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ปริมาณผลพลอยได้และเศษเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูปสับปะรด

สับปะรดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ สับปะรดที่นิยมปลูกและมีคุณสมบัติเหมาะสม คือมีสัดส่วนของผลที่ใช้ประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจสูง และส่งโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ สับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย (จารุพันธุ์, 2526) จากการศึกษาของสมบัติและคณะ (2539) รายงานว่าสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวียมีสัดส่วนของต้นสับปะรดคิดเป็น น้ำหนักผลร้อยละ 37.35 ใบร้อยละ 38.78 จุกร้อยละ 7.77 ส่วนของต้น ก้านผลและหน่อเท่ากับร้อยละ 12.86, 3.08 และ 0.18 ตามลำดับ มาลี (2521) รายงานผลสับปะรดเมื่อเข้าโรงงานจะทำการปลิดจุกและก้านออกคิดเป็นน้ำหนักประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งผล



รูปที่ 2.3 แสดงผลพลอยได้และเศษเหลือจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง
ที่มา : จินดา, 2547

สับปะรดหนึ่งผลจะหนักประมาณ 1,754.4 กรัมต่อผล ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 3,870 กิโลกรัมต่อไร่ สับปะรดหนึ่งผลเมื่อเข้าแปรรูปในโรงงาน จะมีเศษเหลือใช้จากการทำสับปะรดกระป๋องประมาณ 1,228.1 กรัมต่อผล ในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้เปลือกสับปะรดเฉลี่ย 2,700.55 กิโลกรัม หรือถ้าคิดเป็นปริมาณเปลือกทั้งประเทศประมาณ 2.8 ล้านตัน ส่วนของใบสับปะรดประมาณ 4.0 ล้านตัน และจุกประมาณ 0.370 ล้านตัน (สมบัติและคณะ, 2537) เศษเหลือและผลพลอยได้เหล่านี้จะมีออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากทุกปีระหว่างเดือนเมษายนถึงมิถุนายน และระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึง มีนาคมในช่วงเวลาอื่นจะมีน้อย

2.2.7 การผลิตและการตลาดสับปะรดของประเทศไทย

สับปะรดเป็นพืชที่ปลูกได้ทั่วไปเกือบทุกภาคของประเทศไทย แต่เดิมนั้นการปลูกสับปะรดมีวัตถุประสงค์หลักในการบริโภคสด จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2510 ได้มีการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋องขึ้นเป็นครั้งแรก ดังนั้นจึงได้เกิดการผลิตสับปะรดเพื่อ

ตารางที่ 2.4 แสดงเนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของสับปะรดรายจังหวัดปี 2547-2549

จังหวัด	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)		
	2547	2548	2549	2547	2548	2549	2547	2548	2549
รวมทั้งประเทศ	556,275	613,800	629,199	2,100,979	2,183,280	2,597,770	3,777	3,557	4,129
ลำปาง	12,577	13,505	13,849	48,202	51,468	53,859	3,833	3,811	3,889
พิษณุโลก	17,860	26,971	27,982	88,255	109,647	132,915	4,941	4,065	4,750
อุตรดิตถ์	1,032	1,111	1,005	4,003	3,664	3,668	3,879	3,297	3,650
กำแพงเพชร	130	180	172	496	566	610	3,815	3,144	3,545
อุทัยธานี	20,039	21,355	22,207	81,859	84,433	90,582	4,085	3,954	4,079
เลย	1,026	1,085	1,060	3,549	3,639	3,657	3,459	3,354	3,450
หนองคาย	14,350	14,637	15,585	59,623	48,625	60,002	4,155	3,322	3,850
นครพนม	5,927	6,840	6,913	19,446	23,261	23,960	3,281	3,401	3,466
สุพรรณบุรี	4,002	4,402	4,012	13,411	13,338	13,508	3,351	3,030	3,367
ฉะเชิงเทรา	10,579	11,826	12,392	61,032	66,072	72,915	5,769	5,587	5,884
จันทบุรี	5,350	6,442	56,705	24,877	27,639	31,286	4,650	4,290	4,666
ตราด	18,577	25,273	26,089	63,570	84,841	92,407	3,422	3,357	3,542
ระยอง	56,377	58,524	61,707	315,770	309,416	388,446	5,601	5,559	6,295
ชลบุรี	30,290	31,880	32,506	205,298	191,429	214,072	6,778	6,005	6,589
กาญจนบุรี	30,569	32,267	32,555	95,156	93,533	100,237	3,113	2,899	3,079
ราชบุรี	30,367	31,482	32,039	92,647	86,799	99,481	3,051	2,757	3,105
เพชรบุรี	34,974	36,503	37,222	111,190	108,500	119,185	3,179	2,972	3,202
ประจวบคีรีขันธ์	251,055	276,587	281,458	764,503	824,828	1,039,143	3,045	2,982	3,692
ชุมพร	11,200	12,930	13,738	48,092	51,582	57,837	4,294	3,989	4,210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อุตสาหกรรมขึ้น ทำให้การปลูกสับปะรดแพร่ขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีการใช้ในการผลิตสับปะรดของประเทศไทยนั้น ประมาณร้อยละ 40 ของผลผลิตทั้งหมดเพื่อการเทคโนโลยีในการผลิตเพื่อบังคับให้ออกผลได้ตลอดปี จึงมีผลผลิตป้อนโรงงานได้สม่ำเสมอ ปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตสับปะรดได้มากเป็นอันดับต้นๆของโลก แหล่งปลูกสำคัญอยู่ในภาคกลาง โดยมีพื้นที่ปลูกสับปะรดทั้งหมดประมาณ 0.4 ถึง 0.5 ล้านไร่ แหล่งผลิตในภาคต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งใช้บริโภคสดภายในประเทศ หรือประมาณ 0.6 ถึง 0.8 ล้านตัน ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 60 เพื่อการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม หรือประมาณ 1.2 ถึง 1.5 ล้านตัน โดยการแปรรูปเป็นสับปะรดกระ-ป๋องและผลิตภัณฑ์อื่น ในด้านของการส่งออกประเทศไทยส่งออกสับปะรดกระป๋องมากเป็นอันดับต้นๆของโลก ทำรายได้ให้แก่ประเทศประมาณปีละ 6000 ถึง 7000 ล้านบาท โดยการส่งออกในรูปสับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรดกระป๋อง และสับประรดกวน เป็นต้น ประเทศคู่ค้าที่สำคัญได้แก่ สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐเยอรมัน เนเธอร์แลนด์ แคนาดา เบลเยียม สหราชอาณาจักร ญี่ปุ่น และประเทศในแถบตะวันออกกลาง ประเทศผู้ผลิตสับปะรดเพื่อการส่ง ออกที่เป็นคู่แข่งขันที่สำคัญได้แก่ ฟิลิปปินส์ จีน อินโดนีเซีย มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา บราซิล และเม็กซิโก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ใยอาหาร พบงานวิจัยมากมายที่วิเคราะห์ใยอาหารในวัตถุดิบต่างๆ ตั้งแต่ผัก ผลไม้จนไปถึงกากที่เหลือจากการแปรรูป ซึ่งในการวิเคราะห์จะใช้วิธีที่แตกต่างกันไป โดยในงานวิจัยของ อรุณี (2540) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของใยอาหารในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยใช้วัสดุเหลือทิ้ง 22 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้ง ใบยอ ใบคะน้า ใบชะพลู ผักโขม ถั่วฝักยาว ก้านบัว ก้านกล้วย กาบผักกาดขาว กาบกะหล่ำปลี เปลือกส้ม เปลือกมะนาว เนื้อส้ม ส่วนที่คั้นน้ำออกแล้ว แกนสับปะรด ซังขนุน เปลือกแตงโม เปลือกถั่วลิสง เปลือกแห้ว เปลือกข้าวโพด ซังข้าวโพด ฟางข้าว แกลบ วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารโดยวิธีเอนไซมาติก – กราวิเมตริก (Enzymatic Gravimetric Method) โดยใช้เครื่อง TECATOR (FIBERTEC System E 1023) และวิเคราะห์ความชื้นความสามารถในการอุ้มน้ำและวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลส จากผลการวิเคราะห์พบว่า เปลือกมะนาวมีปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดคือร้อยละ 33.5 เปอร์เซ็นต์ เปลือกถั่วลิสงมีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำสูงที่สุดคือร้อยละ 92.5 ซังข้าวโพดมีปริมาณใยอาหารรวมสูงที่สุดคือร้อยละ 92.9 กาบนอกของผักกาดขาวมีความชื้นสูงที่สุดคือร้อยละ 95.2 และซังข้าวโพดมีปริมาณเซลลูโลสสูงที่สุดคือร้อยละ 41 ของน้ำหนักแห้ง จากองค์ประกอบของเปลือกสับปะรดที่มีปริมาณเส้นใยอาหารในปริมาณมาก จึงได้มีการนำเปลือกสับปะรดมาประยุกต์ใช้ในด้านอาหาร โดยนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเส้นใย และต่อมาอรุณีและคณะ (2541) ได้ใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรเป็นแหล่งเส้นใยอาหารในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง โดยใช้เปลือกเผือก เปลือกสับปะรด และเปลือกถั่วงอก เป็นแหล่งของเส้นใยอาหารใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
116859

ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้ง โดยทดแทนร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง และทดสอบการยอมรับทางระบบประสาทสัมผัสโดย 5 points hedonic scale และวัดค่าแรงตัดขาดของข้าวเกรียบกุ้งด้วยเครื่อง Texturometer พบว่า การยอมรับทางระบบประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยจากเปลือกสับปะรดไม่แตกต่างจากสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และพบว่า ปริมาณและชนิดของเส้นใยอาหารมีผลต่อค่าแรงตัดขาดของข้าวเกรียบกุ้ง โดยข้าวเกรียบกุ้งที่เติมเส้นใยจากถั่วเหลืองจะมีค่าแรงตัดขาดสูงกว่าข้าวเกรียบกุ้งชนิดอื่นๆ และเส้นใยอาหารจากเปลือกสับปะรดสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบกุ้งได้ดีกว่าเส้นใยจากเปลือกเผือก และเปลือกถั่วงอก นอกจากนี้พิชญาภรณ์ (2542) ได้วิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เค้กเนยเสริมเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดพบว่า การเสริมเส้นใยอาหารในเค้กเนยด้วยเส้นใยอาหารจากกากสับปะรดพบว่าปริมาณกากสับปะรดมีผลต่อลักษณะของเค้กด้านความแน่นเนื้อ ความรู้สึกมีเส้นใย และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ $p < 0.05$ ซึ่งเค้กเนยเสริมกากสับปะรดร้อยละ 8 ได้รับการยอมรับสูงสุด และได้ทำการทดลองโดยเพิ่มปริมาณกากสับปะรดผงที่เติมเป็นร้อยละ 8, 10 และ 12 พบว่าสามารถเติมปริมาณกากสับปะรดได้สูงสุดถึงร้อยละ 10 โดยการเติมกากสับปะรดผงร้อยละ 10 ไม่มีผลต่อความฟู ปริมาตรจำเพาะ และความแข็งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$) แต่มีผลต่อค่าความหนืดของส่วนผสมเหลว ความยืดหยุ่น และความยึดติด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

นอกจากนี้ กุลวดี (2542) ได้ผลิตใยอาหารจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดฝักอ่อนด้วยวิธีสกัดด้วยน้ำ พบว่าผลิตภัณฑ์ใยอาหารที่ได้จากการสกัดจากฝักอ่อน ใบและขั้วอ่อน พบว่ามีปริมาณใยอาหารร้อยละ 57.06 และ 69.41 ตามลำดับ ในขณะที่ผงแห้งจากฝักอ่อนดิบ ใบและขั้วดิบ มีใยอาหารทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 17.10 และ 26.55 ตามลำดับ และได้วิเคราะห์หาคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดด้วยวิธีการหาองค์ประกอบโดยประมาณ และค่าความหนืด (viscosity) ด้วย Brabender Amylograph จากนั้นวัดสีด้วยเครื่อง The Data color international spectroflash และได้นำผลิตภัณฑ์ใยอาหารที่ผลิตได้ไปผสมกับแป้งข้าวเจ้าแล้วนำไปทำก๋วยเตี๋ยวพบว่าก๋วยเตี๋ยวที่มีการผสมใยอาหารได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค เมื่อผสมใยอาหารลงไปไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของแป้งข้าวเจ้า

จากการวิจัยของนิธิมา (2545) พบว่า เปลือกส้มเขียวหวานเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารที่ดีโดยมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 52.89 โดยน้ำหนักแห้ง และได้ศึกษาการแปรรูปและลักษณะเฉพาะของเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวาน โดยศึกษาอุณหภูมิในการทำแห้ง พบว่า ผงเปลือกส้มที่ทำแห้งแบบสุญญากาศมีสีที่ดี และความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน ($p \leq 0.05$) ส่วนการทำแห้งโดยวิธีแบบแช่เยือกแข็งมีสี กลิ่น และการยอมรับรวมดีกว่าวิธีทำแห้งแบบสุญญากาศ ($p \leq 0.05$) และเมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ พบว่า เส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มเขียวหวานที่ผลิตได้มีเส้นใยอาหารสูงถึงร้อยละ 76.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนของเส้นใยอาหารละลายน้ำและไม่ละลายน้ำมีค่า 1 ต่อ 2 ความสามารถในการอุ้มน้ำสูงถึง 11.96 กรัมน้ำต่อกรัมตัวอย่างแห้ง และยังมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันได้ถึง 1.67 กรัมน้ำมันต่อกรัมตัวอย่าง โดยมีลักษณะของเส้นใยอาหารจากเปลือกส้มมีสีเหลืองและกลิ่นส้ม มีรสขมเล็กน้อย ลักษณะโครงสร้างซึ่งปรากฏในภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดพบว่า มีความเป็นรูพรุนมาก การเสริมเส้นใยอาหารผงจากเปลือกส้มในผลิตภัณฑ์เค้กถ้วยแทนแป้งร้อยละ 2-6 พบว่า ได้รับการยอมรับค่อนข้างดี นอกจากนี้ปิยอนงค์ (2545) ได้นำเปลือกถั่วเหลืองบดมาใช้เป็นแหล่งเส้นใยอาหารในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันทั่วไปและมีปริมาณเส้นใยอาหารต่ำ จึงได้วิจัยโดยนำเปลือกถั่วเหลืองบดมาใช้ในการทดแทนบางส่วนของแป้งในบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป พบว่า ปริมาณที่สามารถแทนที่ได้มากที่สุดคือ ร้อยละ 15 โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มและมีเนื้อสัมผัสที่สากขึ้นมากกว่าสูตรควบคุม การปรับคุณภาพของเส้นบะหมี่ทำโดยปรับปริมาณกลูเตนเพื่อปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้น และศึกษาการยอมรับโดยรวมของบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองจากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า อยู่ในระดับความชอบเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารมีปริมาณเส้นใยอาหาร คิดเป็นร้อยละ 20 ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำให้คนไทยบริโภคในแต่ละวัน หรือ 5 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภคอ้างอิง จึงสามารถเรียกได้ว่าเป็นแหล่งที่มีเส้นใยอาหารสูง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่าบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองมีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นถึง 4.3 เท่า ส่วนบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ปรับอัตราส่วนของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำกับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ มีปริมาณเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้นถึง 4.6 เท่า และมีพลังงานลดลง โดยบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหารจากเปลือกถั่วเหลืองมีพลังงานลดลง 4.8 เท่า ส่วนบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ปรับอัตราส่วนของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำกับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีพลังงานลดลง 6.9 เท่า แต่เมื่อคำนวณเฉพาะราคาวัตถุดิบพบว่า มีราคาสูงขึ้น

ต่อมาศิริขวัญ (2548) ได้วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารในพืชพื้นบ้านบางชนิดโดยวิธี นอนเอนไซมาติก กราวิเมตริก (non-enzymatic Gravimetric method) โดยพืชพื้นบ้าน ได้แก่ ฟักทอง ฟักเขียว มะระ บวบเหลี่ยม และแตงกวา โดยนำพืชตัวอย่างมาต้มกับกรดซัลฟิวริกร้อยละ 1.25 และโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.25 แล้วกรองด้วยน้ำกลั่นร้อน น้ำกลั่นเย็น และอะซีโตน ตามลำดับ จะได้เส้นใยอาหารและแร่ธาตุ และนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 ชั่วโมงและเผาในเตาเผาอุณหภูมิสูง อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง ส่วนที่หายไปจะเป็นปริมาณใยอาหารในผลไม้แห้ง จากผลการวิจัยพบว่า บวบเหลี่ยมมีปริมาณใยอาหารมากที่สุด คือ ร้อยละ 23.8817 รองลงมาคือ มะระ ฟักเขียว แตงกวา ซึ่งมีปริมาณใยอาหารเท่ากับร้อยละ 17.1451 14.8356 14.4290 ตามลำดับ และฟักทองมีปริมาณใยอาหารน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 7.8597

ส่วน Claye และคณะ (1996) ได้ศึกษาปริมาณใยอาหารจากวัตถุดิบ 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโอ๊ต มะเขือเทศ และแอปเปิ้ล โดยได้วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ วิเคราะห์ใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ และปริมาณใยอาหารทั้งหมด พบว่า ปริมาณโปรตีนในแต่ละตัวอย่างจะแตกต่างกันโดยข้าวโอ๊ตจะมีน้อยที่สุดคือ ร้อยละ 4.6 มะเขือเทศพบมากที่สุดคือ ร้อยละ 24.9 ปริมารใยอาหารที่ละลายน้ำจะพบในข้าวโอ๊ตน้อยที่สุด คือร้อยละ 1.5 และพบมากที่สุดในแอปเปิ้ลคือมีร้อยละ 13.9 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจะพบในข้าวน้อยที่สุด คือร้อยละ 46.7 และพบในข้าวโอ๊ตมากที่สุดคือร้อยละ 73.6 ส่วนปริมาณใยอาหารทั้งหมด จะพบในข้าวน้อยที่สุดคือร้อยละ 51.4 และพบในข้าวโอ๊ตมากที่สุดคือร้อยละ 75.1 สัดส่วนของเฮมิเซลลูโลสมีปริมาณมากในทุกตัวอย่าง ยกเว้นในข้าว โดยข้าวสาลีจะมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูงที่สุดคือร้อยละ 44.0 รองลงมาเป็นแอปเปิ้ลพบร้อยละ 38.4 ข้าวโอ๊ตร้อยละ 38.3 มะเขือเทศพบ ร้อยละ36.5 และในข้าวจะพบน้อยที่สุด คือร้อยละ 31.6 ปริมาณเซลลูโลสพบร้อยละ 32.2 26.6 24.4 20.8 และ 19.7 ของใยอาหารทั้งหมดใน ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าว แอปเปิ้ลและมะเขือเทศ ตามลำดับ ส่วนปริมาณลิกนินจะพบในข้าวสาลีน้อยที่สุดคือร้อยละ 5.2 และพบในข้าวโอ๊ตมากที่สุด คือร้อยละ 21.4

ต่อมา Redondo-Cuenca และคณะ (2006) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและใยอาหารในถั่วเหลืองอ่อนและถั่วเหลืองแก่ โดยในถั่วเหลืองแต่ละชนิดแบ่งตามการเพาะปลูก ในถั่วเหลืองอ่อนจะแบ่งเป็น ถั่วเหลืองอ่อนที่ปลูกแบบคอนเวนชันนอล (conventional) และถั่วเหลืองอ่อนที่ปลูกแบบอีคอโลจิคอล (ecological) ส่วนถั่วเหลืองแก่แบ่งออกเป็น ถั่วเหลืองแก่ที่ปลูกแบบคอนเวนชันนอล ถั่วเหลืองแก่ที่ปลูกแบบอีคอโลจิคอล ถั่วเหลืองแก่ที่ได้รับการตัดแต่งพันธุกรรม และถั่วเหลืองแก่ที่ไม่ได้รับการตัดแต่งพันธุกรรม พบว่าในถั่วเหลืองแก่มีปริมาณใยอาหาร ไขมันและเถ้า มากกว่าในถั่วเหลืองอ่อน แต่ความชื้นและคาร์โบไฮเดรตมีในถั่วเหลืองอ่อนมากกว่า สำหรับปริมาณโปรตีนจะพบใกล้เคียงกัน การวิเคราะห์ใยอาหาร โดยใช้วิธีของ Englyst และคณะ (1994) เป็นการวิเคราะห์ใยอาหารโดยใช้การวิเคราะห์น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของใยอาหารโดยใช้เทคนิค แก๊ส-ลิควิดโครมาโทกราฟี พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณใยอาหารสูง คือในถั่วเหลืองแก่มีใยอาหาร 13.7-16.5 กรัมต่อ 100 กรัม และในถั่วเหลืองอ่อนจะพบน้อยกว่าคือมีใยอาหาร 9.19-9.45 กรัมต่อ 100 กรัม

นอกจากนี้ Sowbhagya และคณะ (2007) ได้วิจัยเกี่ยวกับกากเมล็ดยี่หร่าที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกไปแล้วโดยคาดว่าจะสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งของการสกัดใยอาหารได้ โดยในเมล็ดยี่หร่าก่อนที่จะผ่านการสกัดน้ำมันนั้นจะพบใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 59 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 48.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 10.5 ขณะที่กากของเมล็ดยี่หร่าที่ผ่านการสกัดน้ำมันออกไปแล้วจะพบใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 62.1 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 51.7 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 10.4 ดังนั้นกากของเมล็ดยี่หร่าจึงถือว่าเป็นแหล่งของใยอาหารที่ดี นอกจากนี้ยังเป็นการนำวัตถุดิบที่เหลือจากการแปรรูปทางอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ได้ เป็นการลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากของเหลือทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม

จากการศึกษาและค้นคว้าที่ผ่านมาพบว่าแหล่งที่พบเส้นใยอาหารส่วนใหญ่พบในส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช ผัก ผลไม้ เมล็ดของธัญพืช (cereal grains) ถั่วต่าง ๆ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากให้ความสำคัญกับการผลิตเส้นใยอาหารจากวัตถุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและจากการเกษตร โดยได้มีการพัฒนางานวิจัย ทางด้านการค้นหาเทคนิคใหม่ ๆ ในการสกัดและแยกเส้นใยอาหารออกมาจากแหล่งวัตถุดิบต่าง ๆ ให้ได้มากที่สุด รวมถึงมีการปรับปรุงคุณภาพของเส้นใยอาหารที่ผลิตได้ ให้มีความบริสุทธิ์สูง ทั้งนี้เพื่อเป็นเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ การผลิตเส้นใยอาหารจากแหล่งที่เป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ และจากที่กล่าวมาพบว่าวัตถุดิบเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารและจากการเกษตรถือว่าเป็นแหล่งเส้นใยอาหารที่สำคัญแหล่งหนึ่ง สำหรับในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม พบว่ามีวัตถุดิบจากการเกษตรจำนวนมากที่ไม่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ ดังนั้นแนวโน้มในการผลิตเส้นใยอาหารที่มีคุณประโยชน์สูงจากวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรด จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้กับวัตถุดิบเหลือใช้จากอุตสาหกรรมอื่น ๆ และจากผลิตผลทางการเกษตรชนิดอื่นได้ด้วย จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้เกิดพัฒนางานทางด้านงานวิจัย เพื่อทำให้การแข่งขันทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดให้มากขึ้นและเป็นการยกระดับเศรษฐกิจของไทยให้สูงขึ้น

จากการวิเคราะห์พบปริมาณเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำมากกว่าปริมาณเส้นใยอาหารละลายน้ำ เนื่องจากโครงสร้างหลักของพืชประกอบด้วยส่วนของเส้นใยไม่ละลายน้ำ ซึ่งช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างพืช ทำให้พืชคงรูปร่างไว้ได้ ส่วนเส้นใยละลายน้ำทำหน้าที่ให้โครงสร้างพืชมีความยืดหยุ่น และจากการวิเคราะห์เส้นใยอาหารในเปลือกสับปะรด พบเส้นใยอาหารในปริมาณสูง โดยเฉพาะในเปลือกสับปะรดแห้ง เนื่องจากส่วนของเส้นใยมีอยู่ในเนื้อวัตถุดิบ โดยเส้นใยในเปลือกสับปะรดสามารถใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้ ดังนั้นเปลือกสับปะรดที่มีเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำในปริมาณสูง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมสุขภาพ เพราะประโยชน์จากการบริโภคเส้นใยอาหารมีผลให้กระบวนการทางสรีรวิทยาของร่างกายเกิดความสมดุล ระบบขับถ่ายทำงานเป็นปกติ ช่วยป้องกันอาการท้องผูก ลดระดับกลูโคสและคลอเรสเตอรอล ในกระแสเลือด ทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและหลอดเลือดหัวใจ โรคริดสีดวงทวาร โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคไส้ติ่งอักเสบ เป็นต้น จากคุณประโยชน์ของเส้นใยอาหารและองค์ประกอบพื้นฐานของสับปะรด เป็นแนวทางในการนำใช้ในการวัตถุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดมาผลิตเส้นใยอาหารได้ ซึ่งในการผลิตเส้นใยอาหารจากวัตถุดิบเหลือใช้นั้น จำเป็นต้องศึกษาและหาวิธีที่เหมาะสมในการแยกและสกัดเส้นใยออกมาให้ได้มากที่สุด งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในด้านการเทคนิคที่สะอาด ปลอดภัย รวดเร็วและมีต้นทุนในการผลิตต่ำ เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพในด้านการผลิตเส้นใยอาหารของไทยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

กากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรด จากโรงงาน บริษัท สยามอุตสาหกรรมการเกษตรสับปะรด จำกัด จากนั้นนำส่วนเปลือกสับปะรด แกนสับปะรด และกากสับปะรด มาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และทำการบดให้ละเอียดเป็นผงแห้ง และเก็บตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตใยอาหารชนิดละลายน้ำในลำดับต่อไป

3.2 สารเคมี

สารเคมี	บริษัท
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	BDH
กรดซัลฟูริก (H_2SO_4)	MERCK
กรดบอริก (H_3BO_3)	MERCK
กรดไฮโดรคลอริก (HCl)	MERCK
คอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($CuSO_4.5H_2O$)	MERCK
ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petrolium Ether)	Panreac, Schalau
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)	MERCK
เอ็น-ออกตานอล (N-octanol)	MERCK
เอทานอล	องค์การสุรา กรมสรรพสารมิตร
กรดซิตริก (citric acid)	MERCK
ไดเบสิกโซเดียมฟอสเฟต ($Na_2HPO_4.7H_2O$)	MERCK
แอลฟาอะไมเลส (α-Amylase)	Sigma
โปรตีเอส (Protease)	Sigma

3.3 อุปกรณ์

อุปกรณ์	บริษัท
อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า	Memmert
ตู้อบลมร้อน	Memmert

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	OHAUS
โถดูดความชื้น	DURAN
หลอดย่อย	Gerhardt
เตาย่อย	Gerhardt
เครื่องกลั่น	Gerhardt
บิวเรต	PYREX
ถ้วยสกัดไขมัน	BUCHI
เครื่องสกัดไขมัน	BUCHI
เตาเผา	GALLENKAMP
ถ้วยกระเบื้อง	HCT
เครื่องมือชุดวิเคราะห์เส้นใยหยาบ	VELP
ซินเตอร์กลาส	ROBU-GLAS
เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง	Denver instrument 215, USA
เครื่องแก้ว	PYREX, DURAN

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของของเหลือจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด

3.4.1 การวิเคราะห์ความชื้น (Moisture) (AOAC, 1990)

นำ moisture can ที่ใช้ในการวิเคราะห์มาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที จากนั้นนำออกมาใส่โถดูดความชื้น รอจนเย็นแล้วชั่งน้ำหนักชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน moisture can ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทำการอบที่สภาวะเดิมอีก 2-3 ครั้ง จนได้น้ำหนักที่คงที่ นำน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณโดยใช้สูตร

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

เมื่อ A คือ น้ำหนักของ moisture can เปล่า

B คือ น้ำหนักของ moisture can กับน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

C คือ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

3.4.4 การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ล (Crude protein) (AOAC, 1990)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยสำหรับการวิเคราะห์โปรตีน เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการย่อยตัวอย่าง เติมสารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดรตและโพแทสเซียมซัลเฟต 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 การวิเคราะห์เส้นใยอาหารหยาบ (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 เปิดให้ความร้อนเข้าทุกครั้งที่ทำการล้าง ทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะได้น้ำหนักแห้งที่คงที่ ค่านี้เป็นน้ำหนักของเส้นใยอาหารหยาบรวมกับน้ำหนักของเถ้า ทำการหาปริมาณของเถ้าแล้วนำน้ำหนักของเถ้ามาหักลบกับน้ำหนักเส้นใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยาบที่รวมกับเถ้า จะได้น้ำหนักของเส้นใยอาหารหยาบที่ปราศจากเถ้า นำค่าที่ได้มาคำนวณหาร้อยละเส้นใยอาหารหยาบจากสูตร

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

3.4.6 การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (AOAC,1990)

การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตจะใช้วิธีการคำนวณจากสมการ ดังนี้

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

3.5 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำ (Woo และคณะ, 2005)

3.5.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

3.5.1.1 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์

ชั่งตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น10, 15, 20, 30, 40 และ 50 เท่าของน้ำหนักตัวอย่าง ตามลำดับ นำไปปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.8 จากนั้นเติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl) ปริมาณ 200 ไมโครลิตร (คิดเป็นร้อยละ 10) จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำกากส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำส่วนใสไปตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่ถูกย่อยออกมา (ต่อกรัมตัวอย่าง)

3.5.1.2 การศึกษาค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์

ชั่งตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.1.1 และนำไปปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ให้มีค่าเท่ากับ 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 5.8, 5.9, 6.0, 6.5 และ 7.0 ตามลำดับ เติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl) ปริมาณ 200 ไมโครลิตร (คิดเป็นร้อยละ 10 โดยปริมาตร) จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำส่วนใสไปตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวส์ที่ถูกย่อยออกมา (ต่อกรัมตัวอย่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.3 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.1.1 และนำไปปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ให้มีค่าเหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.1.2 และเติมเอนไซม์แอลฟาอะ-ไมเลสปริมาณ 20, 60, 100, 200 และ 400 ไมโครลิตร (คิดเป็นร้อยละ1, 3, 5, 10, 20 และ 40 โดยปริมาตร ตามลำดับ) จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2(pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำส่วนใสไปตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวส์

3.5.1.4 การศึกษาระยะเวลาในการบ่มเพื่อกำจัดแป้งออกที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.1.1 และนำไปปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ให้มีค่าเหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.1.2 และเติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสปริมาณ ที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.1.3 จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำส่วนใสไปตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวส์

3.5.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโปรตีนออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์โปรติเอส

3.5.2.1 การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งปริมาณ 3 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 เท่าของน้ำหนักตัวอย่าง ตามลำดับ นำไปปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 7.0 และเติมเอนไซม์โปรติเอสปริมาณ 200 ไมโครลิตร (คิดเป็นร้อยละ 10 โดยปริมาตร) จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ลเพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกมา

3.5.2.2 การศึกษาปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งปริมาณ 3 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.2.1 และนำไปปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 7.0 และเติมเอนไซม์โปรติเอสปริมาณ 120, 240, 300, 600 และ 1500 ไมโครลิตร (คิดเป็นร้อยละ 2, 4, 6, 8, 10, 20 และ 50 โดยปริมาตร) จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปตรวจสอบปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ลเพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกจากกากสับปะรด

3.5.2.3 การศึกษาระยะเวลาบ่มที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งปริมาณ 3 กรัม ในฟลาสก์ขนาด 125 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น ในปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.2.1 และนำไปปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มอล ให้มีค่าเท่ากับ 7.0 และเติมเอนไซม์โปรติเอสปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.2.2 จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 45, 60 และ 120 นาที ตามลำดับ แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปตรวจวัดหาปริมาณโปรตีนโดยวิธีเจลดาห์ลเพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกจากกากสับปะรด

3.5.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแยกใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำโดยการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.5.3.1 การศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งและโปรตีน 1 กรัม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.5, 0.75, 1, 2 และ 5 โดยปริมาตร ตามลำดับ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำสารละลายใสซึ่งประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ไปวัดค่าการโปร่งแสงเพื่อหาค่าร้อยละของความโปร่งแสงของสารละลาย (% transparency) ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโทรเมตรี โดยเทียบกับน้ำกลั่นโดยให้มีค่าร้อยละของความโปร่งแสงเป็นร้อยละ 100 และหาค่าร้อยละของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบในสารสะลายใสด้วย

3.5.3.2 การศึกษาปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งและโปรตีน 1 กรัม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.3.1 ปริมาตร 15, 20, 25 และ 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ในทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำสารละลายใสซึ่งประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำไปวัดค่าการโปร่งแสงเพื่อหาค่าร้อยละของความโปร่งแสงของสารละลาย (% transparency) ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโทรเมตรี โดยเทียบกับน้ำกลั่นโดยให้มีค่าร้อยละของความโปร่งแสงเป็นร้อยละ 100 และหาค่าร้อยละของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบในสารสะลายใสด้วย

3.5.3.3 การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการบ่ม

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งและโปรตีน 1 กรัม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.3.1 ปริมาตรที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.3.2 จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 70, 75 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำสารละลายใสซึ่งประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ไปวัดค่าการโปร่งแสงเพื่อหาค่าร้อยละของความโปร่งแสงของสารละลาย (% transparency) ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโทรเมตรี โดยเทียบกับน้ำกลั่นโดยให้มีค่าร้อยละของความโปร่งแสงเป็นร้อยละ 100 และหาค่าร้อยละของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบในสารสะลายใสด้วย

3.5.3.4 การศึกษาระยะเวลาบ่มที่เหมาะสม

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดแป้งและโปรตีน 1 กรัม เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นและปริมาณที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.3.1 และ 3.5.3.2 จากนั้นนำไปบ่มในเครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิที่เหมาะสมตามที่ได้ศึกษาในข้อ 3.5.3.3 เป็นเวลา 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 (pore size 36-100 ไมครอน) ภายใต้สุญญากาศ นำส่วนบนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่ของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จากนั้นนำส่วนใสไปวัดค่าการโปร่งแสงเพื่อหาค่าร้อยละของความโปร่งแสงของสารละลาย (% transparency) ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโทรเมตรี โดยเทียบกับน้ำกลั่นโดยให้มีค่าร้อยละของความโปร่งแสงเป็นร้อยละ 100 และหาค่าร้อยละของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบในสารสะลายใสด้วย

3.5.4 ขั้นตอนการกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใสโดยการกำจัดสีด้วยเรซิน (Desalting and Decolorization)

นำส่วนใสที่กรองได้จากกระบวนการแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำโดยการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับค่าพีเอชให้ได้เท่ากับ 6 จากนั้นเติมเรซินแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง (strongly acidic cation exchange resin) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน (weakly basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

anion exchange resin) ลงเพื่อกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ โดยการเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที จากนั้นกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 และนำสารละลายใสไปวัดค่าการโปร่งแสงเพื่อหาค่าร้อยละของความโปร่งแสงของสารละลาย (% transparency) ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโทรเมตรี โดยเทียบกับน้ำกลั่นโดยให้มีค่าร้อยละของความโปร่งแสงเป็นร้อยละ 100

3.5.5 ขั้นตอนการทำเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ให้บริสุทธิ์ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์ (enzymatic treatment) และการทำให้เข้มข้น

นำสารละลายใสของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำหลังจากผ่านกระบวนการกำจัดเกลือและกำจัดสีด้วยเรซิน ปริมาตร 75 มิลลิลิตร มาปรับค่าพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 4.8 จากนั้นเติมสารละลายเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) เข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง จากนั้นนำไปบ่มที่เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยเขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปกรองผ่านซินเตอร์กลาสเบอร์ 2 และนำสารละลายใสไปวัดค่าการโปร่งแสงเพื่อหาค่าร้อยละของความโปร่งแสงของสารละลาย (% transparency) ที่ความยาวคลื่น 720 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโทรเมตรี โดยเทียบกับน้ำกลั่นโดยให้มีค่าร้อยละของความโปร่งแสงมีค่าเท่ากับ 100

จากนั้นทำบริสุทธิ์เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยเติมผงถ่านคาร์บอนลงไป และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วินาทีและทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายไปกรองผ่านกระดาษกรอง GF/B ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน ภายใต้สุญญากาศ จากนั้นนำสารละลายใสที่ผ่านการกรองแล้วมาทำให้เข้มข้นโดยการระเหยภายใต้ความดันสุญญากาศ (vacuum evaporation) จนเหลือปริมาตรของสารละลายประมาณร้อยละ 6 ของปริมาตรเริ่มต้น จากนั้นนำไปทำให้แห้งโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze dying) จะได้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่เป็นผงแห้ง และชั่งน้ำหนักของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำโดยใช้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด ที่ได้รับมาจาก โรงงาน บริษัทสยามอุตสาหกรรมเกษตรสับปะรด จำกัด โดยนำส่วนของกากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรด ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และบดให้ละเอียดจะได้ผงแห้งของกาก แกน และเปลือกสับปะรด จากนั้นนำไปหาองค์ประกอบทางเคมีและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ พร้อมทั้งทำบริสุทธิ์เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำที่ผลิตได้ด้วย

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกาก แกน และเปลือกสับปะรดที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด โดยได้ศึกษาหาองค์ประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ความชื้น ปริมาณไขมัน โปรตีน ใยอาหาร เถ้า และคาร์โบไฮเดรต โดยการวิเคราะห์ความชื้นจะนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสตามวิธีของ AOAC (1990) ปริมาณไขมันวิเคราะห์โดยการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์โดยใช้เครื่องมือการสกัดซอกห์เลต (soxhlet extraction) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธีเจดาร์ลซึ่งเป็นการวิเคราะห์โปรตีนจากเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ปริมาณเถ้าวิเคราะห์โดยนำไปเผาในเตาเผาตามวิธีของ AOAC (1995) ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดวิเคราะห์โดยการนำไปสกัดด้วยกรดและด่างตามวิธีของ AOAC (1990) และปริมาณคาร์โบไฮเดรตสามารถคำนวณได้จากการหักลบร้อยละของค่าความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้าและเส้นใยอาหารทั้งหมด ซึ่งผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของของเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสับปะรด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

จากการนำของเหลือทิ้งจากการแปรรูปสับปะรดคือ กากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรดมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า ปริมาณความชื้นในกากสับปะรดจะมีมากที่สุดคือร้อยละ 13.44 รองลงมาคือในเปลือกสับปะรดและแกนสับปะรด โดยมีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 10.06 และ 5.31 ตามลำดับโดยปริมาณความชื้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ปริมาณไขมันที่พบในกากสับปะรด เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรดมีปริมาณใกล้เคียงกันและมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่น โดยพบร้อยละ 0.35, 0.62 และ 0.32 ตามลำดับแต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณโปรตีนพบว่าแกนสับปะรดมีโปรตีนมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คือร้อยละ 9.30 รองลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือกากสับปะรดมีปริมาณโปรตีนเท่ากับร้อยละ 7.40 และเปลือกสับปะรดมีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดคือร้อยละ 4.69 สำหรับปริมาณเถ้าที่พบใน กาก แกนและเปลือกสับปะรด โดยพบมีร้อยละ 3.78 3.82 และ 3.97 ตามลำดับ โดยเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต พบปริมาณในเปลือกและแกนสับปะรดมีค่าใกล้เคียงกันโดยพบมีร้อยละ 70.37 และ 68.55 และพบในกากสับปะรดน้อยที่สุดคือพบร้อยละ 56.62 และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากสับปะรด เปลือกสับปะรด และแกนสับปะรดจากการแปรรูปสับปะรด

องค์ประกอบทางเคมี	ส่วนของสับปะรด (ร้อยละ)		
	กาก	เปลือก	แกน
ความชื้น	$13.44^{a} \pm 0.34$	$10.06^{b} \pm 0.08$	$5.28^{c} \pm 0.11$
ไขมัน	$0.35^{b} \pm 0.02$	$0.62^{a} \pm 0.13$	$0.32^{c} \pm 0.03$
โปรตีน	$7.40^{b} \pm 0.02$	$4.69^{c} \pm 0.05$	$9.3^{a} \pm 0.15$
ใยอาหาร	$18.41^{a} \pm 0.09$	$10.44^{c} \pm 0.36$	$12.58^{b} \pm 0.48$
เถ้า	$3.78^{c} \pm 0.23$	$3.82^{b} \pm 0.26$	$3.97^{a} \pm 0.04$
คาร์โบไฮเดรต	$56.62^{c} \pm 0.06$	$70.37^{a} \pm 0.16$	$68.55^{b} \pm 0.72$

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดในกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่า ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดที่พบในกากสับปะรดมีปริมาณที่มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คิดเป็นร้อยละ 18.41 รองลงมาคือแกนสับปะรดพบเส้นใยอาหารทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 12.58 และในเปลือกสับปะรดพบปริมาณใยอาหารน้อยที่สุดคือร้อยละ 10.44 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ กากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรดพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และพบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณใยอาหารหยาบทั้งหมด ในกากสับปะรดจะมีปริมาณใยอาหารหยาบมากที่สุด และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตน้อยที่สุด ซึ่งในการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตต้องผ่านกระบวนการกำจัดแป้งออกก่อน ดังนั้นกากสับปะรดจึงเป็นของเหลือทิ้งจากการแปรรูปสับปะรดที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำมากที่สุด แต่ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการเตรียมเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากกาก แกน และเปลือกสับปะรด เนื่องจากเป็นของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำจากกากสับปะรด

ในการผลิตใยอาหารที่ละลายน้ำ จะประกอบด้วยขั้นตอน การกำจัดแป้ง การกำจัดโปรตีน การแยกใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีวิธีการและสภาวะในการทำงานที่แตกต่างกันออกไป

4.2.1 การกำจัดแป้งออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl)

การกำจัดแป้งออกจากตัวอย่างจะใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสเพื่อย่อยแป้ง โดยใช้เอนไซม์อะไมเลสที่ผลิตได้จากเชื้อ *Bacillus licheniformis* โดยจะสภาวะในการกำจัดแป้ง จะต้องศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างให้มีความชื้นที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส นอกจากนี้ต้องศึกษาค่าพีเอช ปริมาณเอนไซม์ และระยะเวลาในการบ่มที่เหมาะสมเพื่อเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสสามารถย่อยสลายแป้งออกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรดให้มากที่สุด ซึ่งในการบ่มจะนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า จากนั้นนำไปกรอง แล้วนำไปอบแห้งเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่กำจัดแป้งแล้ว โดยในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของแต่ละส่วน โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ทั้งหมดที่ได้จากการย่อยสลายแป้งของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

4.2.1.1 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะ ไมเลส

ในการกำจัดแป้งสำหรับการสกัดใยอาหารออกจากกากสับปะรด ได้ศึกษาปริมาณน้ำที่เติมลงไปในกากสับปะรด เพื่อกาก และ และเปลือกสับปะรดมีความชื้นที่แตกต่างกันเมื่อเติมน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยเติมน้ำปริมาตร 10, 15, 20, 30, 40 และ 50 เท่าของน้ำหนักกากสับปะรดแห้ง จากนั้นเติมเอนไซม์อะไมเลสในปริมาณ 200 ไมโครลิตร คิดเป็นร้อยละ 10 และนำไปบ่มที่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรด และชั่งหาน้ำหนักของกากสับปะรดที่ได้หลังจากการกำจัดแป้งออกแล้ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยแป้งออกจากกากสับปะรด พบว่าเมื่อเติมปริมาณน้ำเท่ากับ 10 เท่าของน้ำหนักกากสับปะรดแห้ง จะได้ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบมีค่าเท่ากับ 59.80 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่เมื่อพิจารณาปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ต่อปริมาณของน้ำหนักแห้งสับปะรดเริ่มต้น พบว่าเมื่อใช้ปริมาณ 15 เท่าของน้ำหนักแห้งสับปะรด พบว่าจะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยสลายของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสออกมามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1,019.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักกากสับปะรดแห้งเริ่มต้น เมื่อเทียบกับเมื่อใช้ปริมาณ 20 30 40 และ 50 เท่าและวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักของส่วนเหลือของสับปะรดหลังจากการกำจัดแป้ง มีค่าลดลงจากเริ่มต้นมากที่สุดด้วย และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่ามีปริมาณคงเหลือเท่ากับ 0.986 กรัม สำหรับการกำจัดแป้งออกจากแกนสับปะรดพบว่า ที่ปริมาณ 20 เท่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ถูกกำจัดออกมาจากแกนสับปะรดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกากและเปลือกสับปะรด โดยพบว่ามีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 1,047.8 กรัมต่อน้ำหนักแกนสับปะรดแห้งเริ่มต้น และพบว่ามีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 50.41 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และพบว่ามีน้ำหนักของแกนสับปะรดคงเหลือเท่ากับ 0.955 กรัมจากน้ำหนัก

ตารางที่ 4.2 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งออกจากของเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปสับปะรดของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส (Termamyl)

ปริมาณน้ำ (เท่าของน้ำหนักแห้ง)	ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกย่อยสลายออกมา (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)			ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม)			น้ำหนักของส่วนเหลือของสับปะรดหลังจากการกำจัดแป้ง (กรัม)		
	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก
10	59.80^{a}	61.69^{a}	14.66^{a}	624.06^{f}	736.62^{f}	146.22^{f}	1.388^{a}	1.273^{a}	1.859^{a}
15	46.89^{b}	60.07^{b}	11.93^{b}	1019.2^{a}	1047.8^{b}	202.20^{a}	0.986^{f}	0.959^{d}	1.804^{c}
20	43.65^{c}	50.41^{c}	8.88^{c}	944.58^{b}	1053.8^{a}	190.28^{d}	1.060^{c}	0.955^{d}	1.818^{b}
30	33.38^{d}	34.60^{d}	6.82^{d}	936.20^{c}	1017.8^{d}	193.94^{b}	1.078^{d}	0.988^{c}	1.812^{bc}
40	27.64^{e}	28.72^{e}	5.11^{e}	881.82^{d}	1043.8^{c}	193.75^{c}	1.125^{e}	0.965^{d}	1.810^{bc}
50	20.74^{f}	23.51^{f}	4.23^{f}	24.87^{e}	973.0^{e}	187.56^{e}	1.281^{b}	1.033^{b}	1.820^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เริ่มต้น และพบว่าการกำจัดแป้งออกจากแกนสับปะรดด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส สามารถกำจัดแป้งออกมาในรูปน้ำตาลรีดิวซ์ได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับการกำจัดแป้งออกจากแกนและเปลือกสับปะรด ซึ่งการกำจัดแป้งออกจากเปลือกสับปะรด พบว่าเมื่อใช้ปริมาณน้ำเริ่มต้น 15 เท่าพบว่าสามารถกำจัดแป้งออกมามากที่สุด โดยกำจัดน้ำตาลรีดิวซ์ออกมาเท่ากับ 202.20 กรัมต่อน้ำหนักเปลือกสับปะรดแห้ง และพบว่าเปลือกสับปะรด เอนไซม์แอลฟาอะไมเลสกำจัดแป้งออกจากเปลือกสับปะรดได้น้อยที่สุด และยังพบว่าน้ำหนักของเปลือกสับปะรดที่เหลือจากการกำจัดแป้ง มีค่ามากกว่ากากและแกนสับปะรด โดยพบมีค่าคงเหลือเท่ากับ 1.804 กรัม ซึ่งจากการกำจัดแป้งออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรด พบว่าจะมีการใช้ปริมาณเริ่มต้นในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพบว่ากากและเปลือกสับปะรด ปริมาณที่เหมาะสมคือ 15 เท่าของน้ำหนักแห้งเริ่มต้น ส่วนในแกนสับปะรด พบว่าปริมาณน้ำเริ่มต้น 20 เท่า เอนไซม์สามารถกำจัดแป้งออกได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

ในการกำจัดแป้งสำหรับการสกัดใยอาหารออกจากกากสับปะรด ได้ศึกษาค่าพีเอชเริ่มต้นที่ต่างกันคือ 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 5.8, 6.0, 6.5 และ 7.0 เมื่อกำจัดแป้งโดยใช้กากและเปลือกสับปะรดที่เติมน้ำปริมาตร 15 เท่าของน้ำหนักกากและเปลือกสับปะรดแห้งเริ่มต้น และปริมาณน้ำสำหรับแกนสับปะรดที่ 20 เท่าของน้ำหนักแกนสับปะรดเริ่มต้น จากนั้นเติมเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสร้อยละ 10 หรือปริมาตร 200 ไมโครลิตร และนำไปบ่มที่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสออกจากกากสับปะรด และชั่งหาน้ำหนักของกากสับปะรดที่ได้หลังจากการกำจัดแป้งออกแล้ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพีเอชเริ่มต้นที่ต่างกันในการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรดของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

ค่าพีเอช	ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกย่อยสลายออกมา (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)			ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม)			น้ำหนักของส่วนเหลือของสับปะรดหลังจากการกำจัดแป้ง (กรัม)		
	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก
4.0	42.568^{c}	55.946^{g}	12.703^{h}	612.91^{h}	1087.5^{g}	209.00^{h}	1.401^{a}	0.919^{b}	1.797^{a}
4.5	43.176^{c}	58.986^{b}	13.068^{g}	642.40^{g}	1111.2^{d}	214.08^{g}	1.374^{b}	0.906^{bc}	1.800^{a}
5.0	45.405^{b}	57.135^{e}	14.622^{d}	676.55^{f}	1104.2^{e}	217.56^{f}	1.337^{c}	1.005^{a}	1.799^{c}
5.5	47.500^{a}	60.973^{a}	16.041^{a}	729.43^{a}	1123.8^{a}	255.47^{a}	1.289^{e}	0.888^{cd}	1.754^{a}
5.8	46.892^{a}	57.838^{e}	15.162^{b}	722.17^{b}	1120.1^{b}	240.93^{b}	1.291^{e}	0.894^{d}	1.773^{b}
6.0	46.284^{a}	57.095^{f}	14.297^{c}	711.92^{c}	1104.4^{e}	228.27^{d}	1.303^{de}	0.912^{bc}	1.776^{b}
6.5	45.743^{a}	57.500^{d}	14.176^{f}	703.15^{d}	1113.7^{c}	226.08^{e}	1.314^{d}	0.900^{bcd}	1.780^{b}
7.0	46.284^{a}	55.338^{h}	14.932^{c}	689.16^{e}	1097.9^{f}	237.88^{c}	1.326^{c}	0.918^{b}	1.771^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.3 จะได้ว่าค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งออกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่า ที่พีเอชเท่ากับ 5.5 ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการกำจัดแป้งออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้งมีปริมาณมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 47.5, 60.97 และ 16.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับค่าพีเอชอื่น โดยเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ค่าพีเอชเริ่มต้น 5.5 พบว่ามีความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าพีเอชเริ่มต้น 4.0, 4.5,5.0, 5.8, 6.0, 6.5 และ7.0 และเมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการกำจัดแป้งต่อน้ำหนักของเหลือสับปะรดแห้งเริ่มต้น พบว่าที่พีเอช 5.5 จะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการกำจัดแป้งมากที่สุดเช่นเดียวกัน และพบว่าการกำจัดแป้งออกจาก กาก แกน และเปลือกสับปะรด สามารถกำจัดน้ำตาลออกด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสเมื่อมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5.5 โดยพบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่กำจัดออกมีค่าเท่ากับ 729.43 1123.80 และ 255.47 กรัมต่อน้ำหนักกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้งเริ่มต้น ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักของสับปะรดแห้งที่เหลือมีค่าลดลงมากกว่าที่พีเอชอื่นด้วย โดยน้ำหนักแห้งของกาก แกน และเปลือกสับปะรดที่เหลือมีค่าเท่ากับ 1.289 0.888 และ 1.754 กรัม ตามลำดับ ดังนั้นจะได้ว่าที่ค่าพีเอชเริ่มต้น 5.5 พบว่าเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสสามารถย่อยแป้งออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดได้มากที่สุด

4.2.1.3 ปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดแป้งออกจากของเหลือสับปะรด

ในการกำจัดแป้งสำหรับการสกัดใยอาหารออกจากกากสับปะรด ปริมาณของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ต่างกันในการกำจัดแป้งออกจากตัวอย่าง โดยศึกษาปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ปริมาณ 20, 60, 100, 200 และ 400 ไมโครลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 1, 3, 5, 10 และ 20 โดยปริมาตร ซึ่งใช้ในการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรดที่เติมน้ำปริมาตร 15 เท่าของน้ำหนักกากและเปลือกสับปะรดแห้ง และที่ปริมาณน้ำเริ่มต้น 20 เท่าของแกนสับปะรด โดยปรับให้มีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5.5 และนำไปบ่มที่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้ววัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟาอะ-ไมเลส ออกจากกากสับปะรด และชั่งหาน้ำหนักของกากสับปะรดที่ได้หลังจากการกำจัดแป้งออกแล้ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 จะได้ว่าปริมาณเอนไซม์ที่เหมาะสมในการกำจัดแป้งออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้งพบว่า เมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสเริ่มต้นเท่ากับร้อยละ 20 โดยปริมาตรหรือปริมาณ 200 ไมโครลิตร จะได้ว่าความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการกำจัดแป้งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) คือ 51.149 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสำหรับกากสับปะรด มีค่าเท่ากับ 59.054 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสำหรับแกนสับปะรด และมีค่าเท่ากับ 19.730 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสำหรับเปลือกสับปะรด และพบว่าความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่ปริมาณเอนไซม์แตกต่างกัน พบว่าเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และพบว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์เริ่มต้นมากขึ้น ปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากกากย่อยแป้งออกจาก กาก แกน และเปลือกสับปะรดจะมากขึ้นด้วย และจากการหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของปริมาณเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสที่มีผลต่อการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรด

ปริมาณเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (ร้อยละ)	ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกย่อยสลายออกมา (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)			ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม)			น้ำหนักของส่วนเหลือของสับปะรดหลังจากการกำจัดแป้ง (กรัม)		
	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก
1	45.946^{e}	50.811^{e}	13.743^{e}	660.67^{e}	1058.0^{e}	219.3^{e}	1.356^{a}	0.959^{a}	1.787^{a}
3	46.149^{d}	54.189^{d}	16.176^{d}	687.52^{d}	1077.4^{d}	264.8^{d}	1.326^{b}	0.935^{b}	1.751^{b}
5	47.635^{c}	55.676^{c}	16.500^{c}	708.36^{c}	1104.6^{c}	271.0^{c}	1.309^{c}	0.912^{c}	1.738^{b}
10	49.797^{b}	58.446^{b}	17.865^{b}	766.00^{b}	1161.1^{b}	293.8^{b}	1.249^{d}	0.852^{d}	1.713^{c}
20	51.149^{a}	59.054^{a}	19.730^{a}	785.93^{a}	1172.8^{a}	322.9^{a}	1.232^{e}	0.841^{d}	1.683^{d}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกกำจัดออกมาเทียบกับน้ำหนักกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้งเริ่มต้น พบว่าที่ปริมาณเอนไซม์เริ่มต้นร้อยละ 20 สามารถกำจัดน้ำตาลออกมาได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นเดียวกัน โดยพบปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกกำจัดออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรด มีค่าเท่ากับ 785.93 1172.80 และ 322.9 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักของกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้งเริ่มต้น ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้น้ำหนักของกาก แกน และเปลือกสับปะรดที่เหลืออยู่มีค่าเท่ากับ 1.232 0.841 และ 1.683 กรัม ตามลำดับ จากการทดลองจะได้ว่าเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์อะไมเลสมากขึ้นการกำจัดแป้งจะเกิดได้มากขึ้น และจากการทดลองเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เริ่มต้นมากกว่าร้อยละ 20 พบว่าปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกกำจัดออกมพบว่ามีค่าเพิ่มเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงได้ว่าที่ปริมาณของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสเริ่มต้นร้อยละ 20 หรือปริมาณเอนไซม์ 200 ไมโครลิตรถือว่าเหมาะสมที่สุดในการกำจัดแป้งออกจาก กาก แกน และเปลือกสับปะรดได้

4.2.1.4 ระยะเวลาบ่มที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์แอลฟา อะไมเลสในการกำจัดแป้งออกจากของเหลือสับปะรด

ในขั้นตอนการกำจัดแป้งสำหรับการสกัดเส้นใยอาหารออกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด เมื่อใช้ปริมาณน้ำเริ่มต้น 15 เท่าของน้ำหนักกากสับปะรดแห้ง และปริมาณน้ำเริ่มต้น 20 เท่าของแกนสับปะรด และปรับให้มีค่าพีเอชเริ่มต้น 5.5 จากนั้นกำจัดแป้งโดยการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสปริมาณเริ่มต้นร้อยละ 20 หรือปริมาร 200 ไมโครลิตรและนำไปบ่มที่อ่างน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส และบ่มเป็นระยะเวลา 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง แล้ววัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสออกจากกากสับปะรด และชั่งหาน้ำหนักของกากสับปะรดที่ได้หลังจากการกำจัดแป้งออกแล้ว ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะเวลาในการบ่มที่มีต่อการกำจัดแป้งออกจากกากสับปะรดของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกย่อยสลายออกมา (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)			ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัม)			น้ำหนักของส่วนเหลือของสับปะรดหลังจากการกำจัดแป้ง (กรัม)		
	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก
0.5	49.257^{f}	57.095^{f}	16.068^{f}	733.6^{f}	1133.6^{f}	255.1^{f}	1.281^{a}	0.881^{a}	1.761^{a}
1	53.041^{e}	58.851^{e}	17.932^{e}	789.5^{e}	1168.6^{e}	293.5^{e}	1.226^{c}	0.846^{b}	1.723^{b}
2	55.811^{a}	61.324^{b}	18.870^{a}	826.1^{a}	1180.5^{a}	299.7^{a}	1.201^{e}	0.837^{b}	1.715^{b}
3	55.203^{b}	61.081^{d}	18.278^{c}	818.2^{b}	1176.8^{b}	298.8^{b}	1.206^{d}	0.840^{b}	1.720^{b}
4	54.730^{c}	61.259^{c}	18.014^{d}	759.6^{d}	1167.1^{d}	292.5^{d}	1.258^{b}	0.850^{b}	1.722^{b}
5	53.716^{d}	61.500^{a}	18.703^{b}	745.9^{e}	1146.8^{e}	290.3^{e}	1.270^{ab}	0.870^{a}	1.729^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.5 พบว่าระยะเวลาบ่มที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสในการกำจัดแป้งออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้ง พบว่าที่ระยะเวลาบ่มเท่ากับ 2 ชั่วโมง เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกกำจัดออกมา (กรัมต่อน้ำหนักสับปะรดเริ่มต้น) และน้ำหนักของสับปะรดที่เหลือ พบว่าเป็นระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสมากที่สุด โดยพบความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุดมีค่า 55.811 , 61.324 และ 18.870 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สำหรับการกำจัดออกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด นอกจากนี้พบว่าปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกกำจัดออกมาจากกาก แกน และเปลือกมีค่าเท่ากับ 826.1 1180.5 และ 299.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตางรีดิวซ์ พบว่าในแต่ละช่วงเวลาในการบ่มจะให้ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และพบน้ำหนักของกากสับปะรดคงเหลือ 1.201 กรัม น้ำหนักของแกนสับปะรดเหลือ 0.837 กรัมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักของเปลือกสับปะรดเหลือ 1.715 กรัม และพบว่าเมื่อบ่มเป็นระยะเวลานานกว่า 2 ชั่วโมง พบว่า ความเข้มข้นและปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์ที่ถูกกำจัดออกมาจากการย่อยแป้งของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสมีค่าใกล้เคียงกับการบ่มที่ 2 ชั่วโมง ดังนั้นจะได้ว่าที่เวลา 2 ชั่วโมงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส

4.2.2 ขั้นตอนการกำจัดโปรตีนออกจากตัวอย่างโดยเอนไซม์โปรติเอส

ในขั้นตอนการกำจัดโปรตีนออกจากตัวอย่าง ตัวอย่างที่ใช้จะต้องผ่านการกำจัดแป้งออกไปแล้ว โดยในขั้นตอนของการกำจัดโปรตีน จะมีการเติมน้ำกลั่นลงในตัวอย่าง แล้วปรับ พีเอชให้เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ เติมเอนไซม์โปรติเอส และนำไปบ่มในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า จากนั้นนำไปกรองและนำส่วนบนไปอบแห้งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป เนื่องจากในแต่ละส่วนจะมีสภาวะที่เหมาะสมแตกต่างกันออกไป จึงได้ทำการศึกษาในเรื่องของปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเติมลงไปในตัวอย่าง ปริมาณเอนไซม์ และระยะเวลาที่เหมาะสม

4.2.2.1 ปริมาณเอนไซม์โปรติเอสที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดโปรตีน

ในขั้นตอนการกำจัดโปรตีนออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดสำหรับการสกัดเส้นใยอาหาร ได้ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์โปรติเอสที่เหมาะสมในการกำจัดโปรตีนออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดให้มากที่สุด โดยได้ศึกษาปริมาณเอนไซม์เริ่มต้นร้อยละ 2, 4, 6, 8, 10, 20 และ 50 โดยปริมาตร โดยในการกำจัดโปรตีนจะใช้ปริมาณน้ำเริ่มต้น 20 เท่าของสับปะรดแห้ง และปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 5.5 และ บ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้น้ำหนักของกาก แกน และเปลือกสับปะรดแห้งที่กำจัดโปรตีนออกแล้ว และหาปริมาณของโปรตีนที่ถูกกำจัดออกและประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนออก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดเมื่อใช้ปริมาณของเอนไซม์โปรติเอสเริ่มต้นแตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6 โดยพบว่าเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์โปรติเอสเท่ากับร้อยละ 10 โดยปริมาตร มีการกำจัดโปรตีนออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยร้อยละของโปรตีนที่ถูกกำจัดออกมีค่าเท่ากับ 7.0, 8.8 และ 6.5 เมื่อเทียบกับน้ำหนักของกาก แกน และเปลือกสับปะรดเริ่มต้น ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าร้อยละของโปรตีนที่ถูกกำจัดออกมามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของเอนไซม์โปรติเอสต่างกัน และพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนออกจากกากและแกนสับปะรด สามารถกำจัดโปรตีนออกได้มากที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน คือร้อยละ 94.6 ของโปรตีนที่พบในกากสับปะรดและแกนสับปะรด และพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกมีค่าน้อยที่สุด คือร้อยละ 89 ของโปรตีนที่พบในเปลือกสับปะรด และเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์โปรติเอสน้อยกว่าร้อยละ 10 พบว่าสามารถกำจัดโปรตีนออกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรดได้น้อยกว่า ซึ่งสังเกตจากค่าประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนออกจากสับปะรด และเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปริมาณเอนไซม์โปรติเอสที่ร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของปริมาณเอนไซม์โปรติเอสที่มีต่อการกำจัดโปรตีนออกจากกากสับปะรด

ปริมาณเอนไซม์โปรติเอส (ร้อยละ)	ปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออก (ร้อยละของน้ำหนักสับปะรดแห้ง)			ประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีน (ร้อยละ)			น้ำหนักของกากสับปะรดหลังจากการกำจัดโปรตีน (กรัม)		
	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก
2	2.5^{f}	4.4^{e}	3.1^{f}	33.8^{g}	47.3^{f}	42.5^{f}	2.964^{a}	2.907^{a}	2.956^{a}
4	3.7^{e}	5.3^{d}	3.5^{e}	50.0^{f}	56.9^{e}	47.9^{e}	2.933^{b}	2.890^{b}	2.957^{a}
6	4.0^{d}	6.5^{c}	4.6^{d}	54.1^{e}	69.9^{d}	63.0^{d}	2.913^{c}	2.853^{c}	2.914^{b}
8	5.5^{c}	7.5^{b}	4.9^{c}	74.3^{d}	80.6^{c}	67.1^{c}	2.885^{d}	2.809^{d}	2.909^{b}
10	7.0^{a}	8.8^{a}	6.5^{a}	94.6^{a}	94.6^{a}	89.0^{a}	2.834^{f}	2.765^{e}	2.855^{d}
20	6.7^{b}	8.8^{a}	6.5^{a}	90.5^{b}	93.6^{b}	89.0^{a}	2.847^{e}	2.785^{d}	2.869^{d}
50	6.6^{b}	7.5^{b}	6.1^{b}	89.2^{c}	80.6^{c}	83.6^{b}	2.833^{ef}	2.812^{d}	2.892^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

มากว่า 10 คือที่ร้อยละ 20 และ 50 โดยปริมาตร พบว่าปริมาณของโปรตีนที่ถูกกำจัดออกมามีค่าใกล้เคียงกับร้อยละ 10 และประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบที่ร้อยละ 10 ด้วย ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเนื่องจากปริมาณของโปรตีนที่พบเป็นองค์ประกอบในกาก แกน และเปลือกสับปะรด พบว่ามีปริมาณน้อย ทำให้น้ำหนักของกาก แกนและเปลือกสับปะรดที่เหลือจากการกำจัดโปรตีนออกมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักเริ่มต้น โดยพบว่ามีน้ำหนักของกากสับปะรดเท่ากับ 2.834 กรัม น้ำหนักของแกนสับปะรดเท่ากับ 2.765 กรัมและน้ำหนักของเปลือกสับปะรดเท่ากับ 2.855 กรัม

4.2.2.2 ระยะเวลาบ่มที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส

ในขั้นตอนการกำจัดโปรตีนออกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรดเพื่อแยกสกัดเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยใช้เอนไซม์โปรติเอส ปริมาณเริ่มต้นร้อยละ 10 และกำจัดโปรตีนนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยศึกษาการบ่มที่ระยะเวลาต่างๆ กัน คือ 30, 45, 60 และ 120 นาที เพื่อหาระยะเวลาในการกำจัดโปรตีนออกจากกากสับปะรดให้มากที่สุด จากนั้นหาน้ำหนักของกากสับปะรดที่กำจัดโปรตีนออกแล้ว ปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกและประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 แสดงระยะเวลาในการกำจัดโปรตีนออกจากกากสับปะรดด้วยเอนไซม์โปรติเอส

ระยะเวลาบ่ม (นาที)	ปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออก (ร้อยละของน้ำหนักสับปะรดแห้ง)			ประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีน (ร้อยละ)			น้ำหนักของกากสับปะรดหลังจากการกำจัดโปรตีน (กรัม)		
	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก	กาก	แกน	เปลือก
30	4.1^{c}	4.3^{c}	3.4^{c}	55.4^{d}	46.2^{c}	46.6^{d}	2.941^{a}	2.942^{a}	2.963^{a}
45	5.2^{b}	5.7^{b}	4.3^{b}	70.3^{c}	61.3^{b}	58.9^{c}	2.910^{b}	2.895^{b}	2.938^{b}
60	7.1^{a}	9.0^{a}	6.8^{a}	95.9^{a}	95.3^{a}	91.8^{a}	2.857^{d}	2.797^{d}	2.868^{d}
120	7.1^{a}	8.9^{a}	6.7^{a}	95.1^{b}	95.4^{a}	91.5^{b}	2.881^{c}	2.818^{c}	2.897^{c}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกจากตัวอย่างเมื่อใช้เวลาในการบ่มเท่ากับ 30, 45, 60 และ 120 นาที และวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และแต่พบว่าเมื่อบ่มนาน 60 และ120 นาทีพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) พบว่าปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกมามากขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาในการบ่มนานขึ้น โดยจะเห็นได้ว่าที่เวลาในการบ่ม 30 นาที มีการกำจัดโปรตีนออกจากกาก แกน และเปลือกสับปะรดน้อยที่สุด และปริมาณโปรตีนถูกกำจัดมากขึ้นเมื่อเพิ่มเป็น 45 และ 60 นาที ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณโปรตีนถูกกำจัดออกมามากที่สุดเมื่อบ่มเป็นเวลานาน 60 และ 120 นาที และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนเมื่อบ่มที่เวลาต่างกับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยพบว่าประสิทธิภาพของการกำจัดโปรตีนออกจากกากสับปะรด มีค่าเท่ากับร้อยละ 95.9 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนออกจากแกนสับปะรด ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 95.3 และพบปริมาณของโปรตีนที่ถูกกำจัดออกคิดเป็นร้อยละ 7.1 และ 9.0 เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้งของกากและแกนสับปะรด ตามลำดับ และในการกำจัดโปรตีนออกจากเปลือกสับปะรด พบว่ามีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 91.8 และปริมาณโปรตีนที่ถูกกำจัดออกคิดเป็นร้อยละ 6.8 ของน้ำหนักเปลือกสับปะรดแห้ง และน้ำหนักของกาก แกน และเปลือกสับปะรดที่ได้หลังจากการกำจัดโปรตีนออกแล้ว มีค่าเท่ากับ 2.857, 2.797 และ 2.868 กรัม และพบว่าเมื่อใช้เวลาในการบ่มมากกว่า 60 นาที คือที่เวลา 120 นาทีพบว่าปริมาณของโปรตีนที่ถูกกำจัดออกและประสิทธิภาพในการกำจัดโปรตีนมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อบ่มเป็นเวลา 60 นาที ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส คือเมื่อบ่มเป็นเวลานาน 60 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ขั้นตอนการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของกาก แกนและเปลือกสับปะรดโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (alkali extraction)

ในการแยกสกัดเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ในกาก แกนและเปลือกสับปะรด เพื่อแยกสกัดออกจากกันให้มากที่สุด ต้องศึกษาถึงความเข้มข้นและปริมาณเริ่มต้นที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแยกสกัดเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า จากนั้นนำไปกรอง แล้วนำส่วนบนที่กรองได้ซึ่งเป็นเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไปอบแห้งและชั่งน้ำหนัก ส่วนส่วนในที่ได้จากการกรอง จะประกอบด้วยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ นำไปหาค่าร้อยละความโปร่งแสง (% T) และปริมาณของแข็ง คิดเป็นร้อยละของของแข็งที่พบในส่วนในที่ได้จากการกรอง (% solid)

4.2.3.1 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

ในการกำจัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำออกจากกากสับปะรด ในขั้นต้นจะศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมต่อการกำจัดใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0 และ 5.0 จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แยกออกจากเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ จากนั้นหาปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำนำไปหาปริมาณของแข็ง ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.8

จากตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อยละต่างกัน พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.0 พบว่าสามารถสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่เป็นองค์ประกอบในกาก แกนและเปลือกสับปะรดได้มากที่สุด ทั้งนี้ได้พิจารณาปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่ได้ที่มีปริมาณน้อยที่สุด และมีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งแสดงถึงเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำสามารถถูกแยกออกได้มากที่สุด โดยในกาก แกนและเปลือกสับปะรดพบปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 0.5750, 0.5430 และ 0.5070 กรัม ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 56.86, 53.82 และ 50.39 ต่อน้ำหนักแห้งของกาก แกนและเปลือกสับปะรดเริ่มต้น ตามลำดับ และพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 .0 ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งคำนวณเป็นร้อยละของของแข็งในสารละลายพบว่ามีค่าเท่ากับ 3.05 สำหรับกากสับปะรด ร้อยละ 3.01 สำหรับแกนสับปะรด และร้อยละ 2.21 สำหรับเปลือกสับปะรด และจะเห็นว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มากกว่าร้อยละ1.0 คือที่ร้อยละ 2.0 และ 5.0 ซึ่งพบว่ามีปริมาณของของแข็งมากกว่า ทั้งนั้นเนื่องจากเมื่อใช้ความเข้มข้นที่มากขึ้น พบว่าในส่วนของน้ำหนักของของแข็งที่มากกว่านั้นพบว่าเป็นเกลือของโซเดียมไฮดรอกไซด์ปนมาด้วยทำให้ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ (ร้อยละ)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ						เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ					
	กาก		แกน		เปลือก		กาก		แกน		เปลือก	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	% T	% solid	%T	% solid	% T	% solid
0.2	0.8690^{a}	85.16^{a}	0.8370^{a}	83.22^{a}	0.9050^{a}	90.15^{a}	85.8^{a}	0.72^{f}	67.4^{a}	1.01^{f}	69.5^{a}	0.69^{f}
0.5	0.5880^{d}	58.15^{d}	0.5990^{c}	59.38^{c}	0.6210^{b}	61.26^{b}	77.4^{c}	1.68^{c}	47.6^{d}	1.56^{c}	36.5^{f}	1.63^{c}
0.75	0.5850^{c}	57.43^{c}	0.5880^{d}	57.84^{d}	0.5440^{e}	53.85^{e}	73.1^{e}	2.04^{d}	51.6^{c}	2.13^{d}	39.9^{c}	1.91^{d}
1.0	0.5750^{f}	56.86^{f}	0.5430^{f}	53.82^{f}	0.5070^{f}	50.39^{f}	77.8^{b}	3.05^{c}	57.5^{b}	3.01^{c}	43.0^{d}	2.21^{c}
2.0	0.6321^{b}	62.79^{b}	0.5639^{e}	56.16^{c}	0.5548^{d}	55.14^{d}	76.0^{d}	4.87^{b}	35.0^{f}	3.11^{b}	47.4^{b}	4.9^{a}
5.0	0.5979^{c}	59.56^{c}	0.6308^{b}	63.00^{b}	0.6104^{c}	60.73^{c}	77.7^{b}	5.37^{a}	41.2^{e}	5.11^{a}	45.4^{c}	4.12^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มากกว่าไม่เหมาะสมต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และเมื่อวัดค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำพบว่า สารละลายของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากกากสับปะรดมีค่าเท่ากับร้อยละ 77.8 สารละลายของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากแกนสับปะรดมีค่าร้อยละ 57.5 และสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำพบว่ามีค่าร้อยละ43.0 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณเส้นใยอาหารและร้อยละของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่ได้จากการแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกไปจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และปริมาณของแข็งที่พบในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นเดียวกัน

4.2.3.2 ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม

ในการศึกษาปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของกาก แกนและเปลือกสับปะรด โดยศึกษาปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15, 20 และ 25 เท่าของน้ำหนักกาก แกนและเปลือกสับปะรดแห้งเริ่มต้น และบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้กากที่เป็นเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำแยกออกจากเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งเป็นส่วนของสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส จากนั้นหาปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำโดยการชั่งน้ำหนักหลังจากอบแห้งแล้ว ส่วนเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำนำไปหาค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายและปริมาณของของของแข็งที่เหลือในสารละลายใส ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงผลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด

ปริมาณสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ (เท่า)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ						เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ					
	กาก		แกน		เปลือก		กาก		แกน		เปลือก	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	% T	% solid	%T	% solid	% T	% solid
15	0.6118^{a}	60.13^{b}	0.6084^{b}	60.51^{b}	0.5815	58.02^{a}	82.3^{b}	2.33^{c}	30.9^{c}	2.80^{c}	61.5^{c}	3.32^{c}
20	0.6239^{a}	61.68^{a}	0.6412^{a}	62.97^{a}	0.5734	56.43^{b}	81.8^{c}	2.99^{b}	36.5^{b}	2.87^{b}	65.5^{b}	3.38^{b}
25	0.5846^{b}	58.01^{b}	0.6066^{b}	59.56^{c}	0.5554	55.36^{c}	85.3^{a}	3.46^{a}	40.6^{a}	3.06^{a}	67.4^{a}	3.45^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากตารางที่ 4.9 จะได้ว่าปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 เท่ากับ 25 เท่าของน้ำหนักกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่าปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่ได้การแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกไปแล้วมีค่าเท่ากับ 0.5846 กรัม คิดเป็นร้อยละ 58.01 เมื่อเทียบกับน้ำหนักกากสับปะรดแห้ง ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่แยกได้จากแกนสับปะรด พบว่ามีค่า 0.6066 กรัม คิดเป็นร้อยละ 59.56 ของน้ำหนักแกนสับปะรดแห้ง ซึ่งผลการทดลองจากการแยกเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของเปลือกสับปะรด พบว่าปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 0.5554 กรัม คิดเป็นร้อยละ 55.36 สำหรับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำในส่วนสารละลายใสพบว่าเมื่อใช้ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 เท่าพบว่าจะมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 85.3, 40.6 และ 67.4 เมื่อวิเคราะห์จากสารละลายใสของกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่าปริมาณของของแข็งที่พบในสารละลายใสของกาก แกนและเปลือกสับปะรดที่ผ่านการแยกเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำออกแล้วพบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 3.46, 3.06 และ 3.45 ของสารละลายใส ดังนั้นที่ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 25 เท่าเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของส่วนกาก แกนและเปลือกสับปะรด c และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณและร้อยละของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) เมื่อสกัดแยกโดยใช้ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 20 และ 25 เท่า และสำหรับค่าร้อยละความโปร่งแสงและปริมาณของแข็งที่พบในสารละลายเส้นใยอาหารละลายน้ำพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) เช่นเดียวกัน

4.2.3.4 อุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของกาก แกน และเปลือกสับปะรด โดยใช้ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ปริมาณ 25 เท่าของน้ำหนักกาก แกนและเปลือกสับปะรดแห้ง และบ่มที่อุณหภูมิ 70, 75 และ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้กากที่เป็นเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำแยกออกจากเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งเป็นส่วนของสารละลายใส จากนั้นหาปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำโดยการชั่งน้ำหนักหลังจากอบแห้งแล้ว ส่วนเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำนำไปหาค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายและปริมาณของของของแข็งที่เหลือในสารละลายใส ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลของอุณหภูมิในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ						เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ					
	กาก		แกน		เปลือก		กาก		แกน		เปลือก	
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม	ร้อยละ	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ	% T	% solid	%T	% solid	% T	% solid
70	0.6110[a]	59.75[a]	0.6390[a]	63.85[a]	0.5930[a]	58.20[a]	76.0[b]	3.44[c]	39.0[a]	3.41[c]	47.4[a]	3.38[c]
75	0.6040[a]	59.23[b]	0.5900[b]	57.99[b]	0.5620[b]	55.74[b]	77.7[a]	3.49[b]	38.2[b]	3.45[b]	46.4[b]	3.43[b]
80	0.5750[b]	56.86[c]	0.5430[c]	53.82[c]	0.5070[c]	50.39[c]	73.1[c]	3.54[a]	30.7[c]	3.50[a]	44.5[c]	4.22[a]

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในขั้นตอนการกำจัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 จะได้ว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสสามารถสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ซึ่งพบว่าปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเมื่อสกัดแยกออกมาของกาก แกนและเปลือกสับปะรด มีค่าเท่ากับ 0.5750, 0.5430 และ 0.5070 กรัม คิดเป็นร้อยละ 56.86, 53.82 และ 50.39 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิที่ 70 และ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียสพบว่าสามารถสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกมาได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส สำหรับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ พบว่าปริมาณของของแข็งที่พบในสารละลายใสของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำที่แยกจากกาก แกนและเปลือกสับปะรด มีค่าคิดเป็นร้อยละ 3.54 , 3.50 และ 4.22 ตามลำดับ และพบว่ามีค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 73.1, 30.7 และ 44.5 ตามลำดับ จากปริมาณของของแข็งที่พบในสารละลายใสของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปริมาณและร้อยละของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และค่าร้อยละความโปร่งแสงและปริมาณของแข็งในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ที่อุณหภูมิในการบ่ม 70 75 และ 80 องศาเซลเซียส

4.2.3.4 ระยะเวลาบ่มที่เหมาะสมในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของกาก แกนและเปลือกสับปะรด โดยใช้ปริมาณของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 ปริมาณ 25 เท่าของน้ำหนักกาก แกนและเปลือกสับปะรดแห้ง และบ่มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 0.5, 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่าจะได้กากที่เป็นเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำแยกออกจากเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งเป็นส่วนของสารละลายใส จากนั้นหาปริมาณของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำโดยการชั่งน้ำหนักหลังจากอบแห้งแล้ว ส่วนเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำนำไปหาค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายและปริมาณของของของแข็งที่เหลือในสารละลายใส ได้ผลดังตารางที่ 4.11

จากตารางที่ 4.11 จะได้ว่าเมื่อใช้ระยะเวลาในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัดแยกนาน 3 ชั่วโมง สามารถแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำได้มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่ได้การแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกไปแล้วมีค่าเท่ากับ 0.5531 กรัม คิดเป็นร้อยละ 54.27 เมื่อเทียบกับน้ำหนักกากสับปะรดแห้ง ปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่แยกได้จากแกนสับปะรดพบว่ามีค่า 0.5537 กรัม คิดเป็นร้อยละ 54.40 ของน้ำหนักแกนสับปะรดแห้ง ซึ่งผลการทดลองจากการแยกเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของเปลือกสับปะรด พบว่าปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีค่าเท่ากับ 0.5417 กรัม คิดเป็นร้อยละ 53.34 สำหรับเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำในส่วนสารละลายใสพบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัดนาน 3 ชั่วโมง พบว่าจะมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 73.1, 27.7 และ 46.2 เมื่อวิเคราะห์จากสารละลายใสของกาก แกนและเปลือกสับปะรด ตามลำดับ และปริมาณของของแข็งที่พบในสารละลายใสของกาก แกนและเปลือกสับปะรดที่ผ่านการแยกเส้นใยอาหารที่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายน้ำออกแล้วพบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 3.40, 3.50 และ 3.48 ของสารละลายใส ดังนั้นที่เวลาการสกัดแยกนาน 3 ชั่วโมง เป็นเวลาที่เหมาะสมในการแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำของส่วนกาก แกนและเปลือกสับปะรด และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปริมาณและร้อยละของเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และค่าร้อยละความโปร่งแสงและปริมาณของแข็งในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อสกัดเป็นระยะเวลา 0.5 1 2 และ 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.11 แสดงระยะเวลาในการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

ระยะเวลาในการบ่ม (ชั่วโมง)	เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ						เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ					
	กาก		แกน		เปลือก		กาก		แกน		เปลือก	
	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	ปริมาณ	ร้อยละ	% T	% solid	%T	% solid	% T	% solid
0.5	0.7404^{a}	72.56^{a}	0.7250^{a}	70.79^{a}	0.6903^{a}	68.09^{a}	78.4^{a}	3.06^{d}	35.7^{c}	3.48^{b}	55.7^{a}	3.32^{c}
1	0.6573^{b}	64.64^{b}	0.6620^{b}	65.52^{b}	0.6355^{b}	62.67^{b}	76.3^{b}	3.34^{c}	37.1^{b}	3.42^{c}	54.3^{b}	3.31^{d}
2	0.6158^{c}	60.51^{c}	0.6435^{c}	63.45^{c}	0.5759^{c}	56.41^{c}	74.8^{c}	3.38^{b}	37.8^{a}	3.50^{a}	48.5^{c}	3.37^{b}
3	0.5531^{d}	54.27^{d}	0.5537^{d}	54.40^{d}	0.5417^{d}	53.34^{d}	73.1^{d}	3.40^{a}	27.7^{d}	3.50^{a}	46.2^{d}	3.48^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรหมายถึง ความแตกต่างกันทางสถิติของชุดข้อมูลโดยเรียงอันดับตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามแนวคอลัมน์ หากตัวอักษรเหมือนกันถึงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.2.4 ขั้นตอนการกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใสโดยการกำจัดสีด้วยเรซิน (Desalting and Decolorization)

จากขั้นตอนการสกัดแยกเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จะได้ส่วนของสารละลายใสที่เป็นส่วนของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำเป็นองค์ประกอบ และจากนั้นนำสารละลายใสไปทำให้บริสุทธิ์โดยผ่านขั้นตอนการกำจัดเกลือและกำจัดสีออกจากสารละลายของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยใช้การกำจัดด้วยเรซิน และได้ศึกษาการใช้เรซิน 2 ชนิด ในการกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ คือเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง (strongly acidic cation exchange resin) และเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน (weakly basic anion exchange resin) โดยได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการกำจัดเกลือและสีออกจากสารละลายของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยวัดค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลาย และหาร้อยละของของแข็งในสารละลายใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.1 การกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง (strongly acidic cation exchange resin)

จากการกำจัดเกลือและสีของสารสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ด้วยด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง (strongly acidic cation exchange resin) โดยศึกษาปริมาณของเรซินที่ใช้ และเวลาในการกำจัดเกลือและสี จากนั้นได้วัดค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และหาปริมาณของแข็งในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วย พบว่าได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง (strongly acidic cation exchange resin)

สารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	ปริมาณของเรซิน (กรัม)	ความเร็วรอบในการเขย่า (รอบต่อนาที)	เวลา (นาที)	% T	% solid
กาก	0	-	-	69.85	1.30
	5	120	90	73.00	1.36
	5	120	60	79.75	1.39
	10	120	90	77.55	1.37
	10	120	60	78.15	1.08
แกน	0	-	-	29.10	1.66
	5	120	30	47.60	1.48
	5	120	60	41.25	1.51
	10	120	30	46.05	1.37
	10	120	60	38.55	1.47
เปลือก	0	-	-	44.5	1.46
	5	120	60	43.40	1.28
	5	120	90	47.90	1.57
	10	120	60	50.55	1.82
	10	120	90	51.55	1.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.12 จะได้ว่าในการกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของกากสับปะรดด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่มีความเป็นกรดสูง พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเรซิน 5 กรัมเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที พบว่าค่าความโปร่งแสงของสารละลายมีค่ามากขึ้น แสดงว่าเรซินนี้สามารถกำจัดเกลือและสีออกจากสารละลายได้ โดยพบค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายมีค่าเท่ากับ 79.75 และปริมาณของแข็งที่พบมีค่าร้อยละ 0.39 และพบว่าเมื่อใช้เวลาในการกำจัดเกกลือและสีมากขึ้นพบว่าค่าร้อยละความโปร่งแสงและปริมาณของแข็งมีค่าลดลง และเมื่อใช้ปริมาณของเรซินมากขั้นคือ 10 กรัมพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือและสีต่ำกว่าเมื่อใช้เรซิน 5 กรัมภายใต้สภาวะการกำจัดเกลือและสีเดียวกัน

ส่วนการกำจัดเกลือและสีของสารละลายของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของแกนสับปะรด พบว่าสารละลายของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้เริ่มต้นมีค่าความโปร่งแสงร้อยละ 29.10 และมีปริมาณของแข็งเท่ากับร้อยละ1.66 และเมื่อเติมเรซินแล้วพบว่าสารละลายมีค่าความโปร่งแสงมากขึ้น แสดงว่าสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเติมเรซินลงไป 5 กรัมเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที โดยมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 47.60 และมีปริมาณของแข็งเท่ากับ 1.48 และพบว่าเมื่อใช้ปริมาณมากขึ้นพบว่าค่าความโปร่งแสงของสารละลายมีค่าน้อยกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 46.05 และมีปริมาณของแข็งร้อยละ 1.37 แต่พบว่าเมื่อใช้เวลาในการกำจัดเกลือและสีนานเกินไป ร้อยละค่าความโปร่งแสงลดลง สำหรับการกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของเปลือกสับปะรด พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเรซิน 5 กรัมเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาทีพบว่าเมื่อเขย่านาน 60 นาที มีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 43.40 และมีปริมาณของแข็งร้อยละ 1.28 และเมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่านาน 90 นาทีพบว่า ร้อยละค่าความโปร่งแสงมีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 47.90 และปริมาณของแข็งที่พบมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.57 และเมื่อเพิ่มปริมาณของเรซินพบว่าร้อยละค่าความโปร่งแสงเพิ่มขึ้นด้วย และพบว่าร้อยละค่าความโปร่งแสงสูงที่สุดเมื่อใช้ปริมาณเรซิน 10 กรัมเขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาทีเป็นเวลานาน 90 นาที โดยค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 51.55

4.2.4.2 การกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้โดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน (weakly basic anion exchange resin)

จากการกำจัดเกลือและสีของสารสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ด้วยด้วย เรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน (weakly basic anion exchange resin) โดยศึกษาปริมาณของเรซินที่ใช้ และเวลาในการกำจัดเกลือและสี จากนั้นได้วัดค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และหาปริมาณของแข็งในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วย พบว่าได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.13

จากตารางที่ 4.13 พบว่าในการกำจัดเกลือและสีในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของกากสับปะรดด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน พบว่าเรซินสามารถกำจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกลือและสีของสารละลายได้มากที่สุดเมื่อใช้ปริมาณเรซิน 5 กรัม เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที และเวลาในการกำจัดเกลือและสีของเรซิน 30 นาที โดยมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 87.75 และปริมาณของแข็งร้อยละ 1.06 และพบว่าเมื่อใช้ปริมาณเรซินมากขึ้น ค่าร้อยละของความโปร่งแสงลดลง และเมื่อใช้เวลาในการกำจัดเกลือและสีมากขึ้น พบว่าค่าร้อยละความโปร่งแสงลดลงเช่นเดียวกัน สำหรับการกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของแกนและเปลือกสับปะรด พบว่าเมื่อใช้ปริมาณเรซิน 5 กรัม เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที พบว่าสามารถกำจัดเกลือและสีได้มากที่สุด โดยมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 47.85 และ 57.85 ตามลำดับ และมีปริมาณของแข็งเท่ากับร้อยละ 1.51 และ 1.28 ตามลำดับ และพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของเรซินและใช้เวลาในกำจัดเกลือและสีมากขึ้น พบว่าค่าร้อยละของความโปร่งแสงมีค่าลดลง

ตารางที่ 4.13 การกำจัดเกลือและกำจัดสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อน (weakly basic anion exchange resin)

สารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	ปริมาณของเรซิน (กรัม)	ความเร็วรอบในการเขย่า (รอบต่อนาที)	เวลา (นาที)	% T	% solid
กาก	0	-	-	69.85	1.30
	5	120	30	87.75	1.20
	5	120	60	80.40	1.06
	10	120	30	83.15	1.08
	10	120	60	80.15	1.08
แกน	0	-	-	29.10	1.66
	5	120	30	45.35	1.54
	5	120	60	47.85	1.51
	10	120	30	42.85	1.50
	10	120	60	38.55	1.47
เปลือก	0	-	-	44.50	1.46
	5	120	60	57.85	1.28
	5	120	90	56.55	1.27
	10	120	60	53.30	1.30
	10	120	90	50.30	1.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.3 การกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใสโดยการกำจัดสีด้วยเรซิน แลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อนร่วมเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกชนิดที่มีความเป็นกรดสูง

จากการกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อนร่วมเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกชนิดที่มีความเป็นกรดสูง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.14 จะได้ว่าเมื่อใช้ปริมาณเรซินแต่ละชนิดปริมาณ 5 กรัมร่วมกัน

ตารางที่ 4.14 การกำจัดเกลือและการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำใสโดยการกำจัดสีด้วยเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่มีความเป็นเบสอ่อนร่วมเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกชนิดที่มีความเป็นกรดสูง

สารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	ปริมาณของเรซิน (กรัม)		ความเร็วรอบในการเขย่า (รอบต่อนาที)	เวลา (นาที)	% T	% solid
	Strongly acidic resin	Weakly basic resin				
กาก	0	0	-	-	69.85	1.30
	5	5	120	90	64.80	0.45
	5	5	120	60	81.05	1.20
	5	5	120	30	81.25	1.30
	5	5	120	15	84.75	1.09
แกน	0	0	-	-	29.10	1.66
	5	5	120	90	41.10	1.37
	5	5	120	60	43.75	1.49
	5	5	120	30	47.35	1.51
	5	5	120	15	45.40	1.50
เปลือก	0	0	-	-	44.50	1.46
	5	5	120	90	43.10	1.21
	5	5	120	60	59.95	1.30
	5	5	120	30	61.45	1.24
	5	5	120	15	55.50	1.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขย่าด้วยความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าสามารถกำจัดเกลือและสีออกจากสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้มากที่สุด โดยมีค่าร้อยละความโปร่งแสงสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ84.75 และมีปริมาณของแข็งเท่ากับ 1.09 พบว่าเมื่อใช้เรซิน 2 ชนิดร่วมกัน เมื่อเวลาในการกำจัดเกลือและสีนานมากขึ้น พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือและสีลดลง โดยมีค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายมีค่าลดลง สำหรับการกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของแกนและเปลือกสับปะรด พบว่าเมื่อใช้ปริมาณของเรซินร่วมกัน ชนิดละ 5 กรัม เขย่าที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที ประสิทธิภาพในการกำจัดเกลือและสีของเรซินสามารถทำได้ดีที่สุด โดยมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 47.35 และ 61.45 ตามลำดับ และมีปริมาณของแข็งคิดเป็นร้อยละ 1.51 และ 1.24 ตามลำดับ และพบว่าเมื่อเวลาในการกำจัดเกลือและสีของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้นานขึ้น โดยเขย่าเป็นเวลา 60 และ 90 นาที พบว่าค่าความโปร่งแสงลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 43.75 และ 41.10 สำหรับสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของแกนสับปะรด และมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 59.95 และ 43.10 สำหรับสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำของเปลือกสับปะรด ตามลำดับ

4.2.5 ขั้นตอนการทำเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ให้บริสุทธิ์ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์ (enzymatic treatment) และการทำให้เข้มข้น

จากการทำเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้บริสุทธิ์ โดยการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส (cellulose) ความเข้มข้นร้อยละ 2 และบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายที่ได้และหาปริมาณของแข็ง และในการทำให้บริสุทธิ์มากขึ้นด้วยการเติมผงถ่านกัมมันต์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 เป็นเวลา 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส วัดค่าร้อยละความโปร่งแสงและปริมาณของแข็ง จากนั้นกรองและทำให้เข้มข้นด้วยการระเหยน้ำออกภายใต้ความดันสุญญากาศ จนเหลือปริมาตรของสารละลายร้อยละ 6 และทำแห้งด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จะได้ผงแห้งของเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ซึ่งผลแสดงได้ในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำมีความบริสุทธิ์ด้วยการย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลสและการทำให้เข้มข้นขึ้น

สารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ	การย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส		การทำให้เข้มข้นและบริสุทธิ์		น้ำหนักผงแห้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้
	% T	% solid	% T	% solid	
กาก	87.35	1.17	97.60	0.90	0.45
แกน	59.75	1.42	95.95	1.02	0.43
เปลือก	63.55	1.31	81.75	0.90	0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.15 เมื่อย่อยเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเอนไซม์เซลลูเลส พบว่าในสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้จากกาก แกนและเปลือกสับปะรด พบว่ามีค่าร้อยละความโปร่งแสงเพิ่มมากขึ้น โดยพบมีค่าร้อยละความโปร่งแสงเท่ากับ 87.35, 59.75 และ 63.55 ตามลำดับ และพบปริมาณของแข็งเท่ากับ 1.17, 1.42 และ 1.31 ตามลำดับ และเมื่อทำให้สารละลายเส้นใยที่ละลายน้ำได้ให้บริสุทธิ์มากขึ้นด้วยการดุดซับด้วยผงถ่านกัมมันต์ พบว่าค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้นกว่าเดิมมาก โดยค่าร้อยละความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของกากสับปะรดมีค่า 97.60 และมีปริมาณของแข็งเท่ากับร้อยละ 0.90 ส่วนค่าความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ของแกนสับปะรดมีค่าเท่ากับ 95.95 และมีค่าปริมาณของแข็งมีค่าร้อยละ 1.02 และค่าความโปร่งแสงของสารละลายเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 81.75 และมีค่าปริมาณของแข็งคิดเป็นร้อยละ 0.90 และจากการทำให้เส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้เป็นผงแห้ง พบว่าเส้นใยอาหารที่สกัดได้จากกาก แกนและเปลือกสับปะรด มีน้ำหนักของผงแห้งมีค่าเท่ากับ 0.45, 0.43 และ 0.38 กรัมของน้ำหนักแห้งเริ่มต้น ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 22.6, 21.8 และ 19.4 ของน้ำหนักแห้งของกากสับปะรด แกนสับปะรด และเปลือกสับปะรด ตามลำดับ

จากการปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำที่สกัดได้จากกาก แกน และเปลือกสับปะรด และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณเส้นใยอาหารที่สกัดได้พบว่ามีค่าใกล้คียงกับเส้นใยอาหรที่ได้จาการศึกษาของ Nuria และ Olga (1999) ซึ่งได้ศึกษาปริมาณเส้นใยอาหารจาก แอปเปิล (apple) ลูกแพร์ (pear) พีช (peach) ส้ม (orange) อาร์ติโชค (artichoke) และ หน่อไม้ฝรั่ง (asparagus) และได้ศึกษาปริมาณเส้นใยอาหารจากข้าวสาลีและข้าวโอ๊ต พบว่าปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35-59 โดยน้ำหนัก และพบว่าปริมาณของเส้นใยอาหารไม่ละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 21-44 โดยน้ำหนัก และปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำในช่วงร้อยละ 10-14 โดยน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ Woo และคณะ (2005) ได้ศึกษากระบวนการในการเตรียมเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกขาวโพด (corn hull) โดยได้ศึกษาขั้นตอนการกำจัดแป้งและโปรตีนด้วยเอนไซม์ และการแยกเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำออกจากเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยวิธีการแยกด้วยสารละลายเบส (alkali extraction) จากนั้นทำแห้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ จะได้เส้นใยอาหารที่มีความหนืดต่ำและมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสสูง โดยพบปริมาณเส้นใยอาหรที่ละลายน้ำได้คิดเป็นร้อยละ 24.5 โดยน้ำหนักของเปลือกข้าวโพดแห้ง ต่อมา Trinidad และคณะ (2006) ได้ศึกษาการผลิตเส้นใยอาหารจากแป้งมะพร้าว (coconut flour) ซึ่งเป็นส่วนของกากมะพร้าวที่เหลือจากกระบวนการผลิตกะทิสำเร็จรูป พบว่ามีเส้นใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 60.0±1.0 กรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง หรือคิดเป็นร้อยละ 60. และพบปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 56 และเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักและขณะเดียวกัน Redondo-Cuenca และคณะ(2006) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณเส้นใยอาหารที่พบในถั่วเหลืองสีเหลืองและถั่วเหลืองสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(yellow and green cimmmercial soybeans, Glycine max) และจากการศึกษาพบว่าปริมาณเส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 74-78 โดยน้ำหนัก และปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ พบว่ามีค่าคิดเป็นร้อยละ 20-26 โดยน้ำหนักของถั่วเหลืองสีเหลืองและถั่วเหลืองสีเขียว และ Fuentes-Alventosa และคณะ (2009) ได้ศึกษากระบวนการทางเคมีในการแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ในของเหลือจากหน่อไม้ฝรั่ง (asparagus by-product) และได้ศึกษาคุณสมบัติของผงแห้งเส้นในอาหารที่เตรียมได้ด้วย พบว่า พบว่ามีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 62-77 โดยน้ำหนัก และเมื่อศึกษาคุณสมบัติของเส้นใยอาหารพบว่ามีค่าประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำ (water-holding capacity) เท่ากับ 11-20 มิลลิลิตรของน้ำต่อกรัมของผงแห้ง ค่าประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมัน (oil-holding capacity) เท่ากับ5-8 มิลลิลิตรของน้ำมันต่อกรัมของผงแห้ง ซึ่งค่าที่ได้เป็นแนวทางในการนำเส้นใยอาหารที่ผลิตได้ไปประยุกต์ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กุลวดี ตรองพาณิชย์. 2542. การผลิตใยอาหารจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดฝักอ่อน. [Online]. Available : http://www.biotec.or.th/rde/RDEResultF1.asp?Id_Rde=459

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

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

วันเพ็ญ มีสมญา.2541. ใยอาหารอันทรงคุณค่า. อาหาร. 28 (3) , 213-219.

นิรนาม. 2550ก. Analitical progress. [Online]. Available : http://www.medlabs.com

นิรนาม. 2550ข. การหาปริมาณเส้นใยอาหาร. [Online]. Available : http://www.sithiporn. co.th/newweb/newsletter/21-4-2005-1114054690.doc

ปิยอนงค์ ไพรระหง. 2545. การพัฒนาบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมเส้นใยอาหาร. โครงงานพิเศษวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาหารและโภชนาการเพื่อการพัฒนา, มหาวิทยาลัยมหิดล

พิชญาภรณ์ พุ่มไพศาลชัย. 2542. การเสริมใยอาหารจากกากสับปะรดในผลิตภัณฑ์เค้กเนย. โครงงานพิเศษภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิริขวัญ เบ็ญจกรรณ์. 2548. การวิเคราะห์หาปริมาณเส้นใยอาหารในพืชพื้นบ้านบางชนิดโดยวิธีนอนเอนไซมาติก กราวิเมตริก. [Online].Available : http://www.sci.cmru. ac.th/research.php

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

อรุณี ตรีศิริโรจน์. 2540. การวิเคราะห์ปริมาณและชนิดของใยอาหารในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร [Online].Available:http://research.sc.mypage.utcc.ac.th/ezcatfiles/research.sc/img/img /abstract 27-45_part3.pdf

Artiss, J.D., Brogan, K., Brucal, M., Moghaddam, M. and Jen, K-L, C. 2006. The effect of a new soluble dietary fiber on weight gain and selected blood parameters in rats. Mat. Clinic. Exp. 55: 195-202.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bilgicli, N., Ibanoglu, S. and Herken, E.N. 2007. Effect of dietary fiber addition on the selected nutritional properties of cookies. J. Food Engineer. 78: 86-89.

Biyani, M. K., Banavaliker, M. M., Parikh, G. C. and S. M. Biyani,. 2002. Nutrient rich, low fat, high fiber, carrot product, and process of making. US. Patent 6,361,818 B2., Mar. 26, 2002

Claye, S.S., Idouraine, A and Weber, C.W. 1995. Extraction and fractionation of insoluble fiber from five fiber sources. Food Chem. 57: 305-310.

Fagan, C.C., O'Donnell, C.P., Cullen, P.J. and Brennan, C.S. 2006. The effect of dietary fibre inclusion on milk coagulation kinetics. J. Food Engineer. 77: 261-268.

Francisco R. M.,Cristina, S.R., Obdulio,B. G., Julian, C. and J. A. Pérez-Alvarez. 2005. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. Food Chem. 100 : 736-741.

Fuentes-Alventosa, J.M., Rodríguez-Gutiérrez, G., Jaramillo-Carmona, S., Espajo-Calvo, J.A., Rodríguez-Arcos, R., Fernández-Bolaños, J., Guillén-Bejarano, R. and Jiménez-Araujo, A. 2009. Effect of extraction method on chemical composition and functional characteristics of high dietary fibre powders obtained asparagus by-products. Food Chem. 113: 665-671.

Kiryama, S., Okazaki , J. and A. Joshida, 1969. Hypocholesterolemic effect of polysaccharides and polysaccharide-rich foodstuffs in cholesterol fed rats. *J. Nutr.* 97 : 382–388.

Lario, Y., Sendra, E., Garcia-Perez, J., Barbera, E., Lopaez, J-F. And Perez-Alvarez, J.A. 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. Innov. Food Science Engineer. Technol. 5: 113-117.

Marin, F.R., Soler-Rivas, C., Brenavente-Garcia, O., Castillo, J. And Perez-Alvarez, J.A. 2007. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. Food Chem. 100: 736-741.

Marks, S., Lunt, M.and P. Mattson. 2003. Method of making a commercial packaged watermelon juice drink. US. Patent 6,589,581 B1., Jul. 8, 2003.

Migul, N. and Olga, M-B. 1999. Comparison of dietary fiber from by-product of processing fruits and greens and from cereals. Lebensm-Wiss u.-Technol. 32: 503-508.

Nuria, G-M and Olga, M-B. 1998. Characterization of dietary fiber from orange juice extraction. Food Res. Inter. 31:355-361.

Prosky, L., Asp, G.N., Scheweizer, T.F., de Vries, J.W. and Furda, I., 1988. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory studyit. *J. Assoc. Anal. Chemist.Inter.* 71: 1017–1023.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prosky, L., Asp, G.N., Scheweizer, T.F., de Vries, J.W. and Furda, I., 1992. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. *J. Assoc. Anal. Chemist. Inter.* 75, pp. 360–367.

Redgwell, R., Trovato, V., Curti, S. , Hediger, S. And Manez, A. 2003. Dietary fibre in cocoa shell: characterization of component polysaccharides. Food Chem. 81: 103-112.

Redindo-Cuenca, A., Villanueva-Suárez, M.J., Rodríguez-Sevilla, M.D. and Mateos-Aparicio, I. 2006. Chemical composition and dietary fibre of yellow and green commercial soybeans (Glycine max). Food Chem. 101 : 1216-1222.

Sowbhagya H.B., Suma P. F., Mahadevamma S. and Tharanathan R.N. 2007. Spent residue from cumin–a potential source of dietary fiber. *Food Chemistry*, 104, 1220-1225.

Suzuki, Y., Sugimoto, A., Kakuda, T., and Y . Ikegawa. .2002. Manufacturing process of carrot juice. US. Patent 6,340,489 B1., Jan. 22, 200.

Uysal, H., Bilgicli, N., Elgun, A., Ibanoglu, S., Heren, E.N. and Demir, M.K. 2007. Effect of dietary fibre and xylanase enzyme addition on the selected properties of wire-cut cookies. J. Food. Engineer. 78: 1074-1078.

Woo, D-H. and Kim, J-K.2005. Method for preparing soluble dietary fiber from corn hull. US. Patent No. 6,838,099 B2. Jan.4, 2005.

Yoon, K, Y., Cha, M., Shin, S.R. and Kim, K.S. 2005. Enzymatic production of a soluble-fibre hydrolyzate from carrot and its sugar composition. 92: 151-157.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้