



การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้
Dietary Fiber Extraction from Cocoa Husk and Its Application in Cookies

รุ่งนภา ประกอบกิจ

Rungnapa Prakobkit

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2538

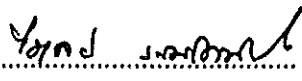
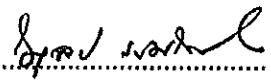
เลขที่ TA ๗๗๘ ๗๗๖ ๒๕๓๘ ๑.๒
Bib Key ๐๐๑๒๐

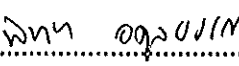
(1)

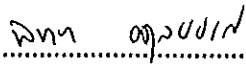
ชื่อวิทยานิพนธ์ การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้
ผู้เขียน นางสาวรุ่งนภา ประกอบกิจ
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

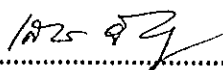
คณะกรรมการที่ปรึกษา


คณะกรรมการสอบ

 ประธานกรรมการ  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก) (รองศาสตราจารย์ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาลิก)

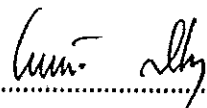
 กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อุดลยธรรม)

 กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อุดลยธรรม)

 กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล)

 กรรมการ
(ดร.รัตนา เรืองไรรัตน์โรจน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร


(ดร.ไพรัตน์ สงวนไพร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้
ผู้เขียน นางสาวรุ่งนภา ประกอบกิจ
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

จากการดำเนินการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้พบว่าเปลือกโกโก้ซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบประกอบด้วยน้ำร้อยละ 82.28 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 48.40 และ 11.55 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อทำการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ได้สภาวะที่เหมาะสม โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ ใช้เวลาแช่ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยเตรียมเปลือกโกโก้บดแห้งให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแก้วและโปรตีน และใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ แช่ 20 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ควบคุมพีเอชที่ 8.5-10.8 ในระหว่างกระบวนการ และทำการฟอก 2 ครั้ง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีและกำจัดลิกนิน หลังจากทำการอบแห้งและบดแล้วจะได้ใยอาหารที่มีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเหลือง มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ ลิกนิน และเซลลูโลส เท่ากับร้อยละ 90.32 2.27 20.82 และ 54.09 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ มีความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 3.80 กรัม/น้ำต่อกรัมใยอาหาร ค่าสีในรูปของค่า L, a และ b เท่ากับ 70.28 0.21 และ 18.44 ตามลำดับ เมื่อนำใยอาหารที่ผลิตได้มาเสริมในผลิตภัณฑ์คุกกี้โดยการทดแทนแป้งในอัตราส่วนร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 แล้วทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในปัจจัย ลักษณะปรากฏ สีแปลกปลอม กลิ่นเนย กลิ่นแปลกปลอม ความร่วน ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก ความฝาดและความรู้สึกภายหลังการกลืน โดยผู้บริโภครุ่นที่ผ่านการฝึกฝน พบว่าการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารร้อยละ 5 จะให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($p > 0.05$) สำหรับ

การทดสอบความชอบรวมของผู้บริโภคทั่วไป มีคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบมาก โดยที่คะแนนความชอบรวมจะลดลงเมื่อทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณมากขึ้น อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบของชุดที่ทดแทนแป้งด้วยใยอาหารร้อยละ 5 เท่านั้นที่ผู้บริโภคไม่สามารถชี้ความแตกต่างจากคุกกี้ชุดควบคุม ($p > 0.05$)

Thesis Title Dietary Fiber Extraction from Cocoa Husk and Its Application
 in Cookies
Author Miss Rungnapa Prakobkit
Major Program Food Technology
Academic Year 1995

Abstract

From the study of dietary fiber extraction from cocoa husk and its application in cookies, it was found that cocoa husk used for raw material comprised 82.28 % water, 48.40 % insoluble dietary fiber and 11.55 % soluble dietary fiber (on dry basis). Ash and protein contents of dried cocoa husk (DCH) were removed by forming a slurry of 5 % substrate with 20 % sodium hydroxide solution (by weight of DCH) and stirred at 65°C for 30 minutes. Delignification and bleaching were done twice by reslurried in an alkaline peroxide solution containing 20 % hydrogen peroxide (by weight of DCH) at room temperature for 20 hours and the pH was maintained between 8.5-10.8. Dietary fiber from cocoa husk was dried and ground. The color of this powder ranged from white to yellow and composed of 90.32 % insoluble dietary fiber, 2.27 % soluble dietary fiber, 20.82 % lignin, 54.09 % cellulose (on dry basis) and water holding capacity was 3.80 g water/ g dietary fiber. The color in terms of L, a and b was 70.28, 0.21 and 18.44 respectively. Cookies containing dietary fiber were produced using dietary fiber at the level of 0, 5, 10, 15, and 20 % substitution of wheat flour. Sensory evaluation of the cookies was evaluated for appearance, color, butter aroma ,off odour, texture, mouthfeel, bitter taste and after taste with trained panelists. It was found that there were

no significantly different among 0 % and 5 % level ($p>0.05$). The acceptability of cookies was evaluated with untrained panelists and it was found that increasing in dietary fiber substitution resulted in decreasing in the acceptability but no significantly different between cookies containing 0 % and 5 % levels ($p>0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ไพบุลย์ ธรรมรัตน์วาสิก ประธานกรรมการที่ปรึกษา อ.พิทยา อุดลยธรรม กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆในระหว่างทำการวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อ.ก้องกาญจน์ อังสุภาณี เป็นอย่างยิ่ง ที่ให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ และเป็นกำลังใจอย่างดีในระหว่างทำการวิจัย ขอขอบพระคุณ ผศ.เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล กรรมการผู้แทนภาค วิชาอุตสาหกรรมเกษตร ดร.รัตนา เรืองไรรัตน์โรจน์ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาตรวจแก้ไขและให้คำแนะนำเพื่อให้งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณ อ.ธรรมนุญ โปรดปราน และครูพรชัย ศรีไพบุลย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และให้ความสะดวกในระหว่างทำการวิจัย

ขอขอบคุณสำหรับความช่วยเหลือของ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ และนักศึกษาปริญญาตรีคณะ อุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน โดยเฉพาะคุณทิพย์ บุญล้ำ ที่ช่วยฝึกสอนวิธีการทำคุกกี้ คุณปรีชา มณีศรี และคุณวาสนา มุสา ที่ช่วยถ่ายทำสไลด์ ตลอดจนทุกท่านที่ช่วยเหลือในการเตรียมวัสดุดิบ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่เรือนกระจก คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการבודตัวอย่าง และเจ้าหน้าที่คณะ อุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความสะดวกและช่วยเหลือจนงานวิจัยสำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนการเรียนและการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา รวมทั้งขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย

และท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบคุณน้องทั้งสองของข้าพเจ้า ที่ให้ความหวังใจ ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่งมาโดยตลอด

รุ่งนภา ประกอบกิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	(3)
Abstract.....	(5)
กิตติกรรมประกาศ.....	(7)
สารบัญ.....	(8)
รายการตาราง.....	(9)
รายการตารางภาคผนวก.....	(10)
รายการภาพ.....	(12)
บทที่	
1 บทนำ.....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ตรวจเอกสาร.....	3
2 อุปกรณ์ และวิธีการ.....	23
3 ผลและวิจารณ์.....	29
4 สรุป.....	52
เอกสารอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	66
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ.....	69
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี.....	70
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	95

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้.....	4
2. ปริมาณสาร Theobromine ในเปลือกผล เปลือกเมล็ด และเมล็ดโกโก้.....	5
3. องค์ประกอบทางเคมีของโยอาหารชนิดต่างๆ.....	7
4. ปริมาณโยอาหารที่มีในรำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี และรำข้าวโพด.....	20
5. องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้หลังการอบ.....	30
6. ปริมาณเถ้าในเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง).....	32
7. ปริมาณโปรตีนในเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอก ไซด์ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง).....	33
8. ปริมาณลิพินในโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง).....	35
9. ค่าสี L ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	37
10. ค่าสี a ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	39
11. ค่าสี b ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	40
12. องค์ประกอบทางเคมีของโยอาหารที่คัดเลือกได้.....	44
13. คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม โยอาหาร ประเมินด้วยวิธีทดสอบแบบ QDA.....	47
14. คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมโยอาหาร ประเมินด้วยวิธี ทดสอบแบบ Hedonic scale.....	51

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ถ้าในเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	84
2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย โปรตีนในเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์.....	85
3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ลิกนินในใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	86
4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ค่าสี L ของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์....	87
5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ค่าสี a ของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์....	88
6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ค่าสี b ของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์....	89
7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนลักษณะปรากฏของคุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	90
8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนสีแปลกปลอมของคุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	90
9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนกลิ่นเหม็นของคุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	91
10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนกลิ่นแปลกปลอมของคุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	91
11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความชื้นของคุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	92

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความรู้สึกเป็นทราย ภายในปากของคุณก็ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	92
13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความฝืดของคุณก็ผสม โยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	93
14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความรู้สึกภายหลังการ กลืนของคุณก็ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	93
15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ความชอบรวมของคุณก็ผสม โยอาหารจากเปลือกโกโก้.....	94

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ผลโกโก้สุก.....	4
2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส.....	6
3 โครงสร้างทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส.....	8
4 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบเพกติน.....	9
5 โครงสร้างทางเคมีของกรดเพกติก.....	10
6 โครงสร้างทางเคมีขององค์ประกอบของลิกนินทั้ง 3 ชนิด.....	11
7 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเถาและโปรตีน.....	25
8 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีและกำจัดลิกนิน.....	27
9 เปลือกโกโก้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัด และใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือก โกโก้.....	41
10 เปลือกโกโก้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัด และใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือก โกโก้หลังจากบดและคัดขนาดต่ำกว่า 60 เมช.....	42
11 ผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้โดยการทดแทนแป้งในปริมาณ ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 (แสดงคุกกี้หลายชิ้นต่อสูตร).....	46
12 ผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมใยอาหารจากเปลือกโกโก้โดยการทดแทนแป้งในปริมาณ ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 (แสดงคุกกี้หนึ่งชิ้นต่อสูตร).....	46
13 เปรียบเทียบลักษณะของใยอาหารที่คัดเลือกได้กับแป้งสาลี เอนกประสงค์.....	48

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

โกโก้เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญระดับโลกชนิดหนึ่ง เพราะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโกโก้ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านบริโภคและอุปโภค และนับเป็นสินค้าโภคภัณฑ์ที่มีการจัดทำข้อตกลงระหว่างประเทศชนิดหนึ่งในสิบแปดชนิด ในโครงการรวมโภคภัณฑ์ของ UNCTAD (United Nation Conference on Trade and Development) เพื่อบริหาร หงษ์หยก (2529) กล่าวถึงการขยายตัวของผลผลิตโกโก้ของโลกเพิ่มขึ้นมาโดยตลอด ในเวลาเพียง 30 ปี จากสงครามโลกครั้งที่สอง ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นถึง 2.5 เท่า สำหรับประเทศไทยเริ่มส่งเสริมกันอย่างจริงจัง ในปี 2522 โดยกรมวิชาการเกษตรร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตร ทำให้โกโก้ได้รับความสนใจจากทุกวงการทั้งส่วนราชการ เอกชน รัฐวิสาหกิจ และเกษตรกร นอกจากนี้ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530 ถึง 2534) ได้จัดโกโก้เป็นพืชอยู่ในโครงการนำร่องขยายการผลิตสินค้าใหม่ด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์จากโกโก้ทำให้มีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดยเฉพาะเปลือกหรือฝักโกโก้เป็นจำนวนมาก Wood (1985) รายงานถึงอัตราส่วนระหว่างเมล็ดโกโก้ต่อเปลือกโกโก้ เป็น 1.6 ล้านตัน ต่อ 6 ล้านตัน หรือเท่ากับ 1 ต่อ 3.75 นับเป็นสัดส่วนที่สูงมาก มีการนำเปลือกโกโก้มาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังรายงานว่า เปลือกโกโก้มีปริมาณกากใย (Crude fiber) อยู่ถึงร้อยละ 27.30 การพัฒนาเปลือกโกโก้เพื่อใช้ประโยชน์ด้านอื่น เช่น การสกัดใยอาหารที่บริโภคได้จากเปลือกโกโก้ผสมเป็นอาหารมนุษย์ นับเป็นวิธีกำจัดของเสียและเพิ่มมูลค่าของเปลือกโกโก้จากกระบวนการผลิตโกโก้ได้วิธีหนึ่ง

ปัจจุบันนิสัยการบริโภคของผู้บริโภคเปลี่ยนไป โดยให้ความสำคัญในการบริโภค

เพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสนใจในการบริโภคใยอาหาร (Dietary fiber) โดยในปี 1970 จากการสนับสนุนและแนะนำจาก U.S. Senate Committee on Nutrition, U.S. Dept. of Health and Human Service และ U.S. Dept. of Agriculture และจากการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับผลของการบริโภคใยอาหารที่มีต่อมนุษย์ พบว่าช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งในลำไส้ใหญ่ โรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด โรคอ้วน ปริมาณการบริโภคที่ส่งผลดีต่อสรีรวิทยาและสุขภาพ ที่ The Federation of American Societies of Experimental Biology แนะนำ มีค่าเท่ากับ 20-35 กรัมต่อวัน (Chang and Morris, 1990)

จากความสนใจบริโภคใยอาหารในปริมาณมากขึ้น ประกอบกับผู้บริโภคไม่ต้องการเปลี่ยนอุปนิสัยการบริโภค ทำให้ต้องมีการประยุกต์ใช้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของผู้บริโภค โดยไม่ทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสเปลี่ยนแปลงไปจากผลิตภัณฑ์เดิมจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ

จากเหตุผลดังกล่าวการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษา สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ สมบัติของใยอาหารที่คัดเลือกได้ และแนวทางการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีใยอาหารสูงชัน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้
2. เพื่อศึกษาสมบัติของใยอาหารที่คัดเลือกได้
3. เพื่อศึกษาการนำใยอาหารที่คัดเลือกได้มาทำผลิตภัณฑ์คุกกี้ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีใยอาหารสูงชัน และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

ตรวจเอกสาร

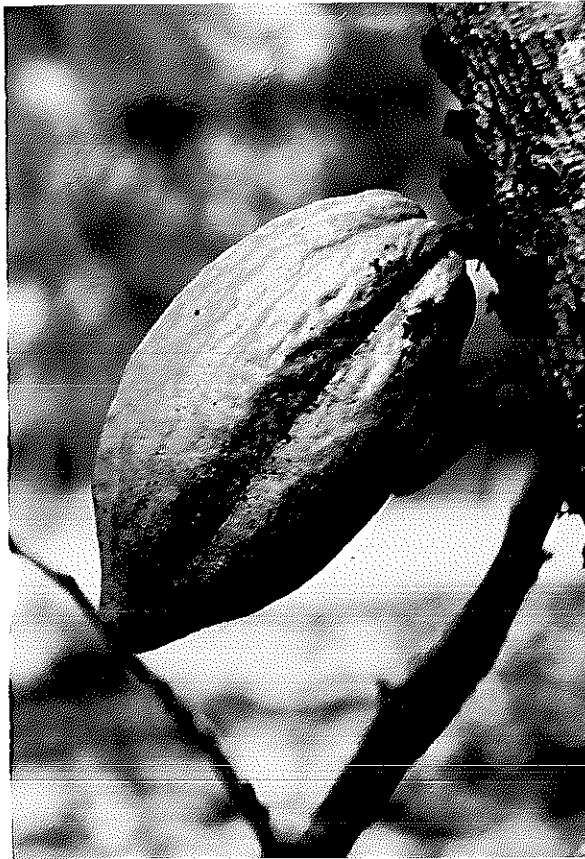
1. โกโก้

โกโก้ (*Theobroma cocoa L.*) เป็นพืชเมืองร้อนอยู่ในตระกูล Sterculiaceae เป็นไม้พุ่มยืนต้นสามารถเจริญเติบโตได้ดีภายใต้ร่มเงาของพืชอื่น มีความสูงประมาณ 6-10 เมตร หรืออาจสูงกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ระยะการปลูก ขนาดของพืชร่มเงาที่ปลูก และการดูแลรักษา สามารถเจริญเติบโตตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 2,000 ฟุต ในแหล่งที่มีฝนตกสม่ำเสมอ และมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1,500-2,000 มิลลิเมตรต่อปี ค่าความเป็นกรดต่างของดินระหว่าง 5.5-7.0 อุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 24-29 องศาเซลเซียส และไม่ควรถ่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ต้นที่ปลูกจากเมล็ดจะเริ่มให้ผลเมื่อมีอายุประมาณ 2-3 ปี และให้ผลผลิตสูงเมื่อมีอายุ 8-15 ปี เป็นพืชที่ให้ผลผลิตตลอดปี ระยะเวลาตั้งแต่ออกดอกจนผลสุกประมาณ 5-6 เดือน ผลของโกโก้มีลักษณะคล้ายมะละกอ เมื่อเริ่มแก่สีของผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวหรือสีม่วงตามลักษณะพันธุ์ เป็นสีเหลือง ส้ม หรือแดง ดังภาพที่ 1 ภายในฝักของโกโก้ผลหนึ่งจะมีเมล็ดเรียงเป็นแถวติดต่อกัน มีประมาณ 25-50 เมล็ดขึ้นอยู่กับพันธุ์โกโก้ (ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย, 2534 ; วิทย์ สุวรรณาวุธ, 2525)

พันธุ์โกโก้ที่นิยมปลูกในปัจจุบันมี 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ครีโอลโล (Criollo) สายพันธุ์เฟอร์าสเตโร (Ferastero) และสายพันธุ์ทรินิตาโร (Trinitario) สำหรับประเทศไทยมีการปลูกกันมากแถบจังหวัดภาคใต้ และจังหวัดแถบชายทะเลเช่น สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และชุมพร โดยพื้นที่ปลูกโกโก้ทั่วประเทศประมาณ 14,391 ไร่ และมีผลผลิตประมาณ 888 ตัน ในปี 2532 (กรมส่งเสริมการเกษตร และกรมวิชาการเกษตร, 2529 ; ฝ่ายวิชาการธนาคารกสิกรไทย, 2534)

2. การใช้ประโยชน์จากเปลือกโกโก้

เปลือกโกโก้ที่ผ่าเอาเมล็ดออกแล้ว มีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 มีการใช้เปลือกโกโก้เป็นปุ๋ยในสวนโกโก้ เนื่องจากเป็นแหล่งของโปแตสเซียมซึ่งมีประมาณ



ภาพที่ 1 ผลโกโก้สด

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง	
	Wood (1985)	Wong และคณะ (1987 อ้างโดย บุญล้อม ชีวอิสระกุล, 2530)
ความชื้น*	-	83.50
โปรตีน	5.63-7.50	8.50
ไขมัน	-	0.59
เถ้า	7.60-8.70	10.60
กากใย	24.30-29.00	26.90

หมายเหตุ * = ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

ร้อยละ 3-4 ของน้ำหนักแห้ง ในประเทศคาร์น่ามีการทำสบู่จากเถ้าที่ได้จากเปลือกโกโก้ ซึ่งมีความเป็นด่างสูงช่วงสงครามโลก นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์โดยการตากแห้งแล้วผสมอาหารในอัตราส่วนต่างๆ เช่น ร้อยละ 20 ในอาหารเป็ดไก่ ร้อยละ 30 ในอาหารหมู ร้อยละ 50 ในอาหารแกะแพะ ร้อยละ 20-40 ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่าสัตว์ยอมรับได้ และในมาเลเซียมีการใช้เปลือกโกโก้สดร้อยละ 15-30 สับผสมอาหารเลี้ยงวัวนม (Wong and Hassen 1986 อ้างโดย บุญล้อม ชีวอิสระกุล, 2530 ; Wood, 1985)

3. สาร Theobromine ที่มีในเปลือกโกโก้

บุญล้อม ชีวอิสระกุล (2530) กล่าวถึงสาร Theobromine (3,7 dimethyl-xanthine) ซึ่งมีผลกระตุ้นกล้ามเนื้อหัวใจ และทำให้มีการขับปัสสาวะมาก ที่พบในเปลือกผลเปลือกเมล็ด และเมล็ดโกโก้ ดังแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นว่า ในเปลือกผลโกโก้มีปริมาณสารน้อยที่สุด ประมาณ 10 เท่าของเมล็ด

ตารางที่ 2 ปริมาณสาร Theobromine ในเปลือกผล เปลือกเมล็ด และเมล็ดโกโก้

แหล่งวัตถุดิบ	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง
เปลือกผล	0.17-0.20
เปลือกเมล็ด	1.80-2.10
เมล็ด	1.90-2.00

ที่มา : Wong และ Hassen (1986 อ้างโดย บุญล้อม ชีวอิสระกุล, 2530)

4. โยอาหาร (Dietary fiber)

โยอาหาร หมายถึงคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนทุกชนิดและลิกนินในอาหาร ที่สามารถทนต่อการย่อยของสารที่หลังจากทางเดินอาหารของมนุษย์ (Trowell, et al., 1976)

ใยอาหารมีความหมายแตกต่างจากกากใย (Crude fiber) โดยที่กากใยเป็นส่วนของพืชที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดและด่าง ซึ่งจะมีปริมาณที่น้อยกว่าใยอาหารประมาณ 1.6-15.7 เท่า (วิชัย ตันไพจิตร, 2522 ; Anon, 1979 ; Vetter, 1984)

5. ส่วนประกอบของใยอาหาร

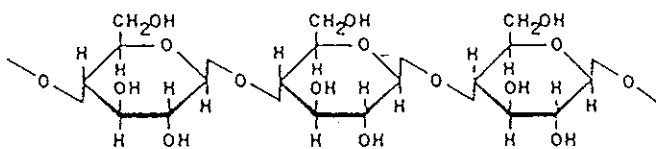
✓ Schneeman (1986) ได้จัดแบ่งใยอาหารตามการทำหน้าที่ที่เป็นโครงสร้างของพืชออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ประกอบด้วย เซลลูโลส และคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ใช่เซลลูโลส (เฮมิเซลลูโลสและเพกตินบางตัว)
2. กลุ่มที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ประกอบด้วย ลิกนิน
3. กลุ่มคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ไม่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง ประกอบด้วย กัม และ มิวซิเลจส์

ใยอาหารยังแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ตามความสามารถในการละลายน้ำคือ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสบางชนิด และลิกนิน และใยอาหารที่ละลายน้ำ ประกอบด้วย เพกติน กัม มิวซิเลจส์ และเฮมิเซลลูโลสบางชนิด (✓ Schneeman, 1987) ซึ่งองค์ประกอบของใยอาหารชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 3

5.1 เซลลูโลส (Cellulose)

เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดเดียวกัน (Homopolysaccharide) คือ น้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบตา 1-4 ไกลโคไซด์ (β -1,4 - glycosidic bond) เป็นสายยาวตลอดไม่มีการแตกกิ่ง ดังแสดงในภาพที่ 2 แต่ละสายโซ่



ภาพที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของเซลลูโลส

ที่มา : Schneeman (1986)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารชนิดต่างๆ

ใยอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี	
	สายโซ่หลัก	สายโซ่ข้าง
กลุ่มคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน		
เซลลูโลส	กลูโคส	ไม่มี
พวกไม่ใช่เซลลูโลส		
เฮมิเซลลูโลส	ไซโลส	อะราบีโนส
	แมนโนส	กาแลคโตส
	กาแลคโตส	กรดกลูคูโลนิก
	กลูโคส	
สารประกอบเพกติน	กรดกาแลคทูโลนิก	แรมโนส
		อะราบีโนส
		ไซโลส
		ฟูโคส
มิวซิเลจส์	กาแลคโตส-แมนโนส	กาแลคโตส
	กลูโคส-แมนโนส	
	อะราบีโนส-ไซโลส	
	กรดกาแลคทูโรนิก	
กัม	กาแลคโตส	ไซโลส
	กรดกลูคูโลนิก-แมนโนส	ฟูโคส
	กรดกาแลคทูโลนิก-แรมโนส	กาแลคโตส
กลุ่มไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน		
ลิกนิน	ซินาพิวแอลกอยฮอลล์	โครงสร้าง 3 มิติ
	โคนิเฟอริวแอลกอยฮอลล์	
	พี-ควอมาริวแอลกอยฮอลล์	

ที่มา : Schneeman (1986)

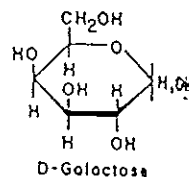
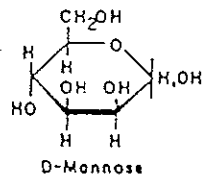
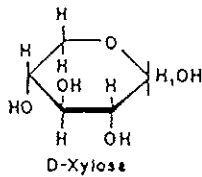
อยู่ในลักษณะขนานกันและยึดรวมกันเป็นกลุ่มก้อนด้วยพันธะไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นระหว่างหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) ของแต่ละสายโซ่

เซลลูโลสพบอยู่ในธรรมชาติ เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช ใบพืช ไม้ต่าง ๆ มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำค่อนข้างทนต่อปฏิกิริยาของ เอนไซม์ กรดเจือจาง และต่างเจือจาง การไฮโดรไลซิสมีความยากง่ายต่างกัน เนื่องจากเซลลูโลสมีหลายชนิดบางชนิดมีรูปร่างโปร่ง เอนไซม์ย่อยได้ง่าย บางชนิดเรียงตัวแน่น รูปร่างคล้ายผลึก เอนไซม์ย่อยได้ยากกว่า ในสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยเซลลูโลสได้ เพราะมีจุลินทรีย์ในลำไส้ที่ผลิตเอนไซม์ย่อยเซลลูโลสได้เบตาดีกลูโคส ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์อาจย่อยเซลลูโลสได้บ้างเนื่องจากจุลินทรีย์บางชนิด (กนกอร อินทราพิเชษฐ, 2523 ; วิมล พัฒนพิชัย, 2522)

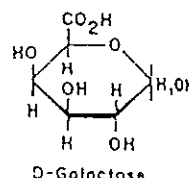
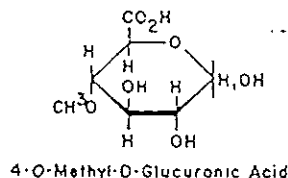
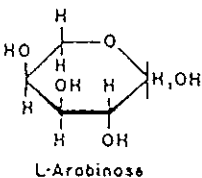
5.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน ที่ประกอบด้วยหน่วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิด (Heteropolysaccharide) โดยที่สายโซ่หลักเป็นสายโซ่ยาวของน้ำตาลชนิดใดชนิดหนึ่งคือ ไซโลส แมนโนส กาแลกโตส หรือกลูโคส ส่วนสายโซ่ข้างเป็นน้ำตาลพวก อะราบิโนส กาแลกโตส และกรดกลูคูโรนิก ดังแสดงในภาพที่ 3

a) Backbone Chain



b) Side Chains



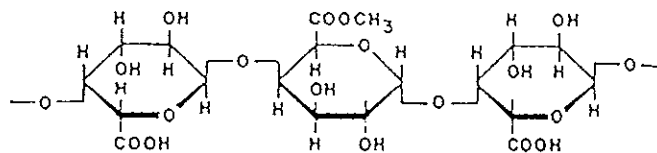
ภาพที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของเฮมิเซลลูโลส

ที่มา : Schneeman (1986)

จัดแบ่งเฮมิเซลลูโลสตามชนิดของน้ำตาลในสายโซ่หลัก เป็น 3 ชนิดคือ ไซแลน (Xylan) แมนแนน (Mannans) และไซโลกลูเคน (Xyloglucans) (Olson, et al., 1987)

5.3 สารประกอบของเพกติน (Pectic substances)

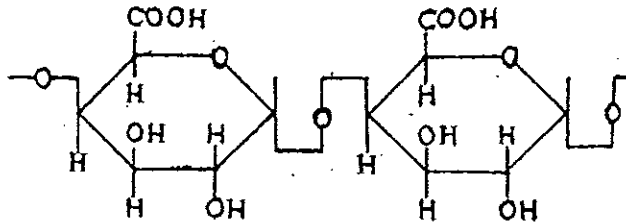
เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน มีสภาพเป็นคอลลอยด์ มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ ประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหลายชนิดในโมเลกุล พบในธรรมชาติอยู่ร่วมกับเซลลูโลส ในผนังเซลล์ของผักและผลไม้ โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วย กรดดี-กาแลกทูโรนิก (D-galactulonic acid) เป็นส่วนใหญ่ ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1-4 ไกลโคไซด์ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบเพกติน
ที่มา : Schneeman (1986)

โดยที่หมู่คาร์บอกซิลของกรดกาแลกทูโรนิกบางส่วนเกิดเป็นเอสเทอร์กับหมู่เมทิลบ้าง หรืออาจเป็นกลางบางส่วน หรือทั้งหมดจากเบส นอกจากนี้ยังประกอบด้วยน้ำตาลอื่นๆ ในโมเลกุล เช่น อะราบิโนส กาแลกโตส แรมโนส ไซโลส และกลูโคส ในปริมาณเล็กน้อย สารอนุพันธ์ของเพกตินแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ โปรโตเพกติน (Protopectin) กรดเพกติก (Pectic acid) และกรดเพกตินิก (Pectinic acid) โปรโตเพกตินเป็นสารอนุพันธ์ของเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ เป็นสารตั้งต้นของเพกติน เกิดขึ้นในผนังเซลล์พืชที่กำลังอ่อน อยู่ร่วมกับเซลลูโลส โครงสร้างโมเลกุลยังไม่รู้แน่ชัด เมื่อผลไม้เริ่มสุก โปรโตเพกตินจะค่อยๆหายไป เนื่องจากการย่อยสลายของเอนไซม์โปรโตเพกตินเนส เป็นกรดเพกตินิกและกรดเพกติก ตามลำดับ ทำให้ผลไม้มีผล กรดเพกตินิกเป็นสารประกอบเพกตินที่ละลายน้ำได้ เป็นกลุ่มของกรดกาแลกทูโรนิก ที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่บ้าง สามารถเกิดเจลได้ ส่วนกรดเพกติกเป็นสารอนุพันธ์ของเพกติน ที่ประกอบด้วยกลุ่มของกรดกาแลกทูโรนิกที่ไม่มีกลุ่มของเมทิลเอสเทอร์อยู่เลย ดังภาพที่ 5 ไม่สามารถเกิดเจลได้ทุกสภาวะ (กนกร อินทราพิเชษฐ,

2523 ; ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527 ; สัมพันธ์ คัมภีรานนท์, 2525)



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางเคมีของกรดเพกติก

ที่มา : สัมพันธ์ คัมภีรานนท์ (2525)

5.4 กัม (Gum)

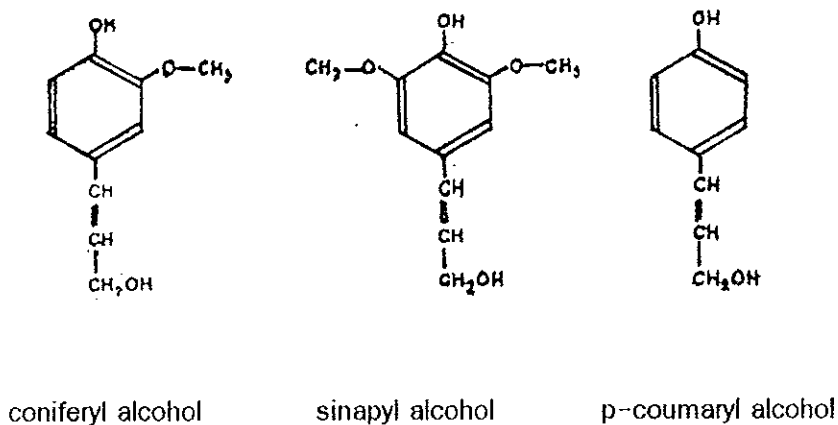
เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิด 6 คาร์บอน 5 คาร์บอน และ กรดยูโรนิก เชื่อมต่อกันทั้งแบบเหมือนกันทั้งหมดในโมเลกุล และต่างกันโมเลกุล โดยแต่ละหน่วยของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก เป็นโพลิเมอร์ที่ชอบน้ำ เมื่อจับกับน้ำจะได้สารละลายที่คล้ายวุ้นหรือเมือก พบทั้งในธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น แชนแทน (Xanthan) จากจุลินทรีย์ อัลจีเนท (Alginate) จากสาหร่ายสีน้ำตาล อาราบิก (Arabic) ทากาเคน (Tragacanth) คารายา (Karaya) จากพืชที่ชั้บออกมาเมื่อได้รับบาดแผล กัวร์ (Guar) เบตากลูแคน (β - glucan) จากเอ็นโดสเปิร์มของพืช และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากการดัดแปลงเซลลูโลส ในอุตสาหกรรมอาหารใช้กัมเป็นสารเจือปนอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็น สารทำให้ข้น (Thickening) สารทำให้เกิดเจล อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) สารทำให้คงตัว (Stabilizer) (พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์, 2533 ; Andon, 1987 ; Ink and Hurt, 1987 ; Olson, *et al.*, 1987)

5.5 มิวซิเลจส์ (Mucilages)

เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่โครงสร้างประกอบด้วย ดี-กาแลกโทส 3,6-แอนไฮโดร-แอล-กาแลกโตส และเอสเทอร์ของอัลเฟตเล็กน้อย มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำร้อน เมื่อเย็นจะมีลักษณะคล้ายวุ้น มิวซิเลจส์ที่สำคัญ ได้แก่ วุ้น และ คาร์ราจีแนน (Carrageenan) ซึ่งพบในสาหร่ายทะเล (Ink and Hurt, 1987)

5.6 ลิกนิน (Lignin)

เป็นสารประกอบโพลีเมอร์ของอะโรมาติกแอลกอฮอล์ (Aromatic alcohol) โครงสร้างทางเคมีมีความซับซ้อนมาก ยังไม่ทราบแน่ชัด ประกอบด้วยสายโซ่กลาง เป็นพวก ไชนาพิวแอลกอฮอล์ (Sinapyl alcohol) คอนิเฟอร์ิวแอลกอฮอล์ (Coniferyl alcohol) และ พี-คอุมาริวแอลกอฮอล์ (p-Coumaryl alcohol) ลักษณะโครงสร้างของสารทั้ง 3 ตัว ดังแสดงในภาพที่ 6 และมีสายโซ่ข้างเป็นโครงสร้างสามมิติ เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะเกิดผนังเซลล์ชั้นที่สอง ซึ่งมีลิกนินทำหน้าที่เคลือบผนังเซลล์ของพืช (Lignification) ทำให้ เอนไซม์เข้าไปย่อยเซลลูโลสได้ยากขึ้นอีก (สัมพันธ์ คัมภีรานนท์, 2525 ; พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์, 2533)



ภาพที่ 6 โครงสร้างทางเคมีขององค์ประกอบของลิกนินทั้ง 3 ชนิด

ที่มา : สัมพันธ์ คัมภีรานนท์ (2525)

6. คุณสมบัติทางกายภาพของใยอาหาร

เนื่องจากใยอาหารแต่ละชนิด มีองค์ประกอบและลักษณะโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติของใยอาหารแตกต่างกัน มีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม และกระบวนการทางสรีรวิทยาของร่างกาย (Reiser, 1987) Schneeman (1986) กล่าวถึงคุณสมบัติที่สำคัญของใยอาหาร มีดังต่อไปนี้

6.1 การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่มีความสามารถในการย่อยสลายใยอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น สามารถย่อยเพกติน มิวซิเลจส์ และกัม ได้อย่างสมบูรณ์ ในขณะที่ย่อยเซลลูโลสได้เพียงบางส่วน

6.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำ ใยอาหารชนิดมีซิวสามารถจับกับน้ำได้ โดยใยอาหารที่ดูดซับน้ำได้มากที่สุดคือ เฮมิเซลลูโลส ลักษณะการอุ้มน้ำทำให้เกิดการสร้างเจล ความหนืดเพิ่มขึ้น

6.3 ความสามารถในการจับกับสารอินทรีย์ สารอินทรีย์เหล่านี้ ได้แก่ คอเลสเตอรอล กรดน้ำดี โดยลิกนินและเพกตินสามารถจับกับกรดน้ำดีได้มาก ขณะที่เซลลูโลสไม่สามารถจับกับกรดน้ำดีได้

6.4 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ สามารถจับกับไอออนบวกและสารอิเล็กโทรไลต์ได้ ทำให้การนำแร่ธาตุมาใช้ประโยชน์ลดลง

7. บทบาทของใยอาหารต่อโภชนาการและสุขภาพของมนุษย์

การศึกษาบทบาทของใยอาหารต่อโภชนาการและสุขภาพของมนุษย์ ได้รับข้อมูลส่วนหนึ่งได้จากการศึกษาทางระบาดวิทยา โดยมีการรายงานโรคต่างๆที่เกิดกับประชากรในซีกโลกตะวันตกหรือประเทศที่พัฒนาแล้ว เป็นต้นว่าโรคย้วน ไส้ติ่งอักเสบ ริดสีดวงทวาร โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคท้องผูก โรคหัวใจขาดเลือด โรคหัวใจ โรคเบาหวาน และคอเลสเตอรอลในเลือดสูง พบน้อยมากในประชากรในประเทศด้อยพัฒนา มีการตั้งสมมุติฐานว่าความแตกต่างนี้เกิดขึ้นเนื่องจากอาหารที่ประชากรในประเทศด้อยพัฒนารับประทานเป็นอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงแต่ไขมันต่ำ (Anon, 1979 ; Reiser, 1984) และมีการศึกษาทางด้านบทบาทของใยอาหารต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา และกระบวนการเมแทบอลิซึมในสัตว์ทดลองและในมนุษย์ พบว่าใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีบทบาทสำคัญต่อระบบทางเดินอาหาร (Gastrointestinal function) ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำได้มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของกลูโคสและลิปิด (Lee, et al., 1992) Schneeman (1986, 1987) และ Anon (1979) กล่าวถึงบทบาทของใยอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก อุจจาระและจำนวนครั้งของการขับถ่าย เนื่องจากคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของใยอาหาร

และการเพิ่มจำนวนเซลล์จุลินทรีย์จากกระบวนการหมักโยอาหารที่ลำไส้ใหญ่ เกียรติรัตน์ कुमारตันพฤกษ์ (2527) กล่าวถึงการเกิดโรคถุงตันในลำไส้ใหญ่เนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีโยอาหารต่ำ ลำไส้ต้องออกแรงขับอุจจาระที่เป็นก้อนแข็ง ทำให้เกิดแรงดันภายในลำไส้มาก ประกอบกับคนสูงอายุจะมีเนื้อเยื่อผนังลำไส้ที่อ่อนแอลง ทำให้ลำไส้โป่งพองเป็นถุง เกิดเป็นโรคถุงตันในลำไส้ใหญ่ ส่วนบทบาทของโยอาหารในการป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ มีดังนี้ 1) ทำให้อาหารผ่านจากปากสู่ทวารหนักในอัตราเร็วขึ้น เวลาของการสัมผัสสารพิษ รวมทั้งสารก่อเกิดมะเร็งในอาหารกับผนังลำไส้ลดลง 2) จากกระบวนการหมักโยอาหารของจุลินทรีย์ที่ลำไส้ใหญ่ ทำให้พีเอชในลำไส้ใหญ่ลดลงและระดับแคลเซียมสูงขึ้น สามารถยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็งได้ (Anon, 1979 ; Ink and Hurt, 1987) บทบาทในการลดระดับกลูโคสในเลือด และความต้องการอินซูลินจากการบริโภคโยอาหารที่ Toma และ Curtis (1986) กล่าวถึงมีดังนี้ 1) ทำให้การดูดซึมกลูโคสของลำไส้ช้าลง เนื่องจากโครงสร้างที่ซับซ้อนของโยอาหาร ซึ่งทำหน้าที่คล้ายตัวกั้นขวางการดูดซึมสารอาหารของลำไส้ 2) อาหารที่มีโยอาหารมากมีสัดส่วนของไขมันลดลง ทำให้มีกรดไขมันอิสระที่มีผลลดประสิทธิภาพของอินซูลินน้อยลง Ink และ Hurt (1987) และ Reiser (1987) กล่าวถึงบทบาทของการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดว่า 1) โยอาหารดูดซึมคอเลสเตอรอล กรดน้ำดี และเกลือน้ำดีบางส่วนแล้วขับออกกับอุจจาระ ดังนั้นจึงต้องเพิ่มอัตราการสังเคราะห์กรดน้ำดีจากแหล่งต้นตอคือ คอเลสเตอรอล เพื่อให้ได้กรดน้ำดีมาใช้ในการย่อยและดูดซึมไขมัน ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดจางลง 2) การหมักโยอาหารโดยจุลินทรีย์จะได้ผลผลิตที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล อย่างไรก็ตามการบริโภคโยอาหารเกินความเหมาะสมอาจมีผลให้ร่างกายนำแร่ธาตุและวิตามินมาใช้ประโยชน์ได้ลดลง (Anon, 1979 ; Toma and Curtis, 1986) The Federation of American Societies of Experimental Biology จึงแนะนำปริมาณการบริโภคโยอาหารต่อวันว่า ควรอยู่ในระดับ 20-35 กรัม (Chang and Morris, 1990)

8. วิธีการวิเคราะห์โยอาหาร

เนื่องจากการบริโภคโยอาหารในปริมาณที่มากเกินไป หรือน้อยเกินไป ส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของร่างกายทั้งสองกรณี การวิเคราะห์หาปริมาณโยอาหารในแหล่ง

โยอาหารต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นเพื่อประโยชน์ในการควบคุมปริมาณการบริโภคที่เหมาะสม แต่เนื่องจากองค์ประกอบที่หลากหลาย และโครงสร้างที่ซับซ้อนของโยอาหารต่างชนิด ทำให้การพัฒนาวิธีวิเคราะห์โยอาหาร ให้สามารถใช้ได้กับแหล่งโยอาหารทุกชนิด ในปัจจุบัน ยังไม่สามารถทำได้ วิธีวิเคราะห์ที่รวดเร็ว ถูกต้อง เชื่อถือได้ ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ต่ำ และสามารถใช่วิเคราะห์ตัวอย่างได้หลากหลาย มีความจำเป็นต้องพัฒนาต่อไป (Hurt and Crocco, 1986 ; Marlett, 1990 ; Olson, *et al.*, 1987 ; Schneeman, 1986) สำหรับวิธีวิเคราะห์ที่ใช้อยู่ทั่วไป Pilch (1987 อ้างโดย Marlett, 1990) ได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ วิธีการทาง Gravimetric ซึ่งมีขั้นตอนการสกัดด้วยเอนไซม์และสารเคมี เพื่อแยกองค์ประกอบที่ไม่ใช่โยอาหารออกไป ส่วนที่เหลือหลังจากหักลบองค์ประกอบอื่นๆที่ยังตกค้าง จะได้เป็นปริมาณโยอาหาร และวิธีการทางเคมี ซึ่งหาปริมาณโยอาหารจากองค์ประกอบทางเคมีที่มีในโยอาหาร ได้แก่ neutral sugar, acidic sugar พอยที่จะสรุปวิธีการวิเคราะห์ต่างๆ ได้ดังนี้

8.1 วิธี วิเคราะห์กากโย โดย A.O.A.C. (1984) ใช้กรดและด่างในการสกัด ค่าที่ได้จะเป็นปริมาณเซลลูโลสและลิกนิน เพราะโยอาหารที่ละลายน้ำได้จะละลายออกไปกับกรดและด่าง

8.2 วิธี Acid detergent fiber และ Neutral detergent fiber โดย Van Soest และ Wine (1967) ใช้ดีเทอร์เจนท์ละลายไขมัน สารประกอบไนโตรเจน และแป้งบางตัว ทำให้โยอาหารที่ละลายน้ำได้ส่วนใหญ่ละลายออกไปด้วย

8.3 วิธี Fractionation โดย Anderson และ Clydesdale (1980) แยกโพลีเมอร์ที่ละลายในน้ำเย็นและโพลีเมอร์ที่ละลายในน้ำร้อน แล้วใช้เอนไซม์สกัดแป้งและโปรตีน ตามด้วยการไฮโดรไลซ์ด้วยความเข้มข้นต่างๆ จะได้ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน

8.4 วิธีของ Southgate และคณะ (1978) ใช้เมทิลแอลกอฮอล์ อีเทอร์ และเอนไซม์สกัดน้ำตาล ไขมัน และแป้ง แล้วจึงใช้กรดที่ความเข้มข้นต่างๆ สกัดโยอาหารที่ละลายน้ำ เซลลูโลส และลิกนิน

8.5 วิธีใช้เอนไซม์ โดย Asp และคณะ (1983) ใช้เอนไซม์ในการสกัดแป้งและโปรตีน แล้วจึงกรองโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำออก และตกตะกอนโยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเอทิลแอลกอฮอล์

8.6 วิธี Berlin โดย Becker และคณะ (1986) แยกโยอาหารที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำออกจากกันโดยแรงเหวี่ยง แล้วจึงใช้เอนไซม์สกัดแป้งและโปรตีนออก

8.7 วิธีของ Li และ Andrews (1988) ใช้การนึ่งด้วยความดัน และใช้เอนไซม์สกัดแป้ง จากนั้นจึงตกตะกอนโยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ แล้วกรอง จะได้โยอาหารทั้งหมด-139.

8.8 วิธี Enzymatic gravimetric โดย Prosky และคณะ (1988) ได้ปรับปรุงจากวิธีของ Asp และคณะ (1983) และทดสอบความแม่นยำในการวิเคราะห์ จากความร่วมมือของห้องปฏิบัติการต่างๆ (Interlaboratory study) ซึ่ง Wolter และคณะ (1992) กล่าวว่าวิธีนี้ให้ค่าสูงกว่าค่าจริงเล็กน้อย ในตัวอย่างที่มีแป้งสูง เนื่องจากวิธีนี้ไม่ได้แยกโอลิโกแซ็กคาไรด์ออกก่อนทำการตกตะกอนโยอาหารด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ทำให้มีการตกตะกอนร่วมของโอลิโกแซ็กคาไรด์ นอกจากนี้ในตัวอย่างที่มีโยอาหารน้อยจะมีการตกตะกอนร่วมของฟอสเฟตบัพเฟอร์ ทำให้ปริมาณโยอาหารสูงกว่าค่าจริงเช่นเดียวกัน

8.9 วิธี Enzymatic gravimetric โดย Prosky และคณะ (1992) ได้ปรับปรุงจากวิธีการของ Prosky และคณะ (1988) โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกแทนฟอสเฟตบัพเฟอร์ แต่ยังมีปัญหาเรื่องการตกค้างของตัวอย่างขณะกรองเนื่องจากความหนืด

8.10 วิธี Enzymatic gravimetric โดย Lee และคณะ (1992) ได้ปรับปรุงจากวิธีการของ Prosky และคณะ (1988) โดยใช้ MES-TRIS buffer แทนฟอสเฟตบัพเฟอร์ ลดเวลาในการวิเคราะห์ และมีความเที่ยงตรงมากขึ้นจากความร่วมมือทดสอบของห้องปฏิบัติการต่างๆ

8.11 วิธี Nonenzymatic gravimetric โดย Li และ Cardazo (1992) พัฒนาริธีนี้เพื่อใช้กับผักและผลไม้ ซึ่งมีแป้งอยู่น้อยมาก โดยการตกตะกอนโยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ แล้วกรองโยอาหารทั้งหมด ไม่มีการใช้เอนไซม์หรือความร้อน

9. กรรมวิธีการสกัดโยอาหาร

เนื่องจากมนุษย์สนใจบริโภคโยอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น แต่ไม่ต้องการเปลี่ยนอุปนิสัยการบริโภค ทำให้ต้องมีการพัฒนากรรมวิธีการผลิตให้ได้โยอาหารที่สามารถเติมในอาหาร แล้วไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส Hansen และ Balle (1991) กล่าวว่า การเตรียมโยอาหารจะต้องคำนึงถึง 5 ประการสำคัญ คือ 1) โยอาหารที่

ได้ต้องไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของมนุษย์ 2) โยอาหารที่ได้เมื่อเติมในอาหารแล้วต้องไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส 3) โยอาหารที่ได้ต้องมีคุณสมบัติดูดซับน้ำและไขมันในปริมาณที่เหมาะสม สามารถประยุกต์ใช้ในอาหารได้โดยไม่ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนกรรมวิธีการเตรียมอาหาร 4) โยอาหารที่ได้ควรมีสีขาว เพราะการประยุกต์ใช้ในอาหารมักใช้แทนแป้ง เช่น ในการทำขนมปัง ทำให้สีของขนมปังไม่เปลี่ยนแปลงจากการใช้แป้ง 5) วัตถุดิบที่ใช้เตรียมโยอาหารต้องไม่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย อย่างไรก็ตามโยอาหารที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่มีคุณสมบัติครบถ้วนทั้ง 5 ประการ เป็นต้นว่า โยอาหารพวกเซลลูโลสทางการค้าที่เตรียมจากวัตถุดิบที่เป็นไม้ เช่น crystalline alpha cellulose และ microcrystalline cellulose สามารถนำมาเสริมในอาหารได้ในปริมาณน้อย เพราะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Chou, et al., 1990 ; Hansen and Balle, 1991)

กรรมวิธีสกัดโยอาหารจากแหล่งต่างๆ สามารถทำได้โดย วิธีการทางกล วิธีการทางเคมี หรือวิธีการทางเอนไซม์ โดยมีการปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสมกับแหล่งโยอาหารต่างๆ ทั้งนี้เนื่องจากแหล่งโยอาหารต่างๆมีองค์ประกอบต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติทางกายภาพ และบทบาทต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของมนุษย์ต่างกัน เช่น แหล่งโยอาหารที่มีกรดไฟติกในปริมาณมาก จะมีผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุเช่น แคลเซียม หรือสังกะสี ทำให้เกิดการขาดธาตุอาหารได้ (Grethlein, 1991) โดยธรรมชาติลิกนินจะอยู่ร่วมกับเซลลูโลสในลักษณะผลึก โดยที่จุลินทรีย์ในลำไส้ไม่สามารถย่อยสลายลิกนินได้ และการอยู่รวมกันกับลิกนินทำให้เซลลูโลสย่อยไม่ได้ด้วย ลิกนินยังมีผลต่อลักษณะที่ผิดปกติ เช่น สี กลิ่นรส และความรู้สึกภายในปาก (mouthfeel) ของผลิตภัณฑ์ที่นำโยอาหารไปพัฒนา นอกจากนี้แหล่งโยอาหารที่ประกอบด้วยไขมันหรือน้ำมัน โปรตีน เถ้า ในสัดส่วนสูงๆ มีผลต่อ กลิ่นรส กลิ่น เนื้อสัมผัส และความรู้สึกภายในปาก เช่น โยอาหารที่ได้จากการบดเปลือกข้าวโอ๊ตหรือรำจากธัญพืชต่างๆ จะมีองค์ประกอบที่ไม่ใช่เซลลูโลส เช่น เถ้า ในปริมาณมาก มีผลทำให้เกิดความรู้สึกเป็นทรายหลังการกลืน (gritty aftertaste) และมีโปรตีนที่ทำให้เกิดรสขมและรสผิดปกติอื่นๆ (Chou, et al., 1990 ; Hansen and Balle, 1991 ; Karinen and Lehtomaki, 1990) จากความแตกต่างของคุณสมบัติเหล่านี้ ทำให้ต้องมีการปรับปรุง

กรรมวิธีการสกัดโดยวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้โยอาหารตามต้องการ เช่น Gould (1984, 1985) เสนอการใช้อัลคาไลน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พีเอช 11.5 ที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลานาน 24 ชั่วโมง สกัดลิกนินจากฟางข้าว พบว่าสามารถสกัดลิกนินได้ประมาณร้อยละ 50 เนื่องจากอัลคาไลน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทำการออกซิไดซ์ลิกนินให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และละลายน้ำได้ แต่เฮมิเซลลูโลสส่วนมากละลายออกไปด้วย โดยเฉพาะเมื่อพีเอชของสารละลายมากกว่า 10 และการใช้อัลคาไลน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซ้ำในครั้งที่สองไม่สามารถลดปริมาณลิกนินได้อีก นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารละลายต่างที่มีค่าพีเอชน้อยกว่า 12 เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถสกัดลิกนินได้น้อยมาก ประมาณร้อยละ 5-10 ในขณะที่เฮมิเซลลูโลสยังเหลืออยู่ในปริมาณมาก Jasberg และคณะ (1989) และ Gould และคณะ (1989) กล่าวถึงโครงสร้างโมเลกุลของโยอาหารที่ได้จากวิธี Gould process ซึ่งมีลิกนินเหลืออยู่ในปริมาณร้อยละ 50 ทำให้โมเลกุลคงรูปร่างอยู่ได้ มีรพูนมากขึ้น น้ำสามารถซึมผ่านได้ และมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่ไม่ผ่านการสกัดโดยวิธี Gould process ซึ่งจะมีโครงสร้างโมเลกุลจับตัวกันแน่น น้ำจากภายนอกซึมผ่านได้ยาก และเซลลูโลสทางการค้าซึ่งมีการกำจัดลิกนินจนหมด ทำให้โครงสร้างโมเลกุลยุบตัว น้ำจากภายนอกซึมผ่านได้ยากเช่นเดียวกัน ลักษณะดังกล่าวทำให้การรวมตัวกับแป้งหรือส่วนประกอบอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ได้น้อย เมื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเป็นเนื้อเดียวกันน้อยกว่า และมีความรู้สึกเป็นทรายมากกว่าการใช้โยอาหารที่ผ่านการสกัดด้วยวิธี Gould process Chou และคณะ (1990) ได้ปรับปรุงวิธี Gould process เนื่องจากวิธีนี้จะเปลืองสารเคมีมาก เพราะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนเป็นน้ำและออกซิเจนที่พีเอชสูงๆ และในระหว่างปฏิกิริยาพีเอชเพิ่มขึ้นจนต้องใช้กรดปรับ การปรับปรุงทำโดยแยกการใช้ต่างกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะต่างเป็น 2 ขั้นตอน มีการควบคุมพีเอชเท่ากับ 8.5-10.8 ในระหว่างกระบวนการ ต่างและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่สามารถประหยัดสารเคมี โยอาหารที่สกัดได้มีสีขาว Grethlein (1991) กล่าวถึง รำข้าวสาลีที่มีการเติมน้ำ แล้วปรับพีเอชที่ 5.0 อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 6-10 ชั่วโมง ที่สภาวะนี้ทำให้เอนไซม์ไฟเตสทำงานได้ดี ลดปริมาณกรดไฟติกเหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.5 และยังปรับปรุงความสามารถในการดูดซับน้ำและกรดน้ำดีด้วย Fulger (1988) กล่าวถึงการลดขนาดโยอาหารจากรำข้าวสาลี โดยการบดให้มีขนาด 5-100

ไมครอน พบว่าสามารถแก้ไขความรู้สึกเป็นทราญหลังการกลืนได้ ในขณะที่ Chigurupati (1988) ได้แก้ไขความรู้สึกเป็นทราญหลังการกลืนโดยการเคลือบรำข้าวสาบิบัดด้วยสารละลายแป้ง แล้วผ่านการให้ความร้อนด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด Rabinowitz (1992) ใช้น้ำอุณหภูมิ 50-70 องศาเซลเซียส สกัดน้ำตาล และ น้ำตาลแอลกอฮอล์ จากเปลือกเมล็ดอัลมอนต์ แล้วตามด้วยต่างพีเอช 8.5-9.0 เพื่อสกัดแทนนิน วิธีนี้สามารถลดปริมาณแทนนินจากใยอาหารจากเปลือกเมล็ดอัลมอนต์ได้ถึงร้อยละ 98 Hansen และ Balle (1991) ได้ศึกษาการใช้คลอรีนไดออกไซด์ในการฟอกสีใยอาหารแทนคลอรีน เนื่องจากคลอรีนทำให้เกิดสารอินทรีย์พวกคลอรีนตกค้างในปริมาณสูงกว่าการยอมรับได้ โดยทำการทดลองฟอกสีฟางข้าว ด้วยการแช่ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วตามด้วยคลอรีนไดออกไซด์ในสภาวะกรด ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะต่าง และคลอรีนไดออกไซด์ในสภาวะกรด ใยอาหารที่ได้มีสีขาวยบริสุทธิ์ ไม่พบกลิ่น พบสารอินทรีย์พวกคลอรีนในปริมาณน้อยกว่า 20 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งสามารถยอมรับได้ และเหมาะในการประยุกต์ใช้กับอาหารต่างๆ Andrew (1992) ได้พัฒนาวิธีการสกัดใยอาหารจากขาน้อย โดยใช้น้ำอุณหภูมิ 150-200 องศาฟาเรนไฮต์ ความดัน 3,500-4,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว แล้วแยกเอาเปลือก ท่อน้ำ และท่อน้ำออก บดให้มีขนาดต่ำกว่า 300 ไมครอน จะได้ใยอาหารที่มีสีขาวยคล้ายแป้ง Karinen และ Lehtomaki (1990) ได้ใช้เอนไซม์ในการไฮโดรไลซ์ผลิตภัณฑ์จากธัญพืช แล้วลดขนาดด้วยการบด เพื่อให้ได้ใยอาหารที่มีความละเอียดและปราศจากกลิ่นรสที่ไม่ต้องการ เอนไซม์ที่ใช้ได้แก่ เซลลูเลส เฮมิเซลลูเลส เบตาไกลคาเนส เพกตินเนส และโปรติเอส Tarr และคณะ (1991) เสนอวิธีการเตรียมใยอาหารจากพืชตระกูลส้มเพื่อเติมในเครื่องดื่ม ทั้งนี้เนื่องจากการเติมใยอาหารนี้ในเครื่องดื่มทำให้เกิดความผิดปกติด้านการยอมรับทางประสาทสัมผัส เช่น ความรู้สึกเป็นทราญ กลิ่นรสผิดปกติ พบว่าการแยกเมล็ดออกก่อนเข้ากระบวนการผลิตใยอาหาร สามารถลดกลิ่นรสผิดปกติได้ และการบดให้มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมครอน สามารถลดความรู้สึกเป็นทราญลงได้ แต่ต้องปรับอุณหภูมิและความดันในเครื่องบดให้เหมาะสม จึงจะบดให้มีขนาดที่ต้องการได้ ทั้งนี้เพราะใยอาหารของพืชตระกูลนี้ทำแห้งและบดละเอียดได้ยาก Salovaara และ Kurra (1991) ทำการหมักรำธัญพืชด้วยจุลินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการและกลิ่นรส นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังช่วยในการย่อยใยอาหารในระบบทางเดินอาหารได้ด้วย Ning และ

คณะ (1991) ได้ทำการปรับปรุงคุณสมบัติในการละลายของโยอาหารจากร้าข้าวโพดโดยใช้กรดต่างไฮโดรไลซ์ ทำให้มีโยอาหารมีสายโซ่สั้นลง ผิวหน้าโยอาหารมีรูพรุนเพิ่มขึ้น เกิดการซึมผ่าน การดูดซับ และทำปฏิกิริยากับน้ำได้มากขึ้น

นอกจากการสกัดโยอาหารในรูปโยอาหารทั้งหมดแล้ว ยังมีการสกัดเฉพาะโยอาหารที่ละลายน้ำได้ Aoe และคณะ (1993) ได้ศึกษาวิธีการสกัดโยอาหารที่ละลายน้ำได้จากร้าข้าว พบว่าการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ พีเอช 12 แล้วตกตะกอนโยอาหารที่ละลายน้ำได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ ให้ผลผลิตสูงสุด มีการเปลี่ยนแปลงสีและองค์ประกอบที่ไม่ต้องการน้อยที่สุด สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ พีเอช 14 โซเดียมคาร์บอเนต พีเอช 11 กรดอะซิติก พีเอช 3 และกรดไฮโดรคลอริก พีเอช 0.5 Inglett (1991,1992) ทำการสกัดโยอาหารที่ละลายน้ำได้จากร้าและแบ่งข้าวโอ๊ต ร้าและแบ่งจากธัญพืชอื่นๆ โดยการใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ไฮโดรไลซ์แป้ง แล้วใช้ความร้อนหยุดการทำงานของเอนไซม์และลดความสามารถในการละลายของโปรตีน ทำให้โปรตีนจับตัวกับไขมัน จากนั้นจึงกรองโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและส่วนที่ไม่ละลายน้ำอื่นๆออก โยอาหารที่ได้ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นรสผิดปกติ และไม่ทำให้เกิดความรู้สึกเป็นทราวย สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ต เครื่องดื่ม

10. การประยุกต์ใช้โยอาหารในอาหาร

การประยุกต์ใช้โยอาหารในผลิตภัณฑ์ต่างๆ สามารถแบ่งได้ตามคุณสมบัติในการละลายน้ำของโยอาหารคือ โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มักใช้เติมในขนมปัง แยมเบอร์เกอร์ ลูกอาหารขบเคี้ยว พืชชา เป็นต้น แหล่งโยอาหารที่นิยมใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ ร้าข้าวโอ๊ต ร้าข้าวเจ้า ร้าข้าวสาลี ร้าข้าวโพด ซึ่งมีปริมาณโยอาหารดังแสดงในตารางที่ 4 ส่วนโยอาหารที่ละลายน้ำมักใช้เติมในอาหารที่มีลักษณะเหลว เช่น เครื่องดื่มต่างๆ โยเกิร์ต น้ำสลัด ไอศกรีม (Grethlein, 1991)

ตารางที่ 4 ปริมาณใยอาหารที่มีในรำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี และรำข้าวโพด
(ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

แหล่งใยอาหาร	รำข้าวโอ๊ต ¹	รำข้าวเจ้า ²	รำข้าวสาลี ³	รำข้าวโพด ⁴
ใยอาหารทั้งหมด	18.25	22.89	44.03	82.54
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	7.73	21.46	41.93	81.27
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	10.50	1.43	2.10	1.27

ที่มา : ¹ = Lee และคณะ (1992)

² = Hudson และคณะ (1992)

³ = Ranhotra และคณะ (1990)

⁴ = Ning และคณะ (1991)

เพลินใจ ตั้งคณะกุลและคณะ (2538) ได้ศึกษาคุณสมบัติของขนมปังที่ผสมแหล่งใยอาหารจำพวกถั่วแดงหลวง รำข้าวเจ้า กากถั่วเหลือง และงาขาว ในปริมาณร้อยละ 10-30 โดยน้ำหนักแป้งสาลี และคุกกี้เนยที่ผสมแหล่งใยอาหารจำพวกกากมะพร้าว กากผสมเปลือกถั่วเหลือง เห็ดหูหนู วีทเจอร์ม (wheat germ) และเมล็ดทานตะวัน ในปริมาณร้อยละ 20-70 โดยน้ำหนักแป้งสาลี พบว่าขนมปังที่ผสมแหล่งใยอาหารจะมีปริมาตรลดลง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความแข็งมากขึ้น และความยืดหยุ่นลดลง ส่วนผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมแหล่งใยอาหารจะมีความหนาแน่นลดลง และมีลักษณะแห้งกว่าใช้แป้งสาลีล้วนๆ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการเติมถั่วแดงหลวงร้อยละ 30 รำข้าวเจ้าร้อยละ 15 งาขาวร้อยละ 30 และกากถั่วเหลืองร้อยละ 25 ของน้ำหนักแป้งสาลีในขนมปัง ได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับปานกลางถึงยอมรับมาก การเติมกากมะพร้าวร้อยละ 50 กากผสมเปลือกถั่วเหลืองร้อยละ 60 เห็ดหูหนูร้อยละ 30 วีทเจอร์มร้อยละ 70 และเมล็ดทานตะวัน ร้อยละ 70 โดยน้ำหนักแป้งสาลี ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ได้คะแนนการยอมรับอยู่ในระดับปานกลาง Pomeranz และคณะ (1977) ศึกษาถึงคุณภาพของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งด้วย เซลลูโลส รำข้าวสาลี และเปลือกข้าวโอ๊ต พบว่าในปริมาณการทดแทนแป้ง

ร้อยละ 5 ทำให้ปริมาตรของขนมปังลดลง มีความรู้สึกเป็นทรายโดยเฉพาะเมื่อเติมเปลือกข้าวโอ๊ต นอกจากนี้ยังมีผลต่อสีของขนมปังโดยสีขนมปังเข้มที่สุดเมื่อเติมรำข้าวสาลี และเข้มน้อยที่สุดเมื่อเติมเซลลูโลส Vratana และ Zabik (1978) ได้ศึกษาการเติมรำข้าวสาลีสองพันธุทดแทนแป้งใน sugar snap cookies ปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 พบว่าการทดแทนแป้งในปริมาณสูงชัน ทำให้การแผ่ขยาย ความกรอบ ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองลดลง ในขณะที่ความนุ่มเพิ่มขึ้นและสีของคุกกี้เข้มขึ้น ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าการทดแทนแป้งในระดับร้อยละ 10 และ 20 มีผลต่อลักษณะปรากฏที่ผิวหน้าและสีของคุกกี้ และจะมีผลต่อกลิ่นรสของคุกกี้เมื่อเติมในระดับร้อยละ 30 Gorczyca และ Zabik (1979) ทำการศึกษาการเติม เซลลูโลส และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ใน sugar snap cookies โดยการทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0 10 20 และ 30 พบว่าการทดแทนในระดับมากขึ้น ทำให้การแผ่ขยาย ความกรอบ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสอื่น ๆ ลดลง โดยที่การทดแทนแป้งในปริมาณร้อยละ 10 ทำให้คุณลักษณะทางกายภาพบางอย่าง เช่น ความแข็ง ค่าความสว่าง แตกต่างจากชุดควบคุม ในขณะที่ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่าง นอกจากนี้ยังพบว่าใยอาหารแต่ละชนิดมีผลต่อคุณลักษณะของคุกกี้ต่างกัน Jeltama และคณะ (1983) ใช้รำข้าวสาลี รำข้าวโอ๊ต รำข้าวโพด ถั่ว navy และเปลือกถั่วเหลือง เติมใน sugar snap cookies โดยการทดแทนแป้งสาลี ในปริมาณร้อยละ 20 พบว่าคุกกี้มีลักษณะและคุณภาพทางประสาทสัมผัสแตกต่างกัน ขึ้นกับองค์ประกอบของใยอาหารในแหล่งใยอาหารแต่ละชนิด โดยเฉพาะการแผ่ขยายของคุกกี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเฮมิเซลลูโลส ($r = -0.80$ ถึง -0.89) Jasberg และคณะ (1989) ได้ศึกษาการใช้ใยอาหารจากฟางข้าวที่ผ่านการสกัดด้วยอัลคาไลน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ตามวิธี Gould process ทดแทนแป้งในเค้กช็อกโกแลต พบว่าสามารถทดแทนได้ถึงร้อยละ 40 โดยผู้บริโภครู้ผ่านการฝึกฝนไม่พบความผิดปกติของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้ในการทำเค้กเสริมใยอาหารจะต้องเติมน้ำในปริมาณมากกว่าชุดควบคุม Artz และคณะ (1990) ใช้รำข้าวโพดทั้งที่ผ่านการเอ็กซ์ทรูดและไม่ผ่าน เติมใน sugar snap cookies โดยการทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 15 การเอ็กซ์ทรูดรำข้าวโพดเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของรำข้าวโพด ให้สามารถเติมในผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าการเติมรำข้าวโพดทั้งสองแบบในคุกกี้ ทำให้สีของคุกกี้คล้ำขึ้น และผู้บริโภครู้

ความแตกต่างระหว่างคุกกี้ผสมรำข้าวโพดทั้งสองแบบจากชุดควบคุม Ranhotra และคณะ (1991) ทำการเพิ่มปริมาณใยอาหารในแป้งทำขนมปัง และแป้งทำเพสตรี โดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่ความดันสูง มีผลทำให้ใยอาหารในแป้งเพิ่มขึ้น 3-4 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนทำให้แป้งเปลี่ยนสภาพเป็น resistant starch ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายใยอาหาร เมื่อนำไปทดแทนแป้งในการทำคุกกี้ช็อกโกแลตชิบและคุกกี้ข้าวโอ๊ตใส่ลูกเกดพบว่าสามารถทดแทนได้ถึงร้อยละ 75 และ 50 ตามลำดับ โดยมีการยอมรับทั้งลักษณะปรากฏและคุณภาพทางประสาทสัมผัสอื่นๆ Mills และ Tarr (1992) ได้นำใยอาหารจากพืชตระกูลส้มที่ได้จากการเตรียมโดยวิธีของ Tarr และคณะ (1991) มาผสมในน้ำผลไม้ในอัตราร้อยละ 0.5-4.0 และน้ำผลไม้เข้มข้นในอัตราร้อยละ 2.0-8.5 พบว่าความหนืดของน้ำผลไม้และน้ำผลไม้เข้มข้นไม่เพิ่มขึ้น และไม่เกิดเจล

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัดอุณหภูมิ

- เปลือกโกโก้จากสวนเกษตรกร อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช

2. สารเคมี

- สารเคมีต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี และที่ใช้ในการสกัดใยอาหาร

3. อุปกรณ์

- เครื่องวัดค่าสี Juki รุ่น JP 7100F
- เครื่องวัดพีเอช Mettler Delta 350
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า ลิกนิน ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ
- เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด
- ชุดอุปกรณ์กวนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
- อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิได้
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์คุกกี้
- อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ล้างทำความสะอาดเปลือกโกโก้ ตัดแต่งส่วนที่เป็นโรคและตำหนิออก สับเป็นชิ้นเล็กๆ อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บดและ

คัตขนาด 5-40 เมช บรรจุถุงพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการศึกษาต่อไป

2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้

นำเปลือกโกโก้ที่เตรียมไว้จากข้อ 1 มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยวิธีของ Lee และคณะ (1992) คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ วิเคราะห์ปริมาณลิกนิน และเซลลูโลส โดยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967) และทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของ เปลือกโกโก้สด โดยวิธี A.O.A.C. (1990)

3. ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโยเกิร์ตจากเปลือกโกโก้

3.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเถ้า และโปรตีน

นำเปลือกโกโก้ที่เตรียมไว้จากข้อ 1 ลวกในน้ำเดือดนาน 10 นาที กวนตลอดเวลา กรอง เติมน้ำให้ได้ความเข้มข้นของตัวอย่างเป็นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ควบคุม อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส กวนตลอดเวลา ทำการศึกษาความเข้มข้นของต่างและเวลา โดย

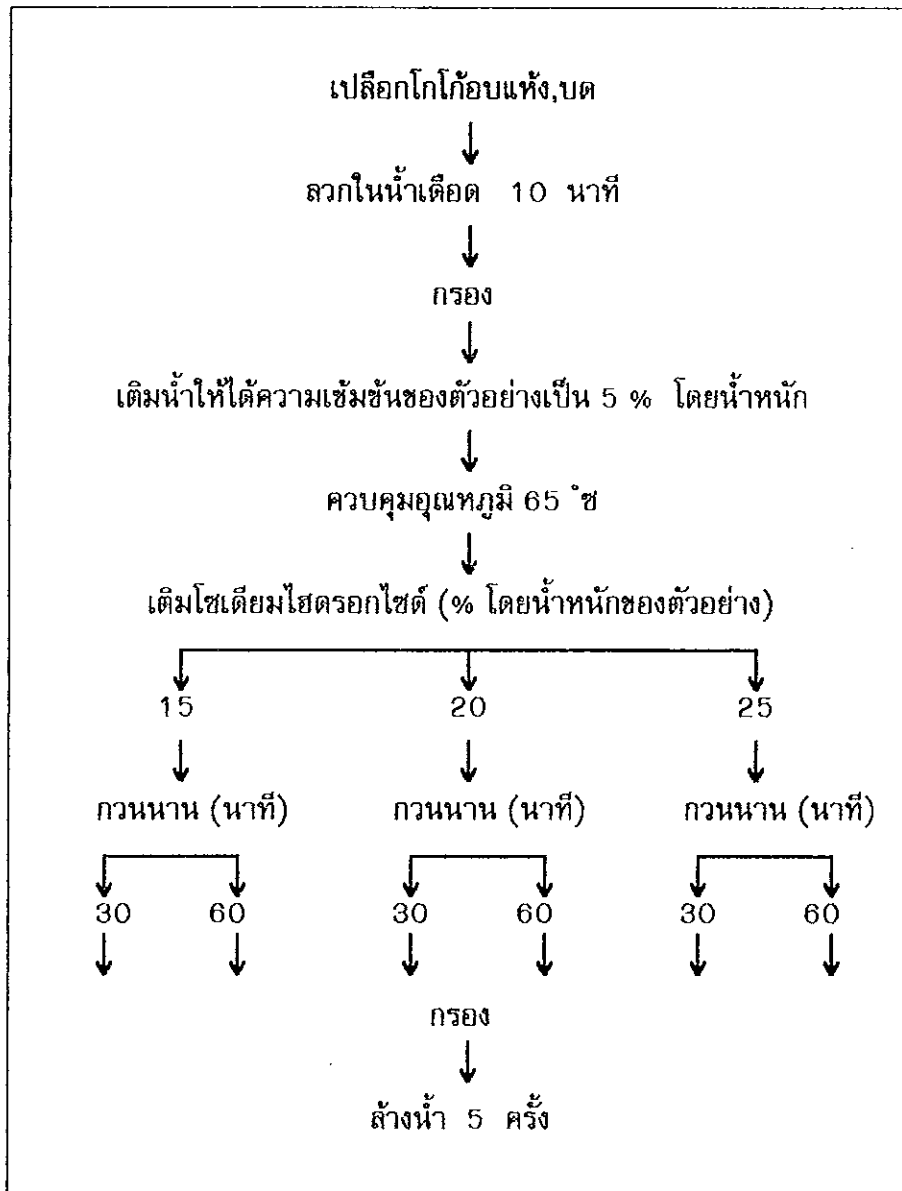
3.1.1 เติมน้ำเต็มไฮดรอกไซด์ให้ของผสมมีความเข้มข้น ร้อยละ 15 20 25 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง

3.1.2 แช่นาน 30 และ 60 นาที

3.1.3 กรองเอาสารละลายทิ้ง ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้ง (ในแต่ละครั้งเติมน้ำให้มี ปริมาตรเท่าเดิม กวน แล้วกรองเอาน้ำทิ้ง) ดังภาพที่ 7

3.1.4 นำส่วนที่กรองได้มาวิเคราะห์เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสม โดยทำการ วิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990)

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ซึ่งจะมีทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ



ภาพที่ 7 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดเด้า และโปรตีน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Chou และคณะ (1990)

3.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีและกำจัดกลิ่น

เติมน้ำลงในตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดเด้าและโปรตีนด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ

3.1 ให้มีปริมาตรเท่าเดิม ปรับพีเอชของสารละลายตัวอย่างให้ได้ 10.8 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการศึกษาอุณหภูมิ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และจำนวนครั้งในการฟอก ดังนี้

3.2.1 ความคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิห้อง 50 และ 65 องศาเซลเซียส

3.2.2 เติมน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ให้มีของผสมความเข้มข้นร้อยละ 10 15 20 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง

3.2.3 จำนวนครั้งในการฟอกสีด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 และ 2 ครั้ง โดยกรองเอาสารละลายทิ้ง ก่อนทำการฟอกครั้งที่ 2 เติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิมแล้วเติมน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ซ้ำ

ระยะเวลาในการฟอกแต่ละครั้งขึ้นกับระดับอุณหภูมิที่ควบคุมดังนี้

3.2.3.1 ที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาฟอกแต่ละครั้งนาน 20 ชั่วโมง

3.2.3.2 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาฟอกแต่ละครั้งนาน 4.5 ชั่วโมง

3.2.3.3 ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาฟอกแต่ละครั้งนาน 2 ชั่วโมง

ในระหว่างการฟอกทำการควบคุมพีเอชให้อยู่ในช่วง 8.5 -10.8 เมื่อพีเอชของสารละลายต่ำกว่า 8.5 ปรับพีเอชให้ได้ 10.8 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

3.2.4 กรองเอาสารละลายทิ้ง ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้ง (ในแต่ละครั้งเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม กวน แล้วกรองเอาน้ำทิ้ง) แล้วเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม ปรับพีเอชของสารละลายเท่ากับ 2.4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก กวนนาน 30 นาที กรอง ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้งด้วยวิธีการเดิม อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 5 ดังภาพที่ 8

3.2.5 นำโยเกิร์ตที่ได้มาตรวจสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธี A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์ปริมาณลิกนิน โดยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967) และวัดค่าสี ในระบบ Hunter โดยใช้เครื่อง Juki

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD ซึ่งจะมีทั้งหมด 18 สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองทำ 3 ซ้ำ

4. ศึกษาสมบัติของโยอาหารที่คัดเลือกได้

4.1 สมบัติทางกายภาพ

4.1.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ โดยวิธีดัดแปลงจาก Ning และคณะ (1991)

4.1.2 ค่าสี ในระบบ Hunter โดยใช้เครื่องวัดสี Juki

4.2 สมบัติทางเคมี

4.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของโยอาหารที่คัดเลือกได้ โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และ เถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์ปริมาณโยอาหารทั้งหมด โยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และโยอาหารที่ละลายน้ำ โดยวิธีของ Leeและคณะ (1992) คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ วิเคราะห์ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส โดยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967)

4.2.2 วัดค่าพีเอช โดยวิธีของ Collins และ Post (1981)

5. ศึกษาการนำโยอาหารที่คัดเลือกได้มาเสริมในผลิตภัณฑ์คุกกี้

นำโยอาหารที่คัดเลือกได้ไปบด แล้วคัดขนาดที่ต่ำกว่า 60 เมช นำไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ในอัตราส่วนร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 โดยใช้สูตรมาตรฐานคุกกี้เนย แล้วนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีทดสอบแบบวิธี QDA เพื่อหาปัจจัยคุณภาพ ลักษณะปรากฏ สีแปลกปลอม กลิ่นเนย กลิ่นแปลกปลอม ความร่วน ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก ความฝืด ความรู้สึกภายหลังการกลืน โดยใช้ผู้บริโภคระดับห้องปฏิบัติการที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 10 คน และวิธี Hedonic scale เพื่อหาความชอบรวมโดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 55 คน

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบทางเคมีของวัตุดิบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้ (*Theobroma cocoa. L*) ที่ใช้เป็นวัตุดิบ มีน้ำเป็นองค์ประกอบสำคัญในปริมาณร้อยละ 82.28 องค์ประกอบอื่น ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5 ให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับ Wood(1985) และ Wong และคณะ (1987 อ้างโดย บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2530) ซึ่งรายงานปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 83.50 5.63-8.50 0.59 และ 7.60-10.60 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สำหรับปริมาณไขมันให้ผลการวิเคราะห์ที่น้อยกว่า ทั้งนี้อาจมีความแตกต่างจากสภาพอากาศ แหล่งที่ปลูก สภาพการบำรุงรักษา และยังพบว่าเปลือกโกโก้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 61.48 48.40 และ 11.55 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าเปลือกโกโก้มีปริมาณใยอาหารค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งวัตุดิบที่นิยมใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เสริมใยอาหาร เช่น รำข้าวโอ๊ต(Lee, et al., 1992) รำข้าวเจ้า (Hudson, et al., 1992) รำข้าวสาลี (Ranhotra, et al., 1990) และรำข้าวโพด (Ning, et al., 1991) ซึ่งมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด เท่ากับร้อยละ 18.25 22.89 44.03 และ 82.54 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

2. กรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตใยอาหารจากเปลือกโกโก้

2.1 สภาพที่เหมาะสมในการกำจัดเถ้าและโปรตีน

เนื่องจากแหล่งใยอาหารที่ประกอบด้วยเถ้าและโปรตีนในสัดส่วนสูง ๆ มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เติมใยอาหารนั้น โดยทำให้เกิดความรู้สึกเป็นทราย หรือเป็นผงหยาบภายในปากขณะเคี้ยวหรือภายหลังการกลืน ทำให้เกิดรสขม และกลิ่นรสผิดปกติอื่น (Chou, et al., 1990 ; Hansen and Balle, 1991 ; Karinen and Lehtomaki, 1990) วิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมจึงควรทำให้เถ้าและโปรตีนเหลือน้อยใน

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้หลังการอบ

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ¹
ความชื้น ²	6.39 ± 0.30
โปรตีน	5.39 ± 0.22
ไขมัน	0.28 ± 0.01
เถ้า	9.47 ± 0.06
ใยอาหารทั้งหมด	61.48 ± 0.34
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	48.40 ± 0.49
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	11.55 ± 0.23
คาร์โบไฮเดรต ³	23.38
ลิกนิน	19.03 ± 0.90
เซลลูโลส	26.25 ± 0.55

หมายเหตุ ¹ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำ)

² : คิดจากน้ำหนักเปียก

³ : ได้จากการคำนวณ

ปริมาณน้อย จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแก้วและโปรตีน ได้ผลดังนี้

2.1.1 การกำจัดแก้ว

ปริมาณแก้วที่ผ่านการปฏิบัติในแต่ละวิธีได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 15 20 และ 25 โดยน้ำหนักตัวอย่าง เวลาที่แช่ 30 และ 60 นาที และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัย ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแก้ว แสดงให้เห็นว่าวิธีปฏิบัติที่ต่างกัน ไม่มีผลแตกต่างกันในการกำจัดแก้ว ($p>0.05$)

2.1.2 การกำจัดโปรตีน

ปริมาณโปรตีนที่ผ่านการปฏิบัติในแต่ละวิธีได้แสดงไว้ในตารางที่ 7 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 2) พบว่า ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีน แต่เวลาที่แช่และทั้งสองปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณโปรตีน เมื่อนำค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีปฏิบัติมาหาความแตกต่างโดยวิธี DMRT พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 15 และ 25 โดยน้ำหนักตัวอย่าง มีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) โดยการใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 25 โดยน้ำหนักตัวอย่าง สามารถกำจัดโปรตีนได้มากกว่า และที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ไม่มีผลแตกต่างในการกำจัดโปรตีนจากการใช้ในระดับความเข้มข้นร้อยละ 15 และ 25 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่า วิธีปฏิบัติโดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ใช้เวลาแช่ 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโปรตีน

2.2 สภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีและกำจัดลิกนิน

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแก้วและโปรตีนในข้อ 2.1 พบว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักตัวอย่าง และใช้เวลาแช่ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแก้วและโปรตีนในเปลือกโกโก้ จึงได้ใช้สภาวะนี้กำจัดแก้วและโปรตีน ก่อนที่จะนำตัวอย่างมาทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีและกำจัดลิกนิน ทั้งนี้เนื่องจากลิกนินและสีของใยอาหาร มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารที่เติมใยอาหารนั้น ทางด้านสี กลิ่นรส และความรู้สึกภายในปาก (Chou, *et al.*, 1990 ; Hansen and Balle, 1991)

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำในเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่
อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ^{ns} (ร้อยละโดยน้ำหนักตัวอย่าง)	เวลาแช่ ^{ns} (นาที)	
	30	60
15	5.7617	5.6197
20	6.0340	5.2700
25	6.3047	5.2800

หมายเหตุ^{ns} : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 7 ปริมาณโปรตีนในเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

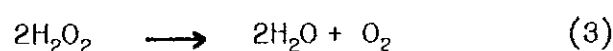
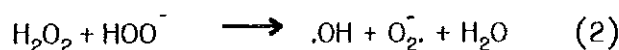
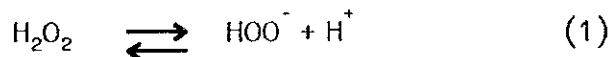
ความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนักตัวอย่าง)	เวลาแช่ (นาที)	
	30	60
15	6.8820 a	6.5853 a
20	6.3253 ab	6.1533 ab
25	6.4817 ab	5.7877 b

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

และเมื่อทำการศึกษาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จำนวนครั้งที่ฟอก และ อุณหภูมิต่อปริมาณลิกนิน และสีของเปลือกโกโก้ ปรากฏผลดังนี้

2.2.1 การกำจัดลิกนิน

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน จะพิจารณาถึงวิธีการปฏิบัติที่ได้ โยอาหารที่มีปริมาณลิกนินต่ำ ปริมาณลิกนินของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการปฏิบัติ แต่ละวิธี ได้แสดงไว้ในตารางที่ 8 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 3) พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จำนวนครั้งที่ฟอก อุณหภูมิ รวมทั้งอิทธิพล ร่วมระหว่างความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับจำนวนครั้งที่ฟอก มีอิทธิพลต่อ ปริมาณลิกนิน กล่าวคือเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระดับความเข้มข้นสูงขึ้นและจำนวน ครั้งในการฟอกเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณลิกนินในโยอาหารลดลง ($p < 0.05$) ผลการทดลอง สอดคล้องกับผลการทดลองของ Gould (1984) ซึ่งพบว่าการใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น สามารถกำจัดลิกนินในปอชวาได้มากขึ้น แต่จะกำจัดได้สูงสุดที่ความ เข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักตัวอย่าง เมื่อเตรียมตัวอย่างปอชวาให้มีความเข้มข้นร้อยละ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) การกำจัดลิกนินของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นจากการแตกตัว ของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นไฮดรอกซิล (.OH) และไฮดรอกซิลเปอร์ออกไซด์ (O_2^-) ดังสมการที่ 1 และ 2 ไฮดรอกซิลทั้งสองจะทำการออกซิไดซ์ลิกนิน และเปลี่ยนรูปให้มีขนาด โมเลกุลเล็กลงสามารถละลายน้ำได้ (Gould, 1985) สำหรับการใช้อุณหภูมิในระดับสูงขึ้น มีผลทำให้ปริมาณลิกนินในโยอาหารเหลืออยู่ในปริมาณสูงกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เปลี่ยนรูปเป็นน้ำและก๊าซออกซิเจน ดังสมการที่ 3 ประสิทธิภาพใน การออกซิไดซ์ลิกนินจึงลดลง



Gould (1984) กล่าวถึงข้อดีของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะต่างในการกำจัด ลิกนินคือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ประหยัดพลังงานและลดความยุ่งยากใน กระบวนการ นอกจากนี้ยังลดการสูญเสียเฮมิเซลลูโลสที่ละลายได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง จากการ

ตารางที่ 8 ปริมาณลิกลินในใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน.ตย.)	จำนวนครั้งที่พอก	อุณหภูมิ(°ซ)		
		26-31	50	65
10	1	24.1697 abc	25.5033 ab	25.8097 a
	2	21.5990 fgh	22.3483 efg	23.1663 cdef
15	1	23.7470 cde	23.4677 cde	24.1840 bcd
	2	21.1830 gh	22.8960 def	22.4770 efg
20	1	21.5983 fgh	22.3780 efg	23.4687 cde
	2	20.4393 h	22.4450 efg	22.3227 efg

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ศึกษาการกำจัดลิกนิน แสดงให้เห็นว่าวิธีปฏิบัติโดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 10 (ฟอก 2 ครั้ง) ร้อยละ 15 (ฟอก 2 ครั้ง) และร้อยละ 20 (ฟอก 1 และ 2 ครั้ง) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนิน

2.2.2 การฟอกสี

การวัดค่าสีด้วยระบบ Hunter ค่าสี L จะเป็นค่าความสว่าง เริ่มจากสีดำมีค่าสี L เป็น 0 ไปเป็นสีขาวซึ่งมีค่าสี L เป็น 100 ค่าสี a เป็นค่าของสีแดง เมื่อค่าสี a เป็นบวก และเป็นค่าของสีเขียว เมื่อค่าสี a เป็นลบ ในขณะที่ค่าสี b เป็นค่าของสีเหลือง เมื่อค่าสี b เป็นบวก และเป็นค่าของสีน้ำเงิน เมื่อค่าสี b เป็นลบ (Baker, et al., 1988)

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีตัวอย่างเปลือกโกโก้ จะพิจารณาถึงค่าสี L, a และ b โดยวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมจะได้โยอาหารที่มีค่าสี L สูง แสดงถึงตัวอย่างที่มีความขาวมาก ค่าสี a และ b เข้าใกล้ 0 มาก แสดงถึงตัวอย่างที่มีความเข้มสีน้อยหรือมีสีอ่อน การวัดค่าสีของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการแช่ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะต่าง ที่มีความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อุณหภูมิ และจำนวนครั้งในการฟอกต่างกันได้ผลดังนี้

ค่าสี L ดังแสดงในตารางที่ 9 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 4) พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จำนวนครั้งในการฟอก อุณหภูมิ และอิทธิพลร่วมของจำนวนครั้งที่ฟอกกับอุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อค่าสี L โดยตัวอย่างที่ใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และจำนวนครั้งในการฟอกมากขึ้น ทำให้ค่าสี L สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีคุณสมบัติเป็นสารฟอกสี (Cheftel, et al., 1985) ในขณะที่การใช้อุณหภูมิสูงขึ้น มีผลทำให้ค่าสี L ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง ทำให้ปฏิกิริยาการแตกตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นน้ำและออกซิเจนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ประสิทธิภาพการทำหน้าที่เป็นสารฟอกสีลดลง จากการศึกษาค่าสี L แสดงให้เห็นว่า วิธีปฏิบัติโดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 15 และ 20 ฟอก 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ค่าสี L ของโยอาหารสูงกว่าวิธีปฏิบัติอื่นๆ

ตารางที่ 9 ค่าสี L ของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน.ตย.)	จำนวนครั้งที่พอก	อุณหภูมิ (°C)		
		26-31	50	65
10	1	46.527 kl	45.593 l	48.653 jk
	2	58.790 de	56.780 ef	52.633 hi
15	1	52.037 hi	48.873 jk	50.047 ij
	2	63.477 ab	60.023 cd	55.993 fg
20	1	54.173 gh	52.160 hi	52.000 hi
	2	65.273 a	62.117 bc	60.473 cd

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ค่าสี a ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกันทุกตัวอย่าง ให้ผลเป็นบวก ดังแสดงในตารางที่ 10 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 5) พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จำนวนครั้งในการฟอก อธิธิพลร่วมของจำนวนครั้งที่ฟอกกับอุณหภูมิ และอธิธิพลร่วมของความเข้มข้นกับจำนวนครั้งที่ฟอก มีอิทธิพลต่อค่าสี a โดยตัวอย่างที่ใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และจำนวนครั้งในการฟอกมากขึ้น ทำให้ค่าสี a มีค่าเข้าใกล้ 0 มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ซึ่งหมายถึงตัวอย่างมีความเข้มข้นน้อยลง เป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติในการฟอกสีของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากการศึกษาค่าสี a แสดงให้เห็นว่า วิธีปฏิบัติโดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร้อยละ 20 ฟอก 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ค่าสี a ของโยอาหารเข้าใกล้ 0 มากที่สุด

ค่าสี b ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านวิธีการปฏิบัติที่แตกต่างกันทุกตัวอย่าง ให้ผลเป็นบวก ดังแสดงในตารางที่ 11 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 6) พบว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จำนวนครั้งในการฟอก อุณหภูมิ อธิธิพลร่วมของจำนวนครั้งที่ฟอกกับอุณหภูมิ และอธิธิพลร่วมของทั้งสามปัจจัย มีอิทธิพลต่อค่าสี b โดยตัวอย่างที่ใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และจำนวนครั้งในการฟอกเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิต่ำ ทำให้ค่าสี b เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าสี b ไม่สามารถแสดงความเข้มข้นที่เป็นจริงของตัวอย่างได้ ทั้งนี้เพราะว่าค่าสี b จะแสดงสีเหลืองและสีน้ำตาลเท่านั้น ในขณะที่สีที่เป็นจริงของตัวอย่างจะอยู่ในโทนสีเหลืองถึงสีน้ำตาล โดยสีน้ำตาลจะมาดบังสีเหลือง ฉะนั้นในการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกสีจึงพิจารณาเฉพาะค่าสี L และค่าสี a เท่านั้น

3. สมบัติของโยอาหารที่คัดเลือกได้

จากการศึกษารวมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตโยอาหารที่บริโภคได้จากเปลือกโกโก้ พบว่าในขั้นการกำจัดแก้วและโปรตีนที่เหมาะสม สามารถทำได้โดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ใช้เวลาเวลานาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยเตรียมเปลือกโกโก้บดแห้งให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 สำหรับ

ตารางที่ 10 ค่าสี a ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน.ตย.)	จำนวนครั้งที่พอก	อุณหภูมิ (°ซ)		
		26-31	50	65
10	1	4.763 a	4.213 bc	4.213 bc
	2	3.410 fg	3.487 efg	3.740 cdef
15	1	4.247 b	3.903 bcde	3.667 defg
	2	2.257 j	2.870 hi	3.250 gh
20	1	3.987 bcd	3.777 bcdef	3.730 cdef
	2	1.670 k	2.393 j	2.527 ij

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 11 ค่าสี b ของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน.ตย.)	จำนวนครั้ง ที่พอก	อุณหภูมิ (°C)		
		26-31	50	65
10	1	16.283 gh	15.153 i	15.977 h
	2	20.163 a	18.600 bcd	17.273 ef
15	1	17.880 de	15.933 h	16.120 gh
	2	20.910 a	19.220 b	17.907 de
20	1	18.110 cd	16.917 fg	16.727 fgh
	2	20.803 a	19.280 b	18.873 bc

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ขั้นตอนการฟอกสีและกำจัดลิกนิน จะต้องใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ฟอก 2 ครั้ง อุณหภูมิห้อง ควบคุมพีเอชที่ 8.5-10.8 ในระหว่างกระบวนการ จะได้ใยอาหารในปริมาณร้อยละ 33.23 ของเปลือกโกโก้บดแห้ง ใยอาหารที่คัดเลือกได้แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เปลือกโกโก้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัด และใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกโกโก้

สมบัติด้านต่างๆของใยอาหารที่คัดเลือกได้มีดังนี้

3.1 สมบัติทางกายภาพ

3.1.1 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

ใยอาหารจากเปลือกโกโก้มีความสามารถในการดูดซับน้ำ เท่ากับ 3.80 กรัม น้ำต่อกรัมใยอาหาร โกล้เคียงกับใยอาหารทางการค้า Fibrex ที่ผลิตจากหัวบีท ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำ เท่ากับ 3-4 กรัม น้ำต่อกรัมใยอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งใยอาหารอื่นๆ พบว่ามีความสามารถในการดูดซับน้ำแตกต่างกัน เป็นต้นว่า รำข้าวเจ้า (เพลินใจ ตังคณะกุลและคณะ, 2538) รำข้าวโพด (Ning, *et al.*, 1991) รำข้าวโอ๊ต รำข้าวสาลี และใยอาหารจากแอปเปิล (Chen, *et al.*, 1988) มีค่าความสามารถในการ

ดูดซับน้ำเท่ากับ 1.86 2.94 2.10 5.03 และ 9.36 ตามลำดับ ความแตกต่างนี้น่าจะเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างและรูพรุนของผนังเซลล์ของแหล่งใยอาหารแต่ละชนิด โดยแหล่งใยอาหารที่มีโครงสร้างโมเลกุลของผนังเซลล์จับตัวกันแน่น หรือมีโครงสร้างของโมเลกุลขุบตัว และแหล่งใยอาหารที่ผนังเซลล์มีรูพรุนน้อย จะมีความสามารถดูดซับน้ำต่ำ (Chen, *et al.*, 1988 ; Gould, *et al.*, 1989 ; Jasberg, *et al.*, 1989 ; Ning, *et al.*, 1991)

3.1.2 ค่าสี

ก่อนทำการวัดค่าสีของใยอาหารที่คัดเลือกได้ จะนำใยอาหารมาบดและคัดขนาดที่ต่ำกว่า 60 เมช เนื่องจากการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์มีวัตถุประสงค์ในการทดแทนแป้งใยอาหารที่ได้หลังการบดและคัดขนาดแล้วมีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเหลือง ดังภาพที่ 10 ผลการวัดค่าสีในระบบ Hunter พบว่า มีค่าสี L, a และ b เท่ากับ 70.28 0.21 และ 18.44 ตามลำดับ มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและความเข้มสีแดงลดลงจากเปลือกโกโก้อบแห้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีค่า L, a และ b เท่ากับ 40.29 5.20 และ 13.27 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 เปลือกโกโก้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัด และใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกโกโก้ หลังจากบดและคัดขนาดต่ำกว่า 60 เมช

และเมื่อเปรียบเทียบค่าสี L, a และ b ของโยอาหารหลังการบด กับโยอาหารก่อนการบด ซึ่งมีค่าสี L, a และ b เท่ากับ 64.58 1.68 และ 20.16 ตามลำดับ จะเห็นว่าโยอาหารหลังการบดมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ความเข้มสีแดงและสีเหลืองลดลง นั่นคือการบดทำให้โยอาหารมีสีอ่อนลงและสว่างขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการบดเป็นการลดขนาดโยอาหาร ทำให้แสงมีมุมตกกระทบกว้างขึ้นและมีการสะท้อนมากขึ้น (Ranum and Destefanis, 1989)

3.2 สมบัติทางเคมี

3.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

จากตารางที่ 12 พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของโยอาหารจากเปลือกโกโก้ เป็นโยอาหารทั้งหมดถึงร้อยละ 92.21 โดยน้ำหนักแห้ง แบ่งเป็นโยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และโยอาหารที่ละลายน้ำ เท่ากับ ร้อยละ 90.32 และ 2.27 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จะเห็นว่าโยอาหารที่ผ่านกระบวนการสกัดโดยกรรมวิธีนี้ มีปริมาณโยอาหารที่ละลายน้ำต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก ในระหว่างกระบวนการสกัดมีการใช้น้ำหลายขั้นตอน ทำให้มีการสูญเสียโยอาหารที่ละลายน้ำไป สำหรับสารอาหารที่ให้พลังงานในโยอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต มีปริมาณร้อยละ 4.81 0.59 และ 1.25 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จะให้พลังงาน เท่ากับ 28.02 กิโลแคลลอรี่ต่อ 100 กรัมโยอาหาร นอกจากนี้โยอาหารยังประกอบด้วย เถ้า ลิกนิน และเซลลูโลส ในปริมาณร้อยละ 1.14 20.82 และ 54.09 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบโยอาหารที่สกัดได้กับโยอาหารทางการค้า Fibrex ซึ่งมีปริมาณโยอาหารทั้งหมด โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ลิกนิน เซลลูโลส เท่ากับ ร้อยละ 81.11 11.10 0.33 3.3-4.4 3.3-4.4 4.4 และ 20 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และให้พลังงานเท่ากับ 57 กิโลแคลลอรี่ต่อ 100 กรัมโยอาหาร จะเห็นได้ว่าโยอาหารจากเปลือกโกโก้มีปริมาณมากพอที่จะเป็นแหล่งโยอาหารได้

3.2.2 ค่าพีเอช

จากการวัดค่าพีเอชของโยอาหารที่คัดเลือกได้ พบว่ามีค่าพีเอชค่อนข้างไปทางเป็นกรด คือมีพีเอช เท่ากับ 4.50 (ค่าพีเอชของน้ำปราศจากอ็อกซิเจนที่ใช้เป็นตัวกลาง เท่ากับ 5.59) เนื่องจากการล้างน้ำในกระบวนการสกัดครั้งสุดท้าย มีพีเอช เท่ากับ 4.70 ตามที่ Chou และคณะ (1990) แนะนำการล้างน้ำในกระบวนการสกัดครั้งสุดท้าย ให้ล้างจนมีพีเอช

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารที่คัดเลือกได้

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ¹
ความชื้น ²	5.13 ± 0.11
โปรตีน	4.81 ± 0.20
ไขมัน	0.59 ± 0.07
เถ้า	1.14 ± 0.03
ใยอาหารทั้งหมด	92.21 ± 0.42
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	90.32 ± 0.38
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	2.27 ± 0.31
คาร์โบไฮเดรต ³	1.25
ลิกนิน	20.82 ± 0.55
เซลลูโลส	54.09 ± 0.55

หมายเหตุ ¹ : ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำ)

² : คิดจากน้ำหนักเปียก

³ : ได้จากการคำนวณ

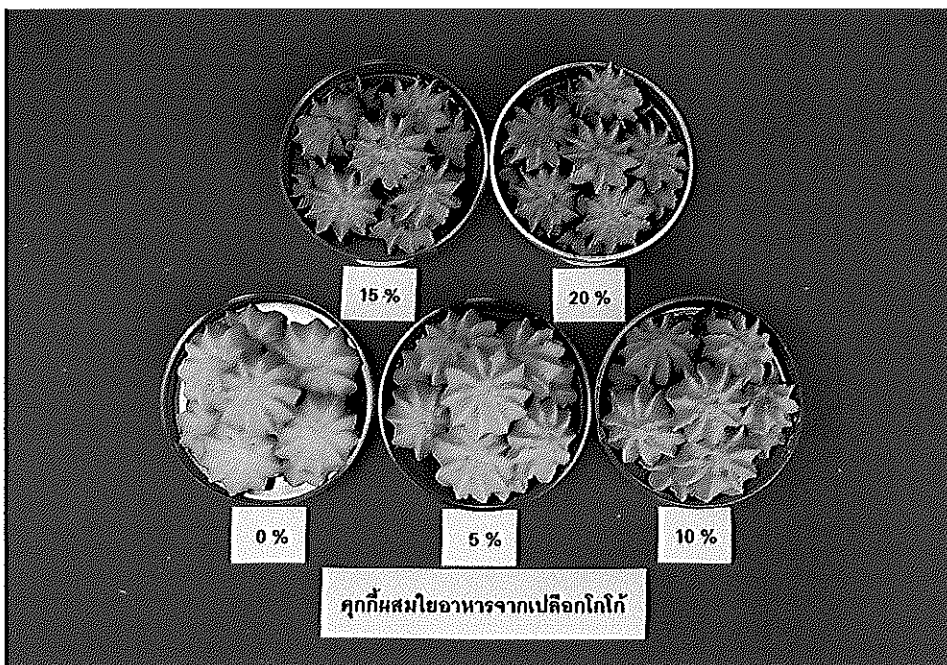
อยู่ในช่วง 4-7 อย่างไรก็ตามใยอาหารที่คัดเลือกได้มีค่าพีเอชไม่แตกต่างจากค่าพีเอชของใยอาหารทางการค้า Fibrex ซึ่งมีค่าพีเอชเท่ากับ 4.50 เช่นเดียวกัน

4. การนำใยอาหารที่คัดเลือกได้มาเสริมในผลิตภัณฑ์คุกกี้

เมื่อนำใยอาหารที่คัดเลือกได้จากการศึกษาในข้อ 2 ไปบด แล้วคัดขนาดที่ต่ำกว่า 60 เมช นำไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ในอัตราส่วนร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 โดยใช้สูตรมาตรฐานคุกกี้เนย พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเข้มขึ้น และมีขนาดเล็กลงตามปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 11 และ 12 เมื่อนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีทดสอบแบบ QDA โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินคุณลักษณะด้าน ลักษณะปรากฏ สีแปลกปลอม กลิ่นเนย กลิ่นแปลกปลอม ความร่วน ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก ความร่วน และความรู้สึกภายหลังการกลืน โดยใช้แบบทดสอบผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 13 และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 7-14) ให้ผลดังนี้

ลักษณะปรากฏที่บริเวณผิวหน้า พิจารณาถึงความละเอียดหรือความเนียนที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณมากขึ้น จะมีผิวหน้าที่มีความหยาบหรือขรุขระมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของใยอาหาร ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายลดลง ส่วนผสมของคุกกี้มีความเข้มข้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้น ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์จึงมีผิวหน้าที่แห้งและการแผ่ขยายของคุกกี้ลดลง ทำให้มีขนาดเล็กลง (Artz, *et al.*, 1990 ; Chen, *et al.*, 1988 ; Gorczyca and Zabik, 1979 ; Vratana and Zabik, 1978 ; Yamazaki, 1955) อย่างไรก็ตามการใช้ใยอาหารทดแทนแป้งในปริมาณร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($p>0.05$)

สีแปลกปลอม พิจารณาถึงปริมาณความเข้มของสีจากใยอาหารที่ปนอยู่ในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าปริมาณสีแปลกปลอมในผลิตภัณฑ์คุกกี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการทดแทน



ภาพที่ 11 และ 12 ผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้โดยการทดแทนแป้ง
ในปริมาณร้อยละ 0 5 10 15 และ 20

ตารางที่ 13 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริม
โยเกิร์ต ประเมินด้วยวิธีทดสอบแบบ QDA

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ร้อยละของโยเกิร์ตที่ใช้ทดแทนแป้ง				
	0	5	10	15	20
ลักษณะปรากฏ (ผิวหน้า)	0.330 d	0.590 d	1.121 c	1.958 b	2.657 a
สีแปลกปลอม	0.096 d	0.275 d	0.656 c	1.103 b	1.543 a
กลิ่นเนย	7.384 a	7.023 a	6.267 b	5.226 c	4.736 c
กลิ่นแปลกปลอม	0.074 c	0.230 c	0.667 b	1.352 a	1.667 a
ความร่วน	1.203 c	1.369 c	2.068 b	2.702 a	3.025 a
ความรู้สึกภายในปาก	0.180 d	0.378 d	0.755 c	1.398 b	1.838 a
ความฝืด	0.062 c	0.154 c	0.470 b	0.803 a	1.020 a
ความรู้สึกภายหลังการกลืน	0.165 d	0.404 d	0.913 c	1.426 b	1.824 a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

แป้งด้วยใยอาหารในปริมาณมากขึ้น นอกจากนี้สีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ก็ยังมีความเข้มข้นตามปริมาณใยอาหารที่เติมด้วย ทั้งนี้เนื่องจากใยอาหารที่คัดเลือกได้มีสีชาวมเหลือง และไม่ขาวเท่าความขาวของแป้งสาลี ดังภาพที่ 13 เมื่อทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณสูงขึ้น จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้น สอดคล้องกับการรายงานของ Artz และคณะ (1990), Jeltema และคณะ (1983), Vrataniina และ Zabik (1978) ซึ่งมีการเติมรำธัญพืชต่างๆ เช่น รำข้าวสาลี รำข้าวโอ๊ต รำข้าวโพด และเปลือกถั่วเหลือง ลงในผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าสีของคุกกี้มีค่าสี L ลดลง เนื่องจากการเพิ่มของสีน้ำตาล เมื่อเติมใยอาหารในปริมาณมากขึ้น อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ($p > 0.05$)



ภาพที่ 13 เปรียบเทียบลักษณะของใยอาหารที่คัดเลือกได้กับแป้งสาลีเอนกประสงค์

กลิ่นเนย พบว่า การทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลทำให้กลิ่นเนยในผลิตภัณฑ์คุกกี้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณร้อยละ 10 15 และ 20 เนื่องจากการทดแทนใยอาหารในปริมาณสูงขึ้นไปจะมีกลิ่น

แปลกปลอมของใยอาหารไปกลบกลืนเหยได้มากขึ้น แต่ที่ปริมาณร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($P>0.05$)

กลืนแปลกปลอม ลักษณะกลืนแปลกปลอมที่พบจะเป็นกลืนไม้ หรือกลืนใบไม้แห้ง กลืนแปลกปลอมที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดจากลิกนินที่ยังคงมีอยู่ในใยอาหาร ซึ่ง Hansen และ Balle (1991) กล่าวว่า ลิกนินที่ไม่สามารถกำจัดได้หมดจากกระบวนการสกัดใยอาหารตามวิธีของ Chou และคณะ(1990) มีผลทำให้เกิดกลิ่นรสไม่ในผลิตภัณฑ์ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่ากลืนปลอมจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณใยอาหารที่ทดแทน ผู้ทดสอบชิมสามารถแยกความแตกต่างของกลืนแปลกปลอมได้ผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งด้วยแป้งด้วยใยอาหาร ในปริมาณร้อยละ 10 15 20 ส่วนในปริมาณร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ($p>0.05$)

ความร่วน พบว่า ผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความร่วนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Gorczyca และ Zabik (1979) และ Vrataniina และ Zabik (1978) ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณเซลลูโลสหรือรำข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์คุกกี้ทำให้เนื้อสัมผัสของคุกกี้นุ่มขึ้น ใช้แรงในการบดเคี้ยวน้อยลง เป็นผลเนื่องมาจากคุณสมบัติการดูดซับน้ำของใยอาหาร ทำให้คุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณมากขึ้นจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า ผู้ทดสอบมีความรู้สึกต่อความร่วนของผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในปริมาณร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม ($p>0.05$)

ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก และความรู้สึกภายหลังการกลืน ผู้ทดสอบสามารถรับรู้ความรู้สึกเป็นผงเล็ก ๆ ในขณะเคี้ยวผลิตภัณฑ์ และมีความรู้สึกเป็นผงเล็ก ๆ ค้างบริเวณลิ้นและลำคอภายหลังการกลืนเพิ่มขึ้น เมื่อมีใยอาหารในผลิตภัณฑ์คุกกี้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Gorczyca และ Zabik (1979) และ Vrataniina และ Zabik (1978) ซึ่งเมื่อมีการเติมเซลลูโลสที่มีขนาดระหว่าง 70 ถึง 300 เมช หรือรำข้าวสาลีที่มีขนาด 40-100 เมช ในปริมาณมากขึ้น และใช้ขนาดใหญ่อขึ้น ผู้ทดสอบมีความรู้สึกหยาบ

และเป็นผงภายในปากและภายหลังการกลืนเพิ่มขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากเถ้าที่ยังเหลืออยู่ใน
 โยอาหาร (Chou, et al., 1990 ; Pomeranz, et al., 1977) นอกจากนี้ก็จะเกิดจาก
 ขนาดของโยอาหารด้วย อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนแป้งด้วยโยอาหารใน
 ปริมาณร้อยละ 5 ให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($p > 0.05$)

ความฝาด พบว่าความฝาดในผลิตภัณฑ์คุกกี้จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโยอาหารที่
 ทดแทนแป้ง เป็นผลเนื่องจากลิกนินและโปรตีนที่ยังคงมีอยู่ในโยอาหาร (Hansen and Balle,
 1991 ; Karinen and Lehtomaki, 1990) อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งด้วยโยอาหาร
 ในปริมาณร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($p > 0.05$)

ความชอบรวม เมื่อนำผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ทดแทนแป้งด้วยโยอาหารจากเปลือกโกโก้
 ทั้ง 5 ระดับไปทดสอบความชอบรวม ด้วยวิธีการทดสอบแบบ Hedonic 9 point scale
 โดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 55 คน เป็นผู้ประเมินผลิตภัณฑ์ แบบทดสอบผลิตภัณฑ์แสดง
 ในตารางภาคผนวกที่ ก2 ได้ผลการประเมินดังแสดงในตารางที่ 14 และจากการวิเคราะห์
 ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 15) พบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่มีการทดแทน
 แป้งด้วยโยอาหารจากเปลือกโกโก้ทั้ง 5 ระดับ โดยผู้บริโภคมีความชอบตัวอย่างชุดควบคุม
 และที่มีการทดแทนแป้งด้วยโยอาหารร้อยละ 5 ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ชอบ
 ตัวอย่างที่มีการทดแทนแป้งด้วยโยอาหารร้อยละ 10 ในระดับชอบปานกลาง ส่วนในอัตรา
 การทดแทนร้อยละ 15 และ 20 ผู้บริโภคมีความชอบตัวอย่างในระดับชอบเล็กน้อย จะ
 เห็นว่าการทดแทนแป้งด้วยโยอาหารในปริมาณที่สูงขึ้น มีผลทำให้ความชอบมีแนวโน้มลดลง
 เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่มีลักษณะร่วนมากขึ้น ความกรอบและแน่นลดลง ผู้บริโภค
 ส่วนหนึ่งสามารถรับกลิ่นรสแปลกปลอมได้ สำหรับตัวอย่างที่มีการทดแทนในอัตราร้อยละ
 15 และ 20 ผู้บริโภคยังมีความชอบอยู่ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้น มีลักษณะคล้าย
 เต็มผงกาแฟหรือโกโก้ทำให้น่ารับประทานยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการทดแทนแป้งด้วยโยอาหาร
 ในปริมาณร้อยละ 5 เท่านั้นที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($p > 0.05$)

ตารางที่ 14 คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมใยอาหาร ประเมินด้วยวิธีทดสอบแบบ Hedonic scale

ปริมาณใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้ง (ร้อยละ)	คะแนน
0	7.78 a
5	7.40 a
10	6.73 b
15	6.18 c
20	5.91 c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

บทที่ 4

สรุป

เปลือกโกโก้ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากการทำเมล็ดโกโก้แห้ง ประกอบด้วยน้ำ ร้อยละ 82.28 และใยอาหารทั้งหมดร้อยละ 61.48 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งใยอาหารอื่นๆที่นิยมใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ นับได้ว่าเปลือกโกโก้มีปริมาณใยอาหารค่อนข้างสูง เมื่อทำการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ โดยการกำจัดแก้วและโปรตีนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 15 20 และ 25 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ และเวลาสกัดนาน 30 และ 60 นาที ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แล้วนำมาฟอกสีและกำจัดกลิ่น ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 15 และ 20 โดยน้ำหนักวัตถุดิบ ที่อุณหภูมิห้อง 50 และ 65 องศาเซลเซียส ทำการฟอก 1 และ 2 ครั้ง พีเอชในระหว่างการผลิต 8.5-10.8 พบว่ากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ ทำได้โดยกำจัดแก้วและโปรตีนซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ หรือทำให้เกิดความรู้สึกหยาบหรือเป็นผงภายในปากขณะเคี้ยวและภายหลังการกลืน เมื่อนำไปพัฒนาในผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ ใช้เวลาแช่ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส โดยเตรียมเปลือกโกโก้อบแห้งให้มีความเข้มข้นร้อยละ 5 สำหรับการฟอกสีและกำจัดกลิ่นซึ่งมีผลทำให้เกิดสีแปลกปลอมและกลิ่นรสผิดปกติเมื่อนำไปพัฒนาในผลิตภัณฑ์อาหาร ทำได้โดยการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ ฟอก 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิห้อง ควบคุมพีเอช เท่ากับ 8.5-10.8 ในระหว่างกระบวนการ ใยอาหารที่สกัดได้ มีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเหลือง มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ ร้อยละ 92.21 โดยน้ำหนักแห้ง มีความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 3.80 กรัม น้ำต่อกรัมใยอาหาร ค่าสี ในรูปของค่า L, a และ b เท่ากับ 70.28 0.21 และ 18.44 ตามลำดับ

เมื่อนำใยอาหารที่คัดเลือกได้มาทดลองทดแทนแป้งในผลิตภัณฑ์คุกกี้ ใน .

อัตราส่วนร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ผลผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีขนาดเล็กลง และมีสีเข้มขึ้นตามปริมาณใยอาหารที่ทดแทน ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกปัจจัยคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สีแปลกปลอม กลิ่นเนย กลิ่นแปลกปลอม ความร่วน ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก ความฝืด และความรู้สึกภายหลังการกลืน พบว่าการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม ($p>0.05$) และเมื่อทดสอบความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่มีการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารในทุกอัตราส่วน โดยคะแนนความชอบรวมมีแนวโน้มลดลงเมื่อทดแทนใยอาหารมากขึ้น อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบรวมของชุดที่ทดแทนแป้งด้วยใยอาหารร้อยละ 5 เท่านั้นที่ไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุม ($p>0.05$)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาในขั้นตอนการกำจัดแก้วและโปรตีน โดยใช้เวลาอย่างน้อยกว่า 30 นาที ทั้งนี้การใช้เวลาน้อยลงอาจไม่มีผลกำจัดแก้วและโปรตีนแตกต่างทางสถิติจากการใช้เวลาอย่างน้อย 30 นาที
2. ควรมีการศึกษาขั้นตอนการฟอกสีและกำจัดลิกนิน โดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ใยอาหารที่มีสีอ่อนลง และกลิ่นรสมืดปกตลดลง
3. ควรมีการศึกษาการนำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะต่างกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้นว่า ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แล้วผสมกับสารละลายใหม่ในอัตราส่วนต่างๆ เช่น 30 ส่วน ต่อ 70 ส่วน 50 ส่วน ต่อ 50 ส่วน หรือ 70 ส่วน ต่อ 30 ส่วน หรือนำสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสภาวะต่างจากการฟอกครั้งที่ 2 มาใช้ในการฟอกครั้งที่ 1 กับวัตถุดิบชุดใหม่ นอกจากนี้ควรมีการนำน้ำล้างครั้งที่ 3, 4 และ 5 ของแต่ละขั้นตอนกลับมาใช้ใหม่ เป็นการใช้น้ำและสารเคมีอย่างประหยัดและเกิดประโยชน์มากขึ้น รวมทั้งช่วยลดปัญหาสภาวะแวดล้อมที่จะเกิดจากกระบวนการผลิตใยอาหารลงด้วย
4. ในขั้นตอนการลดขนาดใยอาหารด้วยการบด ควรมีการคัดขนาดต่ำกว่า 100 ไมครอน น่าจะลดความรู้สึกเป็นผงเล็กๆ ในขณะเคี้ยวและภายหลังการกลืนในผลิตภัณฑ์ และสามารถเพิ่มปริมาณใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้งได้มากขึ้น
5. ควรมีการศึกษาการเติมน้ำในส่วนผสมคุกกี้ในปริมาณมากขึ้น เมื่อใช้ใยอาหารในการทดแทนแป้งในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติในการดูดซับน้ำของใยอาหารที่มีมากถึง 3.80 เท่าตัว การเติมน้ำน่าจะช่วยให้การละลายส่วนผสมของคุกกี้ได้ดีขึ้น ลดความชื้นหนืดลง และการแผ่ขยายของคุกกี้ผสมใยอาหารดีขึ้น

6. ควรมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมใยอาหาร ในอัตราส่วนที่ผู้บริโภคยอมรับ เพื่อเป็นข้อมูลในการแนะนำปริมาณการบริโภคที่เหมาะสม โดยเฉพาะปริมาณใยอาหารซึ่งอาจมีค่าเพิ่มขึ้นจากวัตถุดิบ เนื่องจากการเปลี่ยนเป็น resistant starch ของแป้งเมื่อได้รับความร้อนสูงๆ

7. ต้นทุนในการสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่คิดเฉพาะค่าสารเคมี มีค่าเท่ากับ 0.13 บาทต่อกรัมใยอาหาร พบว่ามีความแตกต่างจากราคาของใยอาหารทางการค้า เช่น Crystalline alpha cellulose, Micro granular cellulose และ Natural fiber ซึ่งมีราคาเท่ากับ 2.27 7.49 และ 2.12 บาทต่อกรัมใยอาหาร จึงเป็นที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อให้ผู้บริโภคมีอาหารเสริมใยอาหารให้เลือกบริโภคมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กนกอร อินทราพิเชษฐ. 2523. เคมีอาหาร. สงขลา : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- กสิกรไทย, ธนาคาร. ฝ่ายวิชาการ. 2534. โกโก้ : พืชเศรษฐกิจที่น่าสนใจ. สรุปข่าวธุรกิจ
(ธ.กสิกรไทย) 22 (15) : 3-7.
- เกียรติรัตน์ คุณารัตนพฤษ. 2527. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเส้นใยอาหาร. ว. ศูนย์แพทย
ศาสตร์ ม.ขอนแก่น 10 (1) : 33-38.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2530. การใช้เปลือกโกโก้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.
ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 20 (2) : 283-290.
- ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผักและผลไม้. สงขลา : ภาควิชาอุตสาหกรรม
เกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2533. หลักการอาหารสัตว์เล่ม 1 : โภชนะ. เชียงใหม่ : ภาควิชา
สัตวบาล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- เพลินใจ ตั้งคณะกุล, พัชรี ตั้งตระกูล, เนตรนภิศ วัฒนสุชาติ, พยอม อัดถวิบูลย์กุล และ
บุญมา นียมวิทย์. 2538. อาหาร 25 (2) : 95-107.
- เพ็ญนภา หงษ์หยก. 2529. ข้อตกลงโกโก้ระหว่างประเทศ. เอกสารการสัมมนาเรื่อง
โกโก้พืชความหวังใหม่. กรมส่งเสริมการเกษตร กรุงเทพฯ. 25-26 มิถุนายน
2529. หน้า 43-49.

วิชัย ตันไพจิตร. 2522. มากินใยอาหารกันเถอะ. โกลัสมอ 3 (3) : 75-78.

วิทย์ สุวรรณาวุธ. 2525. การปรับปรุงพันธุ์โกโก้. รายงานการสัมมนาเรื่องมะพร้าวและโกโก้. กรมวิชาการเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยาง, กรมส่งเสริมสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 19-23 กรกฎาคม 2525. หน้า 82-86.

วิมล พัฒนพิชัย. 2522. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอาหารและโภชนาการ คณะคหกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม และ วิชาการเกษตร, กรม. 2529. แผนพัฒนาโกโก้ : ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2530-2534). หน้า 434-449.

สัมพันธ์ คัมภีรานนท์. 2525. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anderson, E. and Clydesdale, M. 1980. An analysis of dietary fiber content of a standard wheat bran. J. of Food Sci. 45 : 336-340.

Andon, S.A. 1987. Application of soluble dietary fiber. Food Technol. 41 (2) : 74-75.

Andrew, K.R. 1992. Product and process of making a high fiber flour type product derived from sugar cane. U.S. Patent. 5,106,645. Apr. 21, 1992.

Anon. 1979. Dietary fiber. Food Technol. 39 (1) : 35-39.

A.O.A.C. 1984. Official method of analysis, 14 th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Verginia : Arlington.

A.O.A.C. 1990. Official method of analysis, 15 th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Verginia : Arlington.

Aoe, S., Oda, T., Tatsumi, K., Yamauchi, M. and Ayano, Y. 1993. Extraction of soluble dietary fibers from defatted rice bran. *Cereal Chem.* 70 (4) : 423-425.

Artz, W.E., Waren, C.C., Mohring, A.E. and Villota, R. 1990. Incorporation of corn fiber into sugar snap cookies. *Cereal Chem.* 63 (3) : 303-305.

✓ Asp, N.G., Johanson, G.G., Hallmer, H. and Siljestrom, M. 1983. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J. Agri. Food Chem.* 31 : 476.

Baker, R.C., Hahn, P.W. and Robbins, K.R. 1988. *Developments in Food Sciences 16, Fundamentals of New Food Product Development.* New York : Elsevier Science Publisher.

Becker, H.G., Steller, W., Feldheim, W., Wisker, E., Kulikowski, W., Suckow, P., Meuser, F. and Seibel, W. 1986. Dietary fiber and bread : intake, enrichment, determination, and influence on colonic function. *Cereal Food World* 31 : 306

- Chang, M.C. and Morris, W.C. 1990. Effect of heat treatments on chemical analysis of dietary fiber. *J. of Food Sci.* 55 : 1647-1650.
- Cheftel, J.C., Louis, J.C. and Lorient, D. 1985. Amino Acids, Peptides and Proteins. *In Food Chemistry*. 2 ed. (Fennema, O.R., ed.) pp. 245-370. New York and Basel : Marcel Dekker.
- Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. 1988. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem.* 65 (3) : 244-247.
- Chigurupati, S.R. 1988. Procees for modifying bran. U.S. Patent. 4,735,814.
- Chou, Y.T., Garrison, D.F. and Lewis, W.I. 1990. Alkaline extraction, peroxide bleaching of nonwoody lignocellulose substrates. U.S. Patent. 4,957,599. Sep.18, 1990.
- Collins, J.L. and Post , A.R. 1981. Peanut hull flour as a potential source of dietary fiber. *J. of Food Sci.* 46 : 445-448.
- Fulger, C.V. 1988. Process for Producing high fiber expanded cereals. U.S. Patent. 4,759,942.
- Gorczyca, C.G. and Zabik, M.E. 1979. High fiber sugar-snap cookies containing cellulose and coated cellulose products. *Cereal Chem.* 56 (6) : 537-540.

- Gould, J.M. 1984. Alkaline peroxide delignification of agricultural residues to enhance enzymatic saccharification. *Biotechnol. Bioeng.* 26 : 46-52.
- Gould, J.M. 1985. Studies on the mechanism of alkaline peroxide delignification of agricultural residues. *Biotechnol. Bioeng.* 27 : 225-231.
- Gould, J.M., Jasberg, B.K. and Cote, G.L. 1989. Structure-function relationships of alkaline peroxide treated lignocellulose from wheat straw. *Cereal Chem.* 66 (3) : 213-217.
- Grethlein, H. 1991. Dietary fibers and a process for their production. U.S. Patent. 4,997,665. Mar.5, 1991.
- Hansen, S.K. and Balle, A.H. 1991. Product and process for preparing a plant fiber product. U.S. Patent. 5,068,121. Nov.26, 1991.
- Hudson, C.A., Chiu, M.M. and Knuckle, B.E. 1992. Development and characteristics of high-fiber muffins with oat bran, rice bran, or barley fiber fractions. *Cereal Foods World.* 37 (5) : 373-378.
- X Hurt, D.H. and Crocco, S.C. 1986. Dietary fiber : marketing implication. *Food Technol.* 40 (2) : 124-126.
- Inglett, G.E. 1991. Method of making a soluble dietary fiber compositions from oats. U.S. Patent. 4,996,063. Feb.26, 1991.

Ingllett, G.E. 1992. Method of making a soluble dietary fiber compositions from cereals. U.S. Patent. 5,082,673. Jan.21, 1992.

● Ink, S.L. and Hurt, D.H. 1987. Nutritional implication of gums. Food Technol. 41 (1) : 77-82.

Jasberg, B.K., Gould, J.M. and Warnen, K. 1989. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods, alkaline peroxide-treated lignocellulose in chocolate cake. Cereal Chem. 66 (3) : 209-213.

Jeltema, M.A., Zabik, M.E. and Thiel, L.J. 1983. Prediction of cookies quality from dietary fiber components. Cereal Chem. 60 (3) : 227-230.

Karinen, P. and Lehtomaki, I. 1990. Procedure for producing fine fiber, and fine fiber. PCT International Patent Application. WO 90/10392. Sep.20, 1990.

✓ Lee, S.C., Prosky, L. and De Vries, J.W. 1992. Determination of total, insoluble and soluble dietary fiber in foods- Enzymatic-Gravimetric method, MES-TRIS buffer : Collaborative study. J. AOAC. International. 75 : 395-461.

Li, B.W. and Andrews, K.W. 1988. Simplified method for determination of total dietary fiber in foods. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 71 : 1063.

✓ Li, B.W. and Cardozo, M.S. 1992. Nonenzymatic-gravimetric determination of total dietary fiber in fruits and vegetables. J. AOAC. International. 75 : 372-374.

- Marlett, J.A. 1990. Analysis of Dietary Fiber in Human Foods. *In* Dietary Fiber : Chemistry, Physiology and Health Effects. (Kritchevsky, D., et al., eds.) pp.31-48. New York and London : Plenum Press.
- Mills, S.H. and Tarr, R.E. 1992. Fruit juice plus citrus fiber. U.S. Patent. 5,108,774. Apr.28, 1992.
- Ning, L., Villota, R. and Artz, W.E. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin-screw extrusion. *Cereal Chem.* 68 (6) : 632-636.
- ⓪ ● Olson, A., Gray, G.M. and Chiu, M.C. 1987. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. *Food Technol.* 41 (1) : 71-80.
- Pomeranz, Y, Shogren, M.D., Finney, K.F. and Bechtel, D.B. 1977. Fiber in breadmaking-effects on functional properties. *Cereal Chem.* 54 (1) : 25-41.
- ✓✓ Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., De Vris, J.W. and Furda, I. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products : Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 71 : 1017.
- ✓ Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., De Vris, J.W. and Furda, I. 1992. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products : Collaboratory study. *J. AOAC. International.* 75 : 360-367.

Rabinowitz, I.N. 1992. Extraction of product from almond fruit. U.S. Patent.
5,160,756. Nov.3, 1992.

Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A., Astroth, K. and Posner, E.S. 1990. Distribution of
total and soluble fiber in various millstreams of wheat. J. Food Sci. 55
(5) : 1349-1351.

Ranum, P.M. and Destefanis, V.A. 1989. Bleaching of flour and dietary fiber
products. Cereal Foods World. 34 (12) : 984-988.

Ranhotra, G.S., Gelroth, J.A. and Eisenbraun, G.J. 1991. High fiber white flour and
it's use in cookies products. Cereal Chem. 68 (4) : 432-434.

Reiser, S. 1984. Metabolic aspects of nonstarch polysaccharides. Food Technol.
38 (2) : 107-113.

~~Reiser, S. 1987. Metabolic effects of dietary pectins related to human health.
Food Technol. 41 (2) : 91-99.~~

Salovaara, H. and Kurra, A.M. 1991. Food product containing dietary fiber and
method of making said product. PCT International Patent Application.
WO 91/17672. Nov.28, 1991.

● Schneeman, B.O. 1986. Dietary fiber : Physical and chemical properties, methods
of analysis and physiological effects. Food Technol. 40 (2) : 104-110.

- ④ Schneeman, B.O. 1987. Soluble and insoluble fiber : Different physiological responses. Food Technol. 41 (2) : 81-82.
- ✓ Southgate, D.A.T., Hudson, G.J. and Englyst, H. 1978. The analysis of dietary fiber- the choices of analyst. J. Sci. Fd. Agric. 29 : 979.
- Tarr, R.E., Brukes, A.L. and Mills, S.H. 1991. Method for preparation of ultrafine fiber and derivative fiber- enriched citrus beverages. U.S. Patent. 5,073,397. Dec.17, 1991.
- ✗ Toma, R.B. and Curtis, D.J. 1986. Dietary fiber : effect on mineral bioavailability. Food Technol. 40 (2) : 111-116.
- ✗ Trowell, H.C., Southgate, D.A.T., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A. and Jenkins, D.J.A. 1976. Dietary fiber redefined. Lancet. 1 : 967.
- Van Soest, P.J. and Wine, R.H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feeds, determination of plant cell walls constituents. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 50 : 50.
- ④ Vetter, J.L. 1984. Fiber as a food ingredient. Food Technol. 38 (1) : 64-69.
- Vratanina, D.L. and Zabik, M.E. 1978. Dietary fiber sources for baked products : bran in sugar-snap cookies. J. of Food Sci. 43 (5) : 1590-1594.

Wolters, M.G.E., Verbeck, C., Van Westerop, J.J.M., Hermus, R.J.J. and Voragen, A.G.J.

1992. Comparison of different methods for determination of dietary fiber.

J. AOAC. International. 75 : 626-634.

Wood, G.A.R. 1985. Production. *In Cocoa*. 4th.ed. (Wood, G.A.R. and Lass, R.A.

eds.) pp.541-586. England : Longman Group Limited.

Yamazaki, W.T. 1955. The concentration of a factor in soft wheat flours affecting

cookies quality. *Cereal Chem.* 32 : 26-37.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี QDA

ชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และประเมินลักษณะต่างๆ โดยขีดเครื่องหมาย

“ | ” ลงบนเส้นที่กำหนดให้ตามระดับความเข้มที่ท่านรู้สึก

กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง

1. ลักษณะปรากฏ (ผิวหน้า)

ละเอียด	หยาบ
---------	------

2. สีแปลกปลอม

น้อย	มาก
------	-----

3. กลิ่นเหม็น

น้อย	มาก
------	-----

4. กลิ่นแปลกปลอม

น้อย	มาก
------	-----

5. ความร่วน

น้อย	มาก
------	-----

2. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี Hedonic scale

ชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งประเมินความชอบรวมของแต่ละตัวอย่าง โดยขีดเครื่องหมาย " X " ตามความรู้สึกของท่าน กรุณานับวนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง					
ชอบมากที่สุด					
ชอบมาก					
ชอบปานกลาง					
ชอบเล็กน้อย					
เฉยๆ					
ไม่ชอบเล็กน้อย					
ไม่ชอบปานกลาง					
ไม่ชอบมาก					
ไม่ชอบมากที่สุด					

ข้อเสนอแนะ _____

ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. ความสามารถในการดูดซับน้ำ (ดัดแปลงจาก Ning, *et al.*, 1990)

อุปกรณ์

1. เครื่องเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 10,000 xg

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 2 ก. ใส่ในภาชนะบรรจุขนาดประมาณ 50 มล. แล้วเติมน้ำกลั่น 25 มล.

2. เขย่าให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้อง นาน 30 นาที

3. เหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงที่ 10,000 xg นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 20°ซ

4. รินส่วนใสทิ้ง แล้วเอียงภาชนะบรรจุตัวอย่างนาน 10 นาที เพื่อทิ้งส่วนใสที่

เหลือ

5. ถ่ายตัวอย่างลงภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ทำการหาความชื้น ตามวิธี A.O.A.C. (1990)

การคำนวณ

$$WHC = \frac{(W_1 - W_2)}{W_2}$$

โดยที่ WHC = ความสามารถในการดูดซับน้ำ (ก.น้ำ/ก.ตัวอย่างแห้ง)

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบหาความชื้น

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบหาความชื้น

ภาคผนวก ค. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105°ซ
2. ภาชนะหาคความชื้น (จานอะลูมิเนียมพร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะหาคความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105°ซ เวลา 3 ชม. แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อหนึ่งซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.
3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาคความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 ก. ใส่ลงในภาชนะหาคความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°ซ นาน 5-6 ชม. นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

$$M = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

โดยที่ M = ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกักกลมสำหรับใส่ตัวทำละลายซอกเซต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)
2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้าทิ้งให้เย็นในโถอบความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 3-5 ก. ท่อให้มีดขีดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอกเซต
4. เติมสารทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตาให้ความร้อน
5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชม. โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลับจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชม. นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากชอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อย
7. นำซวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90°ซ จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ซวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มล.
2. ชุดกลั่นโปรตีน
3. ซวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล.
4. ซวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล.
5. บีเปต ขนาด 5, 10 มล.
6. บิวเรต ขนาด 25 มล.
7. ลูกแก้ว
8. กระจกทรง

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น

2. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 : ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 ก. และโซเดียมไฮโอซัลเฟต 5 ก. ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 : ละลายกรดบอริก 40 ก. ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล
6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution : ชั่งเมทิลีนบลู (methylene blue) 0.2 ก. ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 200 มล. และชั่งเมทิลเรด (methyl red) 0.05 ก. ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 50 มล. เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน ต่อ เอทิลแอลกอฮอล์ 1 ส่วน ต่อ น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 ก. ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 ก. และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล.
3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยในเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใสปล่อยทิ้งให้เย็น
4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนหมดควันของกรดซัลฟูริก ปล่อยทิ้งให้เย็น
5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีนให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.
6. จัดอุปกรณ์กลั่น
7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่นโดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8. คูตสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

11. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{Factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับตัวอย่างเป็น มล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็น ก.

Factor = 6.25

(น้ำหนักสมมูลของไนโตรเจน = 14.007)

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาด้วยกระบือเพลิงเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600°ซ เป็นเวลาประมาณ 3 ชม. ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่องให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก
2. เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในด้วยกระบือเพลิงเคลือบที่รู้ น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันทันหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600°ซ และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณถ่าน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ (Lee, et al., 1992)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 400 หรือ 600 มล. (Berzelius beaker)
2. Filtering crucible ชนิดรูพรุนหยาบ ขนาด 40-60 ไมครอน ความจุ 60 มล. เตรียมโดยเผาข้ามคืนในเตาเผาที่อุณหภูมิ 525°ซ แล้วรอให้อุณหภูมิลดลงมาที่ 130°ซ จึงนำเอาครุซีเบลออก จุ่มใน cleaning solution เข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชม. ชะครุซีเบลด้วยน้ำกลั่น น้ำปราศจากอิออน แล้วตามด้วยอะซิโตน 15 มล. ปล่องทิ้งไว้ให้แห้ง เติม celite ประมาณ 1 ก. อบที่อุณหภูมิ 130°ซ เพื่อให้ น้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 1 ชม. บันทึกน้ำหนักของครุซีเบลบรรจุ celite (เทคนิค 4 ตำแหน่ง)
3. เครื่องดูดสุญญากาศ พร้อมขวดสำหรับกรอง ขนาด 1,000 มล.

4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 98 ± 2 และ 60°C และสามารถเขย่าได้
5. เครื่องชั่งอย่างละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
6. เตาเผา (muffle furnace)
7. ตู้อบไฟฟ้า : ควบคุมอุณหภูมิที่ 105°C และ 130°C
8. โถดูดความชื้น
9. เครื่องวัดพีเอช
10. ไมโครปิเปต ความจุ 50-300 ไมโครลิตร
12. เครื่องกวนแบบแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมแท่งแม่เหล็ก

สารเคมี (เตรียมโดยใช้น้ำปราศจากอียอน)

1. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์

1.1 เข้มข้นร้อยละ 85 : ตวง 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 895 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

1.2 เข้มข้นร้อยละ 78 : ตวง 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 821 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

2. Heat-stable α - amylase solution เก็บที่ $0-5^{\circ}\text{C}$

3. Protease : เตรียมสารละลายเอนไซม์ protease 50 มก./มล. ใน

MES/TRIS buffer เก็บที่ $0-5^{\circ}\text{C}$ (เตรียมใหม่ทุกวัน)

4. Amyloglucosidase solution เก็บที่ $0-5^{\circ}\text{C}$

5. Diatomaceous earth : celite 545aw

6. 2% cleaning solution (liquid surfactant type)

7. MES : 2-(N-Morpholino) ethanesulfonic acid

8. TRIS : Tris (Hydroxymethyl) aminomethane

9. MES/TRIS buffer solution (0.05 โมลาร์ MES , 0.05 โมลาร์ TRIS , พีเอช 8.2 ที่ 24°C) : เตรียมโดยละลาย 19.52 ก. MES และ 12.2 ก. TRIS ในน้ำ 1.7 ลิตร ปรับ

พีเอชเป็น 8.2 ที่ 24°C ด้วย 6 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 2 ลิตร

(วิธีการปรับพีเอช, ที่อุณหภูมิ 20°C ปรับพีเอชเป็น 8.3

ที่อุณหภูมิ 24°ซ ปรับพีเอชเป็น 8.2

ที่อุณหภูมิ 28°ซ ปรับพีเอชเป็น 8.1)

10. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.561 นอร์มอล : ตวง 6 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก 93.5 มล. ลงในขวดปรับปริมาตรที่มีน้ำประมาณ 700 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 บดตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. ตัวอย่างที่มีไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ต้องสกัดไขมันโดยใช้ปิโตรเลียม อีเทอร์ 3 ครั้ง ๆละ 25 มล./ก. ก่อนการบด ตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำตาลสูงต้องกำจัดน้ำตาลโดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 85 10 มล./ก. 2-3 ครั้ง อบข้ามคืนที่ 40°ซ ก่อนบด (ต้องนำน้ำหนักของไขมัน น้ำตาล และความชื้นที่หายไป ใช้ในการคำนวณด้วย)

1.2 ชั่งตัวอย่าง 1.000 ± 0.005 ก. 2 ซ้ำ (M_1 และ M_2) ใส่ในบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 400 หรือ 600 มล.

1.3 เติม MES/TRIS buffer 40 มล. กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าจนเข้ากันดี เพื่อไม่ให้ตัวอย่างจับกันเป็นก้อน

1.4 เติมเอนไซม์ Heat-stable α - amylase 50 ไมโครลิตร กวนโดยใช้ความเร็วต่ำ ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ บ่มในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 95-100°ซ 15 นาที โดยให้มีการกวนหรือเขย่าตลอดเวลา (เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 95°ซ ต้องใช้เวลาบ่มโดยรวม 35 นาที)

1.5 เอาบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำ เชี่ยวตัวอย่างที่ติดข้างบีกเกอร์และกระจายตัวอย่างที่ส่วนกันบีกเกอร์ด้วย spatula แล้วใช้น้ำ 10 มล. ชะล้างบีกเกอร์และ spatula

1.6 เติมเอนไซม์ protease 100 ไมโครลิตร ลงในบีกเกอร์ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ บ่มที่อุณหภูมิ 60 ± 1 °ซ 30 นาที โดยมีการเขย่าตลอด

1.7 เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.561 นอร์มอล 5 มล. ลงในบีกเกอร์
ในขณะที่การเขย่า

1.8 ปรับพีเอชเป็น 4.0-4.7 ที่อุณหภูมิ 60°ซ ด้วย 1 นอร์มอล โซเดียม
ไฮดรอกไซด์ หรือ 1 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก

1.9 เติมเอนไซม์ amyloglucosidase 300 ไมโครลิตร ในขณะที่มีการเขย่า
ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ ป่มที่อุณหภูมิ $60 \pm 1^{\circ}\text{ซ}$ 30 นาที เขย่าตลอดเวลา

2. การวิเคราะห์ปริมาณโยอาหารทั้งหมด

2.1 เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 225 มล.
อุณหภูมิ 60°ซ ลงในบีกเกอร์ตัวอย่างจากข้อ 1.9

2.2 นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ ทิ้งให้ตกตะกอนที่
อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชม.

2.3 ล้างและกระจาย celite นครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ด้วย
สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 ใช้เครื่องดูดสุญญากาศ เพื่อให้ celite ติดกับ
แผ่นกรอง

2.4 กรองตัวอย่างผ่านครูซิเบิล ใช้ spatula และสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์
เข้มข้นร้อยละ 78 ในปริมาณที่ช่วยถ่ายตะกอนจนหมด ใช้เครื่องดูดสุญญากาศช่วย

2.5 ล้างตะกอนในครูซิเบิลด้วย 15 มล. ของสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์
เข้มข้นร้อยละ 78 สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และ อะซิโตน ชนิดละ
2 ครั้ง

2.6 นำครูซิเบิลไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105°ซ ซ้ำมคิน ทิ้งให้เย็นในโถดูด
ความชื้น ประมาณ 1 ชม.

2.7 ชั่งน้ำหนักครูซิเบิล (R_1 และ R_2)

2.8 นำตะกอนตัวอย่างในครูซิเบิล 1 ซ้ำ มาหาปริมาณโปรตีน (P) ใช้ 6.25
เป็น conversion factor และนำครูซิเบิลบรรจุตัวอย่างอีก 1 ซ้ำที่เหลือมาหาปริมาณเถ้า (A)
โดยการเผาที่อุณหภูมิ 525°ซ นาน 5 ชม.

3. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

3.1 ล้างและกระจาย celite ในครุชชีเบลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ด้วยน้ำ 3 มล. ใช้เครื่องดูดสุญญากาศช่วย

3.2 กรองตัวอย่างที่เตรียมด้วยวิธีการในข้อ 1 ผ่านครุชชีเบล โดยรองรับส่วนสารละลายด้วยขวดสำหรับกรองที่สะอาด

3.3 ชะบีกเกอร์และล้างตะกอนด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 70°ซ 2 ครั้ง ละครึ่ง 10 มล. รวบรวมสารละลายและน้ำที่ใช้ล้างตะกอนลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มล. แล้วเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำต่อไป

3.4 ล้างตะกอนที่ค้างอยู่ในครุชชีเบลด้วย 15 มล. ของสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และ อะซิโตนชนิดละ 2 ครั้ง (ถ้ามีการล่าช้าในการล้างตะกอน จะทำให้ค่าที่ได้สูงกว่าความเป็นจริง)

3.5 ทำตามวิธีการหาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ตั้งแต่ข้อ 2.6 เป็นต้นไป

4. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้

4.1 นำบีกเกอร์บรรจุสารละลายจากข้อ 3.3 มาประมาณปริมาตร

4.2 เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 อุณหภูมิ 60°ซ ในปริมาณ 4 เท่าของปริมาตรสารละลายตัวอย่าง โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ส่วนหนึ่งชะบีกเกอร์ และขวดสำหรับกรองที่ใช้รองรับตัวอย่าง

4.3 ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชม.

4.4 ทำตามวิธีการหาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ตั้งแต่ข้อ 2.3 เป็นต้นไป

หมายเหตุ ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันโดยไม่ใช้ตัวอย่าง

การคำนวณ

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

โดยที่ B = blank (มก.)

BR_1 และ BR_2 = น้ำหนักตะกอนที่เหลือของ blank ในครุชชีเบลหลังอบ ซ้ำที่ 1
และ 2 ตามลำดับ (มก.)

P_B = น้ำหนักโปรตีนของ blank (มก.)

A_B = น้ำหนักเถ้าของ blank (มก.)

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

โดยที่ DF = ปริมาณใยอาหาร (ร้อยละ)

R_1 และ R_2 = น้ำหนักตะกอนที่เหลือในครุชชีเบลหลังอบ ซ้ำที่ 1 และ 2
ตามลำดับ (มก.)

P = น้ำหนักโปรตีนของตัวอย่าง (มก.)

A = น้ำหนักเถ้าของตัวอย่าง (มก.)

B = blank (มก.)

M_1 และ M_2 = น้ำหนักตัวอย่าง ซ้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (มก.)

6. การวิเคราะห์ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส (Van Soest and Wine, 1967)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชูดหาปริมาณสารเยื่อใย ซึ่งประกอบด้วย ปีกเกอร์ขนาด 600 มล. (Berzelius beaker) อุปกรณ์ควบแน่น และอุปกรณ์ให้ความร้อน
2. Fritted glass crucible ชนิดรูปกรวยทึบ ความจุ 40-50 มล. ถ้างและเผาครุชชีเบลที่อุณหภูมิ 500°ซ ก่อนใช้
3. เครื่องดูดสูญญากาศ
4. ขวดสำหรับกรอง (Filtering flask) ขนาด 1 ลิตร

สารเคมี

1. Acid detergent solution ซึ่งกรดซัลฟูริก 49.04 ก. แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม Cetyl trimethylammonium bromine (CTAB) ลงไป 20 กรัม ผสมให้เข้ากัน
2. Decahydronaphthalene
3. อะซิโตน
4. กรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 72

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. ประมาณ 1 กรัม (S) ใส่ลงในบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มล.
2. เติมสารละลาย acid detergent 100 มล. และ decahydronaphthalene 2 มล. ให้ความร้อนจนเดือดภายใน 5-10 นาที แล้วลดความร้อนลงให้เดือดเบาๆ ต้ม (reflux) ให้เดือดต่อไปอีก 60 นาที
3. กรองผ่านครุชชีเบลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว (W_1) โดยใช้แรงดูดสุญญากาศเบาๆ ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ลงครุชชีเบลด้วยน้ำร้อน ($90-100^{\circ}\text{C}$)
4. เชี่ยวก้อนเยื่อใยที่อยู่ในครุชชีเบลให้กระจายออกโดยใช้ไซ้แท่งแก้ว ล้างด้วยน้ำร้อน ($90-100^{\circ}\text{C}$) 2 ครั้ง โดยคนและแช่ไว้นาน 15-30 วินาที แล้วจึงดูดด้วยเครื่องดูดสุญญากาศ
5. ล้างเยื่อใยในครุชชีเบลด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง พร้อมทั้งกระจายเยื่อใยด้วยแท่งแก้วคน ให้อะซิโตนชะได้ทั่วถึง ใช้แรงดูดสุญญากาศดูดให้แห้ง
6. นำครุชชีเบลไปอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 3 ชม. หรือตลอดคืน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_2)
7. นำครุชชีเบลวางในถาดกันตื้น เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 72 (แช่เย็นไว้ที่อุณหภูมิ 15°C) ลงในครุชชีเบลประมาณครึ่งหนึ่ง แล้วคนด้วยแท่งแก้วคนเพื่อให้เยื่อใยเปียกอย่างทั่วถึง เติมกรดลงไปอีกแล้วคนอย่างสม่ำเสมอ ปล่อยให้เยื่อใยในครุชชีเบล อาจเติมกรดทุกๆ 1 ชม. และควรวางครุชชีเบลไว้ในที่เย็น ($20-23^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 3 ชม.

8. นำครุซีเบลไปกรองเอากรดยอด โดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ แล้วล้างด้วย น้ำร้อนจนหมดกรด ใช้น้ำร้อนชะล้างครุซีเบลและแท่งแก้วคน นำแท่งแก้วคนออก

9. นำครุซีเบลไปอบที่อุณหภูมิ 100°ซ ตลอดคืน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_3)

10. นำครุซีเบลไปเผาที่อุณหภูมิ 500°ซ นาน 2 ชม. หรือจนกว่าไม่มีคาร์บอน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (W_4)

การคำนวณ

$$ADF = \frac{(W_2 - W_1) \times 100}{S}$$

$$L = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{S}$$

$$C = ADF - L$$

โดยที่ ADF = Acid detergent fiber (ร้อยละ)

L = ปริมาณลิกนิน (ร้อยละ)

C = ปริมาณเซลลูโลส (ร้อยละ)

W_1 = น้ำหนักครุซีเบลเปล่า

W_2 = น้ำหนักครุซีเบลและตัวอย่างหลังผ่านสารละลาย acid detergent

W_3 = น้ำหนักครุซีเบลและตัวอย่างหลังผ่านกรดซัลฟูริก

W_4 = น้ำหนักครุซีเบลและตัวอย่างหลังเผา

S = น้ำหนักตัวอย่าง

7. การวัดค่าพีเอช (Collins and Post, 1981)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 1 ก. ลงในภาชนะบรรจุขนาดประมาณ 50 มล. แล้วเติมน้ำปราศจากอีออน 50 มล.
2. วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช

ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ได้ในเปลือกโกโก้หลังการสกัดด้วยสารละลายไซเตียมไฮดรอกไซด์

SV	df	SS	MS	F
ทรีตเมนต์	5	2.5437		
เวลา (T)	1	1.8637	1.8637	4.16 ns
ความเข้มข้น (C)	2	0.0630	0.0315	< 1
T x C	2	0.6169	0.3084	< 1
Error	12	5.3749	0.4479	

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

cv : 11.7 %

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย โปรตีนในเปลือกโกโก้หลัง
การสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

SV	df	SS	MS	F
ทรีตเมนต์	5	2.1270		
เวลา (T)	1	0.6758	0.6758	4.56 ns
ความเข้มข้น (C)	2	1.2282	0.6141	4.14 *
T x C	2	0.2229	0.1114	<1
Error	12	1.7788	0.1482	

* : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

cv : 6.0 %

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ลิกนินในใยอาหารจาก
เปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายไซเตียมไฮดรอกไซด์และ
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

SV	df	SS	MS	F
ทรีตเมนต์	17	104.5563		
ความเข้มข้น (C)	2	27.0142	13.5071	18.11 **
จำนวนครั้งที่ฟอก (B)	1	42.1332	42.1332	56.48 **
อุณหภูมิ (T)	2	17.9814	8.9907	12.05 **
C x B	2	10.9841	5.4920	7.36 **
C x T	4	1.7483	0.4370	< 1
B x T	2	2.4067	1.2033	1.61 ns
C x B x T	4	2.2881	0.5720	< 1
Error	36	26.8546	0.7459	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

cv : 3.8 %

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ค่าสี L ของโยอาหารจาก
เปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

SV	df	SS	MS	F
ทรีตเมนต์	17	1786.3632		
ความเข้มข้น (C)	2	349.0649	174.5324	81.03 **
จำนวนครั้งที่ฟอก (B)	1	1218.2800	1218.2800	565.60 **
อุณหภูมิ (T)	2	111.5484	55.7742	25.89 **
C x B	2	1.1035	0.5517	< 1
C x T	4	11.6405	2.9101	1.35 ns
B x T	2	78.0656	39.0328	18.12 **
C x B x T	4	16.6599	4.1649	1.93 ns
Error	36	77.5425	2.1539	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

cv : 2.7 %

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ค่าสี a ของโยอาหารจาก
เปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

SV	df	SS	MS	F
ทรีตเมนต์	17	33.8262		
ความเข้มข้น (C)	2	8.4398	4.2199	62.49 **
จำนวนครั้งที่ฟอก (B)	1	19.7895	19.7895	293.03 **
อุณหภูมิ (T)	2	0.1598	0.0799	1.18 ns
C x B	2	1.4083	0.7041	10.43 **
C x T	4	0.4561	0.1140	1.69 ns
B x T	2	3.3595	1.6797	24.87 **
C x B x T	4	0.2130	0.0532	< 1
Error	36	2.4312	0.0675	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

cv : 7.5 %

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย ค่าสี b ของโยอาหารจาก
เปลือกโกโก้ที่ผ่านการสกัดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

SV	df	SS	MS	F
ทรีตเมนต์	17	154.1103		
ความเข้มข้น (C)	2	13.4409	6.7204	33.63 **
จำนวนครั้งที่ฟอก (B)	1	95.4408	95.4408	477.55 **
อุณหภูมิ (T)	2	35.6480	17.8240	89.19 **
C x B	2	0.5161	0.2580	1.29 ns
C x T	4	1.1642	0.2910	1.46 ns
B x T	2	5.7223	2.8611	14.32 **
C x B x T	4	2.1778	0.5444	2.72 *
Error	36	7.1947	0.1998	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

* : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ย

cv : 2.5 %

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนลักษณะปรากฏของ
 คุกกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	12.5895	1.3988	5.74 **
ทรีตเมนต์	4	37.4658	9.3664	38.45 **
Error	36	8.7690	0.2435	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 37.1 %

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนสีแปลกปลอมของ
 คุกกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	2.3171	0.2574	4.50 **
ทรีตเมนต์	4	14.1444	3.5361	61.87 **
Error	36	2.0575	0.0571	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 32.5 %

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนกลิ่นเนยของคุกกี้
ผสมโยเกิร์ตจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	86.6896	9.6321	31.40 **
ทรีตเมนต์	4	51.4914	12.8728	41.96 **
Error	36	11.0440	0.3067	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 9 %

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนกลิ่นแปดปลอม
ของคุกกี้ผสมโยเกิร์ตจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	6.5073	0.7230	4.41 **
ทรีตเมนต์	4	19.4349	4.8587	29.62 **
Error	36	5.9046	0.1640	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 37.1 %

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความร่วน
ของคุกกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	59.7318	6.6368	22.92 **
ทรีตเมนต์	4	25.5448	6.3862	22.06 **
Error	36	10.4237	0.2895	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 26.0 %

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความรู้สึกเป็น
ทรายภายในปากของคุกกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	4.3206	0.4800	5.80 **
ทรีตเมนต์	4	19.3927	4.8481	58.53 **
Error	36	2.9821	0.0828	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 31.6 %

ตารางภาคผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความฟาด
ของคูกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	2.7192	0.3021	5.08 **
ทรีตเมนต์	4	6.7465	1.6866	28.38 **
Error	36	2.1393	0.0594	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 48.6 %

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความรู้สึกภายหลังการกลืนของคูกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	9	4.1917	0.4657	4.48 **
ทรีตเมนต์	4	19.0609	4.7652	45.86 **
Error	36	3.7410	0.1039	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 34.1 %

ตารางภาคผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย คะแนนความชอบรวม
ของคูกี้ผสมโยอาหารจากเปลือกโกโก้

SV	df	SS	MS	F
ซ้ำ	54	184.0000	3.4074	2.24 **
ทรีตเมนต์	4	137.7818	34.4454	22.67 **
Error	216	328.2181	1.5195	

** : มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

cv : 18.1 %

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวรุ่งนภา ประกอบกิจ

วัน เดือน ปี เกิด 7 ธันวาคม 2510

วุฒิการศึกษา

วุฒิ

ชื่อสถาบัน

ปีที่สำเร็จการศึกษา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2532

(วาริชศาสตร์)

วิทยาเขตหาดใหญ่

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แห่งชาติ