การใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

Application of Dietary Fiber from Cocoa Husk in Frankfurter Sausage

จรีพร เชื้อเจ็ดตน

Jareeporn Churjedton

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science in Food Technology

Prince of Songkla University

2543

วิทยานิพนธ์ TX553.F53 จ46 2543 ฉ.2

205255

24 ส.ค. 2543

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ผู้เขียน นางจรีพร เชื้อเจ็ดตน

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา	คณะกรรมการสอบ
.....ประธานกรรมการ	.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)	(รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก)
.....ไปราชการต่างประเทศ.....กรรมการ	.....ไปราชการต่างประเทศ.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กนกอร อินทราพิเชฐ)	(รองศาสตราจารย์ ดร.กนกอร อินทราพิเชฐ)
.....ไปราชการต่างประเทศ.....กรรมการ	.....ไปราชการต่างประเทศ.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล)
	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)
	.....กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนชา ตั้งโพธิธรรม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิติ ทฤษฎิคุณ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หอสมุด กุฉหนุ่งพลง อรรถกระวีสุนทร
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่
ได้รับวาน
ปีงบประมาณ 20
วันที่ 23 S.H. 255

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ผู้เขียน นางจรีพร เชื้อเจ็ดตน

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้ในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยการสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกโกโก้ เมื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี พบว่า ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำประกอบด้วยความชื้น โปรตีน เถ้าและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 10.08 6.53 4.20 และ 72.90 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับและยังประกอบด้วย ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เท่ากับร้อยละ 11.46 45.44 และ 20.31 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ มีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพหลวมและโปร่งฟูคล้ายฟองน้ำ มีความสามารถในการดูดซับน้ำเท่ากับ 5.05 กรัมน้ำต่อกรัมใยอาหาร ใยอาหารที่ละลายน้ำประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน เถ้า เท่ากับร้อยละ 19.46 3.71 และ 9.54 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ และประกอบด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำ และเพกติน เท่ากับร้อยละ 65.91 และ 20.81 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ มีการเรียงตัวกันแน่น เมื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณมันแข็ง ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ ในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมคือสูตรที่ 5 ซึ่งมีมันแข็งร้อยละ 22 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 1.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 2.5 ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางกายภาพดังนี้ คือ ลักษณะโครงสร้างมีอนุภาคอัดกันแน่น ค่าต้านแรงเฉือน เท่ากับ 8.51 นิวตัน ความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 73.00 และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มเท่ากับร้อยละ 8.96 มีองค์ประกอบได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำเท่ากับ ร้อยละ 57.70 12.32 23.00 3.29 1.16 2.09 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับและประกอบด้วย สารเยื่อใยเท่ากับร้อยละ 1.24

โดยน้ำหนักเปียก ค่า A_w เท่ากับ 0.98 และค่าพีเอชเท่ากับ 6.55 เมื่อมีการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ปริมาณร้อยละ 0 5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเนื้อสัตว์ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล พบว่า ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ทุกชุดการทดลองมีอายุการเก็บ 9 วัน ยกเว้นไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ปริมาณร้อยละ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเนื้อสัตว์ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศซึ่งมีอายุการเก็บ 12 วัน นอกจากนี้ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ปริมาณร้อยละ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเนื้อสัตว์ และบรรจุในสภาวะสุญญากาศมีค่าทีบีเอต่ำสุดที่ระยะเวลา 9 วัน ของการเก็บรักษา

Thesis Title	Application of Dietary Fiber from Cocoa Husk in Frankfurter Sausage
Author	Mrs Jareeporn Churjedton
Major Program	Food Technology
Academic Year	2000

Abstract

An application of cocoa husk dietary fiber in frankfurter sausage was studied. Cocoa husk consisted of both insoluble and soluble dietary fiber. For insoluble dietary fiber portion, it comprised 10.08 % moisture, 6.53 % protein 4.20 % ash and 72.90 % insoluble dietary fiber. It contained 11.46 % lignin, 45.44 % cellulose and 20.31% hemi-cellulose. Its microscopic structure was loose and sponge-like with water holding capacity of 5.05 g H_2O / g dietary fiber. For soluble dietary fiber portion, it consisted of 19.46 % moisture, 3.71 % protein and 9.54 % ash with 65.91 % soluble dietary fiber and 20.81 % pectin. Its microscopic structure was compact and rigid. A formulation of dietary fiber supplemented frankfurter sausage was developed using dietary fiber as a fat replacer. It was found that the 5th most acceptable formula was a mixture of 22 % pork back fat, 1.5 % insoluble dietary fiber and 2.5 % soluble dietary fiber. The sausage obtained had rigid microscopic structure, 8.51 N shear force, 73 % water holding capacity and 8.96 % cooking loss (on wet weigh basis). It contained 57.70 % moisture content, 12.32 % protein, 23.00 % fat, 3.29 % total dietary fiber, 1.16 % insoluble dietary fiber, 2.09 % soluble dietary fiber and 1.24 % crude fiber with A_w 0.98 and pH of 6.55. As α-tocopherol was incorporated at the level of 0, 5, 10 and 20 mg/kg meat and sausages were kept under normal atmospheric and vacuum packaging at 4 $^{\circ}$C, it was found that

all sausages could be kept for 9 days. However, fiber supplemented sausage with 10 α-tocopherol mg/kg meat and stored under vacuum packaging could be stored for 12 days with the lowest TBA value at days 9 of storage.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความร่วมจากหลายฝ่าย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ คือ รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์.ดร. กนกอร อินทราพิเชฐ และผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุทธวัฒน์ เบญจกุล กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการค้นคว้าตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณรองศาตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร กรรมการผู้แทน คณะอุตสาหกรรมเกษตร ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.อโนชา ตั้งโพธิธรรม กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมพิศ ชูแสงจันทร์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และให้ความอนุเคราะห์วัสดุ ในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีคุณภาพ

ขอขอบคุณคุณแม่ พี่ และน้องๆ ที่เป็นกำลังใจในการศึกษา ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ที่ให้ทุนสนับสนุนการเรียนและการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เงินทุนสนับสนุนในการวิจัย ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยพืชสวน อ.สวี จ.ชุมพรที่อนุเคราะห์วัตถุดิบ คุณสุมิตรา สำเภาพล และเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทผู้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตลอดจนเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

และท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณ คุณเดชาและเด็กหญิงสิรชา เชื้อเจ็ดตน ที่ให้การสนับสนุน ความเข้าใจ ห่วงใยและเป็นกำลังใจที่ดีต่อผู้วิจัยเสมอมา

จรีพร เชื้อเจ็ดตน

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการตารางภาคผนวก	(14)
รายการภาพประกอบ	(16)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	4
วัตถุประสงค์	21
2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ	22
3. ผลและวิจารณ์	33
4. สรุป	81
เอกสารอ้างอิง	84
ภาคผนวก	99
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี	99
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ	119
ภาคผนวก ค การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	123
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์จุลินทรีย์	125
ภาคผนวก จ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	126
ประวัติผู้เขียน	144

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ส่วนประกอบของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์	2
2. องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์	2
3. องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารชนิดต่างๆ	6
4. สูตรไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากวิธีการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1	29
5. สมบัติทางกายภาพของใยอาหาร	34
6. องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหาร	39
7. คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1 ประเมินด้วยวิธีพรรณาเชิงปริมาณ	44
8. คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ครั้งที่ 2 ประเมินด้วยวิธีพรรณาเชิงปริมาณ	45
9. คุณภาพทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร	46
10. องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร	50
11. ค่าต้านแรงเฉือนของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	55

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
12. ความสามารถในการอุ้มน้ำของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	56
13. ค่า L ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	58
14. ค่า a ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	59
15. ค่า b ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	60
16. ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	62

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
17. ค่าความชื้นของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	63
18. ค่า A_w ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	66
19 ค่าพีเอชของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	67
20. ค่าทีบีเอของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	68
21. จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	72
22. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	73

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

23. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 74

24. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเนื้อของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 75

25. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความยึดเกาะตัวของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 76

26. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความรู้สึกในปากของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 77

27. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นผิดปกติของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน 79

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
28. คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE/EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน	80

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่	หน้า
1. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทต่อปัจจัยคุณภาพต่างๆของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการพัฒนาสูตรครั้งที่ 1	126
2. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทต่อปัจจัยคุณภาพต่างๆของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการพัฒนาสูตรครั้งที่ 2	128
3. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านสี ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	130
4. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	132
5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความนุ่มเนื้อ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	134
6. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความยึดเกาะตัว ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	136

รายการตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความรู้สึกในปาก ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	138
8. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านกลิ่นผิดปกติ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	140
9. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความชอบรวม ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน	142

รายการภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ขั้นตอนการสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกโกโก้	26
2. เปลือกโกโก้บดละเอียด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ	34
3. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 x)	36
4. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 x)	36
5. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 x)	37
6. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 x)	37
7. ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐาน (ก) ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหาร (ข)	43
8. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 x)	51
9. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 x)	51
9. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 x)	52

รายการภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
11. ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 x)	52
12. บรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (ก) บรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ (ข)	53
13. ภาคผนวกที่ 1 เครื่อง Llod instrument testing LR 30K	120

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

วิวัฒนาการทางด้านเศรษฐกิจและสังคม มีผลทำให้ลักษณะการดำรงชีวิต รวมทั้งอาหารการกินผิดแผกไปจากบรรพบุรุษ ซึ่งพบว่าประเทศทางซีกโลกตะวันตก ในระหว่างปี 1860 - 1960 มีการบริโภคไขมันเพิ่มขึ้นจากเดิมเกือบร้อยละ 50 (Heaton, 1973) คนไทยในปัจจุบันก็เช่นเดียวกัน มีวิถีการดำรงชีวิตที่เปลี่ยนไปจากเดิม ทั้งหญิงและชาย ต่างก็ต้องช่วยกันทำงานนอกบ้าน เวลาจึงเป็นสิ่งที่มีค่าที่ทุกคนต้องเร่งรีบ เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการบริโภคจึงได้นำแบบอย่างการบริโภคอาหารแบบตะวันตกมาใช้ในชีวิตประจำวัน โดยมีการรับประทานอาหารที่ผ่านการแปรรูปมากขึ้นรวมถึงอาหารที่มีไขมันและเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้น แต่ขณะเดียวกันก็รับประทานอาหารที่มีใยอาหารน้อยลง (ดุษณี สุทธิปรียาศรี, 2532) เมื่อร่างกายได้รับพลังงานเกินกว่าที่ร่างกายต้องการทำให้เกิดโรคอ้วนซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น โรคเบาหวาน โรคไขมันอุดตันเส้นเลือด โรคความดันโลหิตสูง โรคท้องผูก และโรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ (Anderson and Sieling, 1981) การควบคุมอาหารหรือการจำกัดปริมาณของพลังงานที่ได้รับในแต่ละวัน โดยการรับประทานอาหารที่มีใยอาหารสูงและพลังงานต่ำ เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆได้ (Drummond, 1994) ซึ่งสถาบันมะเร็งแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกาได้แนะนำให้บริโภคใยอาหารประมาณ 25 - 35 กรัมต่อวัน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง (Prosky and Devries, 1992)

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ เป็นผลิตภัณฑ์เนื้อที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มีการผลิตประมาณ ร้อยละ 30 ของการผลิตไส้กรอกทั้งหมดในสหรัฐอเมริกาในปี 1967 (Price and Schweigert, 1971) แต่ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จะประกอบด้วยไขมันในปริมาณสูงถึงร้อยละ 30 (Lin, *et al*, 1988) ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 (Ockerman,

1989) ถ้าหากมีการบริโภคอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ร่างกายเกิดการสะสมของไขมันประเภทอิ่มตัวซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพดังได้กล่าวมาแล้ว นอกจากผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์มีปริมาณไขมันสูงแล้วยังไม่มีใยอาหารอีกด้วย

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

ส่วนผสม	ปริมาณ (ร้อยละ)
เนื้อวัว	50.00 - 75.00
เนื้อหมู	25.00 - 50.00
ผงชูรส	0.10 - 0.25
นมผงขาดมันเนย	3.50 - 3.50
เกลือบริโภค	2.75 - 3.50
น้ำตาลทราย	0.50 - 0.50
น้ำหรือน้ำแข็ง	10.00 - 20.00

ที่มา : Ockerman (1989)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	47.90 - 52.20
ไขมัน	29.50 - 32.30
โปรตีน	13.20 - 14.60

ที่มา : Ockerman (1989)

ดังนั้นจึงต้องการเพิ่มปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยการเติมใยอาหารซึ่งสกัดได้จากเปลือกโกโก้เข้าไปในสูตรเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีผู้นิยมบริโภคให้มีใยอาหารสูงขึ้น ซึ่งพบว่าเปลือกโกโก้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 92.21 โดยน้ำหนักแห้ง (รุ่งนภา ประกอบกิจ, 2538) โกโก้ยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญระดับโลกชนิดหนึ่งที่มีอยู่มากในภาคใต้ของประเทศไทย ดังนั้นเปลือกโกโก้จึงหาได้ง่าย เนื่องจากเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง (Valiente, *et. al.*, 1995) Wood (1985) ได้รายงานถึงอัตราส่วนระหว่างเมล็ดโกโก้ต่อเปลือกโกโก้เป็น 1.6 ล้านตัน ต่อ 6 ล้านตันหรือเท่ากับ 1 ต่อ 3.75 ดังนั้นเปลือกโกโก้จึงมีความเหมาะสมในการเป็นแหล่งของใยอาหารในผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพัฒนา จึงเป็นแนวทางในการกำจัดของเสียและเพิ่มมูลค่าของเปลือกโกโก้จากกระบวนการผลิตโกโก้ได้วิธีหนึ่ง

จากเหตุผลดังกล่าวการวิจัยครั้งนี้จึงทำการศึกษา เพื่อพัฒนาสูตรของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ อายุการเก็บรักษาและการยอมรับของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร

การตรวจเอกสาร

1. ใยอาหาร (Dietary fiber)

ใยอาหารหมายถึง กลุ่มของพอลิแซคคาไรด์ ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) สารประกอบเพกติน (pectic substances) มิวซิเลจส์ (mucilage) กัม (gum) และกลุ่มที่ไม่ใช่พอลิแซคคาไรด์ ได้แก่ ลิกนิน (lignin) ซึ่งได้จากเซลล์พืช และสาหร่ายบางชนิด ใยอาหารไม่ถูกย่อยในกระเพาะอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่สามารถย่อยได้บางส่วนโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ (Reiser, 1984) จึงไม่ให้พลังงานและไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของร่างกาย (Southgate, 1981) ใยอาหารมีความแตกต่างจากกากใย (crude fiber) โดยกากใยเป็นส่วนของพืชที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดและด่าง ซึ่งจะมีปริมาณน้อยกว่าใยอาหารประมาณ 1.6 - 15.7 เท่า (Vetter, 1984)

Anderson (1986) ได้แบ่งใยอาหารออกเป็น 2 ประเภท ตามความสามารถในการละลายน้ำ คือ

1.1 ใยอาหารที่ละลายน้ำ (soluble dietary fiber) ประกอบด้วยเพกติน กัม เบต้ากลูแคน มิวซิเลจส์ และเฮมิเซลลูโลสบางชนิด

1.2 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble dietary fiber) ประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส คิวทิน และแวกซ์ ซึ่งองค์ประกอบของใยอาหารชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 3

2. คุณสมบัติและบทบาทของใยอาหารในร่างกาย

นอกจากใยอาหารจะให้ประโยชน์ทางด้านการแพทย์แล้ว พบว่ายังมีประโยชน์ทางด้านอาหารและโภชนาการ ที่สำคัญมีดังนี้คือ

2.1 การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ แม้ว่าใยอาหารไม่สามารถถูกย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ (Southgate and White, 1980) แต่ใยอาหารเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ ผลการย่อยสลายจะขึ้นอยู่กับชนิดของใยอาหาร แบคทีเรียสามารถย่อยสลาย เพกติน มิวซิเลจส์ และกัมได้ดี ในขณะที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้เพียงบาง

ส่วนเท่านั้น เนื่องจากเซลลูโลสมีโครงสร้างที่แข็งแรงยากแก่การย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ผลจากการย่อยสลายของแบคทีเรียในทางเดินอาหารก่อให้เกิดกรดอะซิติก (acetic acid) กรดโปรปิโอนิค (propionic acid) กรดบิวติริก (butyric acid) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน (Cummings, 1981) ซึ่งจะช่วยลดความเป็นกรดเป็นด่างในลำไส้ ส่วนพลังงานที่ได้นั้นสามารถใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมและการเพิ่มจำนวนเซลล์ของแบคทีเรีย จำนวนเซลล์แบคทีเรียที่เพิ่มขึ้นและปริมาณกากอาหารที่ได้จากใยอาหารประเภทไม่ละลายน้ำเป็นส่วนสำคัญให้มีการเพิ่มมวลของอุจจาระ (Schneeman, 1986) จากการศึกษาของ Boriello และคณะ (1978) พบว่าอุจจาระแห้งประกอบด้วยแบคทีเรียถึงร้อยละ 10 - 20 ของน้ำหนัก

2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำภายในโครงสร้าง ความสามารถนี้เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของใยอาหารเพราะช่วยให้กากอาหารในลำไส้มีน้ำหนักมากขึ้นและนุ่มขึ้น ลำไส้จึงขยายใหญ่ขึ้น ช่วยให้ความดันในลำไส้ลดลง เป็นการลดระยะเวลาที่อุจจาระตกค้างในลำไส้ (Jenkins, 1988) ใยอาหารแต่ละชนิดอุ้มน้ำได้ไม่เท่ากัน เฮมิเซลลูโลสอุ้มน้ำได้ดีที่สุด (Eastwood, *et al.*, 1988) เนื่องจากมีหมู่อิสระจำนวนมากซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลของน้ำได้ดี น้ำหนักของอุจจาระที่เพิ่มขึ้นนั้นส่วนใหญ่เป็นผลมาจากใยอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ส่วนไขมันและโปรตีนนั้นไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระ (Cummings, *et al.*, 1978) ใยอาหารที่มีเพกติน มิวซิเลจส์และกัม มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง จนเกิดลักษณะเป็นเจลข้น มีผลทำให้อาหารที่อยู่ในลำไส้มีความหนืดเพิ่มขึ้น ฉะนั้นการดูดซึมอาหารช้าลง ส่วนใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ จะไม่เกิดลักษณะดังกล่าว จึงมีการประยุกต์ใช้ในอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก เพื่อให้อาหารที่รับประทานเข้าไปขยายตัวเพิ่มปริมาณอันจะไปกระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้ ทำให้อุจจาระอ่อนนุ่มและง่ายต่อการขับถ่าย (Schneeman, 1989)

2.3 ความสามารถในการดูดซึมสารอินทรีย์ โครงสร้างของใยอาหารเป็นที่ยึดเกาะของสารอินทรีย์ เมื่อใยอาหารถูกขับออกจากระบบลำไส้ใหญ่ สารอินทรีย์ เช่น กรดน้ำดี คอเลสเตอรอล สารก่อมะเร็งและสารพิษชนิดต่าง ๆ ที่เกาะกับใยอาหารก็จะถูกขับออกจากร่างกายด้วยพร้อม ๆ กัน ทำให้ปริมาณและความเข้มข้นของสารอินทรีย์ดังกล่าวลดลง (Schneeman, 1989)

2.4 ความสามารถในการเปลี่ยนประจุ ใยอาหารจำพวกพอลิแซคคาไรด์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (free carboxylic) ทำให้โมเลกุลมีความเป็นกรด เช่น ลิกนิน เพกติน มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกกับเกลือแร่ได้ดี เนื่องจากมีหมู่คาร์บอกซิลอิสระมาก เมื่อใยอาหารขับถ่ายออกจากร่างกายทำให้สารต่าง ๆ เหล่านี้ถูกขับถ่ายออกนอกร่างกาย (Schneeman, 1989) ซึ่งอาจมีผลต่อร่างกายได้ ถ้ามีการบริโภคใยอาหารมากเกินไปก็จะไปจับกับเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย

ใยอาหารทั้งส่วนที่ละลายน้ำและไม่ละลายน้ำต่างก็มีผลดีต่อร่างกาย Hunnighake และคณะ (1994) พบว่าหนูทดลองที่ได้รับใยอาหารประมาณ 10 - 20 กรัมต่อวันมีปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Lipoprotein ; LDL) ในเลือดลดลง ซึ่งเลือดที่มีปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดดังกล่าวสูงจะเป็นดัชนีบ่งบอกเกิดโรคเส้นเลือดหัวใจตีบตัน (Eder and Gidez, 1982)

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารชนิดต่าง ๆ

ใยอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี	
	สายโซ่หลัก	สายโซ่ข้าง
กลุ่มพอลิแซคคาไรด์		
เซลลูโลส	กลูโคส	ไม่มี
พวกไม่ใช่เซลลูโลส		
เฮมิเซลลูโลส	ไซโลส	อะราบิโนส
	แมนโนส	กาแลคโตส
	กาแลคโตส	กรดกลูคูโลนิก
	กลูโคส	
สารประกอบเพกติน	กรดกาแลคทูโลนิก	แรมโนส

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ใยอาหาร	องค์ประกอบทางเคมี	
	สายโซ่หลัก	สายโซ่ข้าง
		อะราบิโนส
		ไซโลส
		ฟูโคส
มิวซิเลจส์	กาแลคโตส-แมนโนส	กาแลคโตส
	กลูโคส-แมนโนส	
	อะราบิโนส-ไซโลส	
	กรดกาแลคทูโลนิก	
กัม	กาแลคโตส	ไซโลส
	กรดกลูคูโลนิก-แมนโนส	ฟูโคส
	กรดกาแลคทูโลนิก-แรมโนส	กาแลคโตส
กลุ่มไม่ใช่พอลิแซคคาไรด์	ซิพานิวแอลกอฮอล์	โครงสร้าง 3 มิติ
	(sipanyl alcohol)	
	โคนิเฟอร์ริวแอลกอฮอล์	
	(coniferyl alcohol)	
	พี-ควอมาริล แอลกอฮอล์	
	(p-coumaryl alcohol)	

ที่มา : Schneeman (1986)

3. กรรมวิธีการสกัดใยอาหาร

กรรมวิธีการสกัดเพื่อให้ได้ใยอาหารที่สามารถเติมในอาหารควรเป็นกรรมวิธีที่ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส Hansen และ Balle (1991) กล่าวว่าการเตรียมใยอาหารจะต้องคำนึงถึงลักษณะต่าง ๆ 5 ประการคือ 1) ไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของมนุษย์ 2) เมื่อเติมในอาหารแล้วต้องไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส 3) มีคุณสมบัติดูดซับน้ำและไขมันในปริมาณที่เหมาะสม สามารถประยุกต์ใช้ในอาหารได้โดยไม่ต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการเตรียม 4) ใยอาหารที่ได้ควรมีสีขาว 5) วัตถุดิบที่ใช้เตรียมใยอาหารต้องไม่มีองค์ประกอบที่เป็นอันตราย

กรรมวิธีสกัดใยอาหารจากแหล่งต่าง ๆ สามารถทำได้โดยวิธีการทางกล วิธีการทางเคมี หรือวิธีการทางเอนไซม์ โดยมีการปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสมกับแหล่งใยอาหารต่างๆ เนื่องจากแหล่งใยอาหารแต่ละชนิดมีองค์ประกอบต่างกัน (Grethlein, 1991) Gould (1984, 1985) เสนอการใช้ อัลคาไลด์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พีเอช 11.5 ในการสกัดลิกนินจากฟางข้าว ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถสกัดลิกนินได้ประมาณร้อยละ 50 เนื่องจากอัลคาไลด์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถออกซิไดซ์ลิกนินให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลงและละลายน้ำได้ แต่เฮมิเซลลูโลสส่วนมากละลายออกไปด้วย โดยเฉพาะเมื่อพีเอชของสารละลายมากกว่า 10 นอกจากนี้พบว่าการใช้สารละลายด่างที่มีพีเอชน้อยกว่า 12 เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สามารถสกัดลิกนินได้น้อยมากประมาณร้อยละ 5 - 10 ในขณะที่เฮมิเซลลูโลส ยังเหลืออยู่ในปริมาณมาก Miguel และคณะ (1990) ได้เตรียมรำข้าวสาลีที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 16.6 ซึ่งได้ผ่านการยับยั้งเอนไซม์ไลเปส โดยการใช้ไอน้ำที่ อุณหภูมิ 100 - 102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที แล้วนำมาอบแห้งจนกระทั่งมีความชื้นร้อยละ 7.5 จากนั้นนำมาบดละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช Quaglia และ Carletti (1993) ได้เตรียมใยอาหารจากหัวผักกาดหวาน โดยการนำมาต้มในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 20 และ 30 นาที ภายใต้ความดันปกติเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1.2 บาร์ และพบว่าวิธีการเตรียมโดยการต้มที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 1.2 บาร์ มีผลให้มีปริมาณใยอาหารลดลง ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ

50 และ 100 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดันปกติพบว่าไม่มีผลในการเปลี่ยนแปลงปริมาณใยอาหาร Aoe และคณะ (1993) ได้ศึกษาการสกัดใยอาหารที่ละลายน้ำจากรำข้าว พบว่า การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ พีเอช12 แล้วตกตะกอนใยอาหารที่ละลายน้ำด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ให้ผลผลิตสูงสุดมีการเปลี่ยนแปลงสีและองค์ประกอบที่ไม่ต้องการน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ พีเอช 14 โซเดียมคาร์บอเนต พีเอช 11 กรดอะซิติก พีเอช 3 และกรดไฮโดรคลอริก พีเอช 0.5

4. **การประยุกต์ใช้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร**

ใยอาหารที่นำมาประยุกต์ใช้สามารถแบ่งตามคุณสมบัติในการละลายพบว่า ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มักใช้เติมในขนมปัง แฮมเบอร์เกอร์ ไส้กรอกอิมัลชั่น คุกกี้ อาหารคบเคี้ยว พิซซ่า แหล่งของใยอาหารเหล่านี้ ได้แก่ รำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี รำข้าวโพด ส่วนใยอาหารที่ละลายน้ำมักเติมในอาหารที่มีลักษณะเหลว เช่น เครื่องดื่มต่าง ๆ โยเกิร์ต น้ำสลัด ไอศกรีม (สมจินตนา สุมิตสวรรค์, 2539 ; Grethlein, 1991) Pomeranz และคณะ (1977) ได้ศึกษาการเติมรำข้าวสาลีลงในขนมปังโดยเติมทดแทนแป้งสาลีปริมาณร้อยละ 0 - 15 พบว่า รำข้าวสาลีทำให้การดูดน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 และทำให้ปริมาตรของขนมปังลดลง เนื่องจากการกักเก็บก๊าซได้น้อยลง และมีผลให้เนื้อสัมผัสภายใน สีและความนุ่มของขนมปังลดลง

Altomare และคณะ (1984) ได้นำแกนสับปะรดมาขจัดน้ำตาลส่วนที่เหลืออยู่ให้หมดไป จากนั้นอบให้แห้งและบดเป็นผงเหมือนแป้ง นำมาใส่แทนที่ส่วนผสมซึ่งมีพลังงานสูง เช่น แป้ง ไขมัน น้ำตาล เป็นการช่วยลดพลังงานของผลิตภัณฑ์ได้ 1 ใน 3 และสามารถใช้ใยอาหารในปริมาณร้อยละ 50 - 75 หรือมากกว่า ใยอาหารนี้มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ 10 - 30 กรัมต่อ 1 กรัมของใยอาหาร และอาจเติมในอาหารหลายชนิดเพื่อเพิ่มใยอาหาร สุขศิริ โตกระแสร์ (2538) ได้ทำการศึกษา การผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำใยอาหารสูง โดยการผสมใยอาหารจากผลฝรั่ง ในปริมาณร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำที่เติมใยอาหาร ร้อยละ 5 ได้รับการยอมรับไม่ต่างจากสูตรมาตรฐาน มีพลังงานลดลงร้อยละ 4.5 ใยอาหารเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.65 รุ่งนภา ประกอบกิจ (2538) พบว่าเปลือกโกโก้ประกอบด้วย ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำมีอยู่ประมาณร้อยละ 48.40 และ 11.55 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อทำ

การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของวัตถุดิบ แล้วทำการอบแห้งและบดจะได้ผงสีขาวอมเหลือง พบว่า มีปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ใยอาหารที่ละลายน้ำ ลิกนินและเซลลูโลส เท่ากับร้อยละ 90.32 2.27 20.82 และ 5.09 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยสามารถนำใยอาหารดังกล่าวไปทดแทนแป้งในคุกกี้ได้ร้อยละ 5

5. **การใช้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์เนื้อ**

Claus และคณะ (1991) พบว่าการเติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต ถั่วลิสง และจากหัวบีท ในปริมาณร้อยละ 3.5 สามารถช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกโบโลญา ช่วยปรับปรุงสีของไส้กรอกและลดปริมาณการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการหุงต้มเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกที่เติมน้ำลงไปแทนที่ไขมันที่ลดลงและไม่ได้เติมใยอาหารดังกล่าว Troutt และคณะ (1992) ศึกษาการใช้ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนในผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบดมีสัดส่วนดังนี้คือ 1) โพลีเดกโตรส (polydextrose ; PD) ร้อยละ 0.4 2) ใยอาหารจากหัวบีท (sugarbeet fiber ; SF) ร้อยละ 3.5 3) ใยอาหารจากข้าวโอ๊ต (oat fiber ; OF) ร่วมกับโพลีเดกโตรส ร้อยละ 2.0 และ 0.4 (OF - PD) 4) ใยอาหารจากหัวบีท ร่วมกับแป้งมันฝรั่ง (potato starch) และโพลีเดกโตรส ร้อยละ 1.0 0.5 และ 2.0 (SF - PS - PD) 5) ใยอาหารจากข้าวโอ๊ต ร่วมกับแป้งมันฝรั่งและโพลีเดกโตรส ร้อยละ 2.0 0.5 และ 1.0 (OF - PS - PD) 6) ใยอาหารจากถั่ว (pea fiber) ร่วมกับแป้งมันฝรั่ง และโพลีเดกโตรส ร้อยละ 2.0 0.5 และ 1.0 (PF - PS - PD) พบว่าเนื้อวัวบดที่มีการเติมใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนมีการสูญเสียเนื่องจากการหุงต้มลดลงเพราะส่วนผสมเหล่านี้มีความสามารถในการจับน้ำได้ดี จึงลดการสูญเสียเนื่องจากการหุงต้มได้ Bollinger (1994) ศึกษาการใช้ใยอาหารจากข้าวสาลีในผลิตภัณฑ์เนื้อปริมาณร้อยละ 2 พบว่าใยอาหารมีคุณสมบัติในการเพิ่มความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ ดูดซับไขมันและลดพลังงานของผลิตภัณฑ์เนื้อที่ได้ Christensen และ Mogensen (1995) ศึกษาการเติมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแห้งและทดลองเปรียบเทียบสัดส่วนใยอาหารในแต่ละสูตรของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแห้งที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 25 ประเมินผลด้วยประสาทสัมผัสพบว่าได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาเปรียบเทียบแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นไส้กรอกแห้งที่มีการเติมแครอท ได้

ผ่านการยอมรับน้อย เพราะสีที่เกิดจากแครอทมีมากเกินไป อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ (2540) ศึกษาการใช้เจลแป้งบุก ทดแทนปริมาณไขมันในไส้กรอกหมู 4 ระดับ คือ ร้อยละ 62 64 66 และ 68 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ไส้กรอกหมูที่มีการทดแทนไขมันร้อยละ 62 และ 64 โดยน้ำหนักไขมัน มีค่าสี ความแน่นเนื้อ ความชุ่มฉ่ำ การกระจายตัวในปาก และความยืดเกาะตัว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับไส้กรอกหมูที่ไม่มีการเติมเจลแป้งบุกแต่มีความแน่นเนื้อมากกว่าไส้กรอกหมูที่มีการเติมเจลแป้งบุกร้อยละ 66 และ 68 ไส้กรอกหมูที่ไม่มีการเติมเจลแป้งบุกมีค่า L (ค่าความสว่าง) สูงกว่าและค่า a ต่ำกว่าไส้กรอกหมูที่เติมเจลแป้งบุก (ค่า L จะเป็นค่าความสว่าง เมื่อมีค่า L เป็น 0 จะให้สีดำ และเมื่อค่า L เป็น 100 จะให้สีขาว ส่วนค่า a เป็นค่าของสีแดง เมื่อ a เป็นบวก และเป็นค่าของสีเขียวเมื่อ a เป็นลบ) จึงทำให้ไส้กรอกหมูที่มีการเติมเจลแป้งบุกมีสีแดงเข้มกว่าไส้กรอกหมูที่ไม่มีการเติมเจลแป้งบุก แต่ปริมาณการเติมเจลแป้งบุกจะไม่มีผลต่อค่าแรงตัดขาด (cutting force) ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู

6. ผลิตภัณฑ์ไส้กรอก

ไส้กรอก หมายถึงเนื้อสัตว์ที่มีการเก็บรักษาโดยการใช้เกลือ เครื่องเทศ และเครื่องปรุงรสอื่น ๆ บรรจุในไส้หรือแบบ ความแตกต่างของไส้กรอกขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องเทศที่ใช้ สัดส่วนของเนื้อและไขมัน ชนิดของเนื้อและวิธีการผลิต (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536) ชัยณรงค์ คันธพนิต (2523) ได้แบ่งประเภทของไส้กรอกตามลักษณะโครงสร้างภายใน และการลดขนาดของชิ้นส่วนของเนื้อออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่

6.1 กลุ่มบดละเอียดอิมัลชั่น (emulsion) หมายถึง การที่เนื้อถูกบดและสับละเอียดจนทำให้โครงสร้างในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลง เช่น ไส้กรอกเวียนนา แฟรงค์เฟอร์เตอร์ โบโลญาและหมูยอ เป็นต้น

6.2 กลุ่มบดหยาบ (course ground) หมายถึง ไส้กรอกที่เนื้อถูกบดด้วยเครื่องบดเนื้อธรรมดา ซึ่งจะทำให้ขนาดของเนื้อลดลง แต่ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพไปจนกระทั่งถึงในระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ เช่น ไส้กรอกสด ไส้กรอกหมัก กุนเชียง และแหนม เป็นต้น

Price และ Schweigert (1973) แบ่งไส้กรอกตามวิธีการผลิตออกเป็น 5 ชนิด คือ

1. ไส้กรอกสด (fresh sausage) ส่วนใหญ่เป็นไส้กรอกหมู ผลิตโดยการบดเนื้อหมูและไขมันแล้วผสมเครื่องปรุงรส อัดไส้ ต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน เช่น ไส้กรอกหมูสด

2. ไส้กรอกแห้งและกึ่งแห้ง (dry and semi - dry sausage) เป็นไส้กรอกที่มีการหมักแล้วทำให้แห้ง โดยเก็บที่สภาวะควบคุมบรรยากาศ เช่น กุนเชียง ซาลามิ เมื่อจะรับประทานจะต้องทำให้สุกก่อน

3. ไส้กรอกซึ่งผ่านการให้ความร้อนจนสุก (cooked sausage) ทำโดยการบดเนื้อผสมเครื่องปรุงรส อัดไส้ ต้มให้สุก ปกติรับประทานได้เลย เช่น ไส้กรอกต้ม

4. ไส้กรอกซึ่งให้ความร้อนจนสุกและรมควัน (cooked, smoked sausage) เป็นไส้กรอกซึ่งหลังการอัดไส้จะนำไปรมควันและให้ความร้อนจนสุก จึงรับประทานได้โดยไม่ต้องทำให้สุกอีกครั้ง เช่น ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ และไส้กรอกเวียนนา

5. ไส้กรอกรมควันแต่ไม่ผ่านการให้ความร้อน (uncooked, smoked sausage) วิธีการผลิตเช่นเดียวกับไส้กรอกต้มแต่เมื่อรมควันแล้วไม่มีการให้ความร้อน จึงต้องทำให้สุกอีกครั้งก่อนรับประทาน ตัวอย่างของไส้กรอกในกลุ่มนี้ ได้แก่ smoked pork sausage

7. ส่วนประกอบโดยทั่วไปของไส้กรอกอิมัลชั่น

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความหลากหลายมากที่สุดชนิดหนึ่ง ทั้งในด้านรูปแบบ กลิ่น รส เนื้อสัมผัสและลักษณะปรากฏ อย่างไรก็ตามองค์ประกอบหลักของไส้กรอกไม่แตกต่างกันและโดยทั่วไปผลิตจากวัตถุดิบดังต่อไปนี้

7.1 เนื้อสัตว์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของไส้กรอกทุกชนิด ซึ่งมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพดีเนื้อที่ใช้ต้องมีคุณภาพดี ทั้งทางด้านเคมีและจุลินทรีย์ โดยทั่วไปใช้เนื้อหมู เนื้อวัว เนื้อสำหรับผลิตไส้กรอกโดยทั่วไปแบ่งได้ 2 ประเภท คือ binder meat ซึ่งแบ่งย่อยตามความสามารถในการรวมตัวกับไขมันได้อีกเป็น high binder เช่น กล้ามเนื้อแดง medium binder เช่น เนื้อลูกวัว เนื้อส่วนแก้ม และ low binder เช่น กล้ามเนื้อเรียบต่าง ๆ เนื้อจากหัวใจ การเกิดอิมัลชั่นจากเนื้อเหล่านี้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื้ออีกประเภทคือ filler meat เช่น ลิ้น หนัง อวัยวะภายใน เนื้อติดมันที่เจียวน้ำมันบางส่วนออกแล้วที่อุณหภูมิต่ำ ความสามารถในการรวมตัวกับไขมันของเนื้อ

ประเภทนี้ต่ำ ปริมาณการใช้จึงจำกัด ส่วนใหญ่เติมลงไปเพื่อลดต้นทุนการผลิตเพราะราคาถูก การเลือกใช้ต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น อัตราส่วนระหว่างความชื้นต่อโปรตีน อัตราส่วนระหว่างไขมันต่อกล้ามเนื้อแดง และปริมาณรงควัตถุให้เหมาะสม เนื่องจากมีผลต่อคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์รวมทั้งสีด้วย (Price and Schweigert, 1971)

7.2 ไขมัน Forrest และคณะ (1976) กล่าวว่า ไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่ม มีลักษณะปรากฏชวนบริโภค โดยทั่วไปกำหนดให้มีได้ไม่เกินร้อยละ 30 และไขมันที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอกเพื่อให้ได้อิมัลชั่นที่มีเสถียรภาพที่ดีควรมีขนาดอนุภาคที่เหมาะสม เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องและมีจุดหลอมเหลวอยู่ระหว่าง 32.2 - 40.5 องศาเซลเซียส เช่น ไขมันหมู การใช้ไขมันที่มีจุดหลอมเหลวที่สูงกว่านี้ เช่น ไขมันวัว ไขมันแกะ อิมัลชั่นที่ได้มีความเสถียรกว่าแต่ไม่นิยมใช้เพราะระหว่างเคี้ยวจะรู้สึกเป็นไขติดเพดานปาก ผู้บริโภคไม่ยอมรับ (Christian and Saffle, 1967) ส่วนน้ำมันพืชแม้จะมีข้อดีในแง่ไม่ก่อให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการเป็นโรคเส้นเลือดอุดตันแต่ไม่นิยมใช้เพราะปริมาณที่โปรตีนสามารถรวมตัวกับน้ำมันได้มีค่าต่ำ มีขนาดอนุภาคเล็ก แรงตึงผิวสูงอิมัลชั่นที่ได้ไม่มีความเสถียร (Friberg, 1976)

7.3 ความชื้น มีความสำคัญต่อการผลิตและคุณภาพของไส้กรอก โดยทั่วไปในไส้กรอกมีน้ำอยู่ร้อยละ 45 - 55 ของน้ำหนักไส้กรอกทั้งหมด ซึ่งได้จากการเติมน้ำแข็งหรือน้ำเย็นในระหว่างการผลิต ในการเติมน้ำแข็งจะไม่ให้เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนักเนื้อ (Price and Schweigert, 1973) จุดประสงค์ในการเติมน้ำหรือน้ำแข็ง เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ เนื่องจากระหว่างการสับละเอียดและการสร้างอิมัลชั่นจะมีการเสียดสีระหว่างใบมีดกับส่วนผสมอยู่ตลอดเวลาในอัตราความเร็วสูง ดังนั้นอุณหภูมิของส่วนผสมจึงร้อนขึ้นกว่าเดิมและการที่อุณหภูมิสูงขึ้นนี้ก็เป็นประโยชน์ในแง่ที่จะช่วยทำให้โปรตีนของเนื้อถูกปลดปล่อยออกมานอกเส้นใยกล้ามเนื้อได้มากขึ้นแต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 16 องศาเซลเซียส จะทำให้ไมโอไฟบริลลาโปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ โปรตีนจึงหดตัวและหมดความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ที่จะเชื่อมติดระหว่างไขมันและน้ำไว้ได้ จึงทำให้อิมัลชั่นแตกตัวและเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นไขมันหยดเล็กๆ จะไหลเข้ามารวมตัวกันเป็นหยดไขมันขนาดใหญ่แยกตัวออกจากส่วนผสม ดังนั้นจึงมีการเติมน้ำแข็งเข้าไปในระหว่างการผสมเพื่อทำหน้าที่ลดอุณหภูมิ ในส่วนผสมลงและป้องกันการแตกตัวของอิมัลชั่น (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2523)

7.4 ไนไตรท์ ทำหน้าที่ให้ผลิตภัณฑ์มีสีที่น่ารับประทาน ช่วยเพิ่มรสชาติ กลิ่นรส ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะ *Clostridium botulinum* และเป็นสารป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่น กระทรวงสาธารณสุข อนุญาตให้ใช้สารประกอบไนไตรท์ในผลิตภัณฑ์เนื้อได้ไม่เกิน 125 ส่วนในล้านส่วน เพราะสารดังกล่าวเมื่อทำปฏิกริยากับ secondary amines เกิดเป็น nitrosamines ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งแก่ผู้บริโภคได้ (กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ , 2530) ในทางการค้ามีจำหน่ายในชื่อต่าง ๆ กัน เช่น ผงเพรค (praque powder) โดยมีปริมาณที่แนะนำให้ใช้ร้อยละ 0.25 - 0.38 ของน้ำหนักเนื้อ และ Tari colper 40_s ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ 2 กรัมต่อเนื้อ 1 กิโลกรัม (เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, 2536)

7.5 ฟอสเฟต สารประกอบฟอสเฟตมีสมบัติทำให้โมเลกุลของเนื้อจับกันเป็นตาข่าย ป้องกันไม่ให้เลือดและน้ำเกลือซึมออกจากอิมัลชั่น ช่วยให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีการอุ้มน้ำและจับตัวกันได้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้ม ช่วยให้โปรตีนเนื้อสัตว์มีความสามารถในการยึดเกาะกันเองมากขึ้น หั่นเป็นชิ้นบางได้ง่าย ช่วยให้สกัดโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือออกมาในสารละลายได้มากขึ้น ช่วยเพิ่มเสถียรภาพของอิมัลชั่น โดยทำให้ไขมันที่กระจายอยู่ไม่จับเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ในผลิตภัณฑ์ ช่วยเพิ่มเสถียรภาพของสีที่เกิดจากการหมัก (cure) ปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติ นอกจากนี้ยังสามารถป้องกันการเหม็นหืนและจัดเป็นวัตถุกันเสีย สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Pearson and Tauber, 1984 ; Dziezak, 1990) ชนิดที่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อได้แก่ โมโนโซเดียมฟอสเฟต โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต ไดโปแตสเซียมฟอสเฟต โซเดียมแอซิคไพโรฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) Barbut และคณะ (1988) กล่าวว่า โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต มีการนำมาใช้มากที่สุดประมาณร้อยละ 80 อาจจะใช้เดี่ยว ๆ หรือใช้ร่วมกับฟอสเฟตชนิดอื่น ในทางการค้าใช้ชื่อต่าง ๆ กัน เช่น แอคคอด ฟิตคอด (Kramlich, *et al.*, 1980)

7.6 สารปรุงแต่งกลิ่นรส ที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ เกลือ น้ำตาล และเครื่องเทศ เกลือทำหน้าที่ให้รสชาติแก่ผลิตภัณฑ์ ช่วยลดค่า วอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) และทำให้แรงดันออสโมติกของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปมีผลทำให้จุลินทรีย์ลดการเจริญเติบโต (Parks and Carpenter, 1987) นอกจากนี้เกลือเป็นตัวละลายไมโอไฟบริลลาโปรตีน โปรตีนชนิดนี้จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์และมีบทบาทสำคัญในการห่อหุ้มไขมัน (Swasdee, *et al.*, 1982) น้ำตาลทำ

ให้รสชาติของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ช่วยเพิ่มความหวาน โดยทั่วไปใช้น้ำตาลซูโครสหรือเดกโตรส ร้อยละ 0.5 - 1.0 เครื่องเทศ เช่น พริกไทย ยี่หร่า ดอกจันทน์ ใช้ปรับปรุง ดัดแปลงกลิ่น และรสชาติของผลิตภัณฑ์ให้เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เครื่องเทศบางชนิด เช่น sage ยังช่วยป้องกันการหืนของไขมันได้ด้วย (Forrest, *et al.*, 1976)

7.7 สารที่ช่วยในการรวมตัวและสารที่เพิ่มน้ำหนัก (Extenders, Binders และ Fillers) เป็นสารอื่นที่ไม่ใช่เนื้อสัตว์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของอิมัลชั่น เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ เพิ่มกลิ่นรส ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการให้ความร้อน ทำให้ผลิตภัณฑ์ตัดเป็นชิ้นบางได้ง่ายและลดต้นทุนการผลิต เช่น นมผงพร่องมันเนย แป้งถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลือง ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถ้ามีความสามารถในการอิมัลซิฟายไขมันต่ำแต่อุ้มน้ำได้ดีจะเรียกว่า extenders ส่วน fillers หมายถึงส่วนผสมที่มีแป้ง (starch) สูง มีโปรตีนต่ำ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี แป้งมันสำปะหลัง fillers อุ้มน้ำได้แต่ความสามารถในการอิมัลซิฟายไขมันต่ำ เช่นเดียวกับ extenders สารทั้ง 3 ประเภท มีข้อจำกัดในการใช้ไม่เกินร้อยละ 3.5 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ยกเว้นโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ 2 ถ้าใช้ปริมาณมากกว่านี้ต้องระบุคำว่า "เลียนแบบ" ลงบนฉลาก (Rakosky, 1970 ; Price and Schweigert, 1971)

7.8 แอสคอร์เบต และอิริทรอเบต มีสมบัติใกล้เคียงกัน ช่วยเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีและรักษาสีที่เกิดขึ้นในไส้กรอก สารนี้มีสมบัติเป็น reducing agent ช่วยชะลอการเกิดกลิ่นหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Kramlich, *et al.*, 1980) นอกจากนี้ยังช่วยเปลี่ยน metmyoglobin เป็น myoglobin ในสภาวะที่เหมาะสมแอสคอร์เบตจะทำปฏิกิริยากับไนไตรท์ ซึ่งเป็นการลดปริมาณไนไตรท์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ จึงสามารถช่วยชะลอการเกิดไนโตรซามีนได้ (Kreuzer, 1974 ; Girard, *et al.*, 1992)

7.9 ไส้บรรจุ ทำหน้าที่เป็นภาชนะบรรจุทำให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างและขนาดต่าง ๆ กัน ไส้บรรจุแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ไส้แท้ (natural casing) ได้จากลำไส้เล็กของสัตว์ต่างๆ เช่น หมู วัว และแกะ เป็นต้น ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือไส้เทียม(artificial casing) ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่บริโภคไม่ได้ ผลิตจากใยฝ้ายใช้ทำพวกไส้กรอกเวียนนา และชนิดที่บริโภคได้ ทำจากพวกคอลลาเจน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ได้จากเนื้อส่วน เอ็น หนัง กระดูก ฯลฯ นิยมใช้กับไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ (Evan, 1960)

8. การเกิดและเสถียรภาพของอิมัลชั่นในไส้กรอก

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและเสถียรภาพของอิมัลชั่นในไส้กรอก ได้แก่

8.1 ปริมาณของโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำเกลือ ได้แก่ ไมโอไฟบริลลาโปรตีน ซึ่งมีไมโอซิน (myosin) และแอคติน (actin) เป็นส่วนประกอบ โปรตีนชนิดนี้ละลายได้เมื่อเติมเกลือร้อยละ 2 - 3 โดยน้ำหนัก โดยเมื่อเติมเกลือแล้วสับไมโอซินและแอคตินจะละลายออกมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อและรวมตัวเป็นสารประกอบแอคโตไมโอซิน (actomyosin) ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เกิดความเหนียวระหว่างสับ และเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 75 - 100 องศาเซลเซียส จะเกิดโครงสร้างแบบตาข่าย (actomyosin network) กักเก็บโมเลกุลของน้ำไว้ภายในได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเหนียวและยืดหยุ่น ในเนื้อหมูและเนื้อวัวมีโปรตีนดังกล่าว ร้อยละ 38.16 และ 45.60 ตามลำดับ (Sone, 1972) ในการผลิตไส้กรอกอิมัลชั่นปริมาณไมโอไฟบริลลาโปรตีนที่สกัดออกจากเนื้อเยื่อได้มีความสำคัญกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีในปริมาณมากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดอิมัลชั่น ปัจจัยที่มีผลในการสกัดไมโอไฟบริลลาโปรตีน ได้แก่ปริมาณเกลือที่ใช้ การใช้เกลือร้อยละ 4 สามารถจะสกัดไมโอซินและแอคติน ได้ปริมาณสูงสุด แต่รสชาติไส้กรอกเค็มจัดเกินไป จึงนิยมใช้เพียงร้อยละ 2 - 3 โปรตีนที่สกัดได้นี้ทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ นอกจากปริมาณเกลือแล้วปัจจัยอื่นที่มีผล ได้แก่ ความเป็นกรด - ด่าง และอุณหภูมิระหว่างการสกัด (Kramlich, *et al.*, 1980) Frank (1960) รายงานว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จะสกัดไมโอไฟบริลลาโปรตีนออกจากเนื้อเยื่อได้มากที่สุด Swift และ Sulzbacher (1963) พบว่าช่วงพีเอชที่เหมาะสมในการสกัดไมโอไฟบริลลาโปรตีนคือ 6.0 - 6.5

8.2 อุณหภูมิระหว่างการเกิดอิมัลชั่น ในระหว่างการสับและการเกิดอิมัลชั่น ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยจะช่วยให้การละลายของโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าสูงเกินไปจะทำให้อิมัลชั่นแตกหรือเสียเสถียรภาพไปเนื่องจากโปรตีนเกิดการแปลงสภาพ และเสียสมบัติในการห่อหุ้มเม็ดไขมัน (Kramlich, 1971) ดังนั้นในช่วงแรกของการสับเนื้อ จะรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 3 - 11 องศาเซลเซียส ถ้าเป็นเครื่องสับที่มีความเร็วรอบช้า อุณหภูมิในการสับเนื้อจะจำกัดให้ไม่เกิน 4 - 7 องศาเซลเซียสซึ่งกำหนดไว้ต่ำกว่าเครื่องสับที่มีความเร็วรอบสูง (อุณหภูมิประมาณ 11 องศาเซลเซียส) เพื่อไม่ให้สับนานเกินไป (Kramlich, 1971)

และในระหว่างสับอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 5 - 11 องศาเซลเซียส ในเวลา 10 - 15 นาที (Kramlich, *et al.*, 1980) ในช่วงการสับเมื่อเติมเครื่องปรุงและไขมันลงในส่วนผสม อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้น การเกิดอิมัลชั่นไขมันของโปรตีนเกิดได้ดีขึ้นและในช่วงสุดท้ายของการสับผสมอุณหภูมิไม่ควรเกิน 10 - 16 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงกว่านี้ โปรตีนบางส่วนอาจเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และความสามารถในการอิมัลซิฟายไขมันด้อยลง ไขมันบางส่วนหลอม ทำให้แรงตึงผิวเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาสเกิดการแยกชั้นจนเสียสภาวะอิมัลชั่นไป (Forrest, *et al.*, 1976)

8.3 เวลาที่ใช้ในการสับ ถ้าใช้เวลาสั้นเกินไป เม็ดไขมันจะมีขนาดใหญ่ สามารถรวมกันและแยกชั้นจากส่วนที่เป็นน้ำได้ง่าย แต่ถ้าใช้เวลามากไป เม็ดไขมันจะมีขนาดเล็กมาก พื้นที่ผิวของเม็ดไขมันเพิ่มมากขึ้น จนปริมาณโปรตีนที่ใช้ในการหุ้มไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการรวมตัวของเม็ดไขมัน และแยกชั้นได้เช่นกัน ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไขมันลดลง 1 เท่า จะทำให้พื้นที่ผิวของเม็ดไขมันเพิ่มขึ้น 1 เท่า เช่น เม็ดไขมันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 ไมโครเมตร เมื่อถูกสับจนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมโครเมตร ทำให้เกิดอนุภาคไขมัน 125 อนุภาค พื้นที่ผิวไขมันเพิ่มขึ้นจาก 7,850 ตารางไมโครเมตร เป็น 39,250 ตารางไมโครเมตร ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ผิว 5 เท่านี้ ทำให้ต้องใช้ปริมาณโปรตีนชนิดละลายในเกลือเพิ่มมากขึ้นเพื่อห่อหุ้มไขมันเล็กๆนี้ให้ได้หมดพื้นที่ผิวที่มากขนาดนี้อาจทำให้เกิดสภาวะ overchoping ของอิมัลชั่น ทำให้โปรตีนที่สกัดได้ซึ่งมีปริมาณคงที่ไม่เพียงพอที่จะห่อหุ้มเม็ดไขมันได้หมด (Forrest, *et al.*,1976)

8.4 ความหนืดของอิมัลชั่น เนื่องจากเม็ดไขมันมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจึงพยายามลอยตัวขึ้นด้านบน ถ้าอิมัลชั่นมีความหนืดต่ำ ไขมันจะลอยขึ้นด้านบนได้ง่าย และเกิดการแยกชั้นจากส่วนที่เป็นน้ำ ทำให้เสถียรภาพของอิมัลชั่นเสียไป (Forrest, *et al.*, 1976) ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของอิมัลชั่น ได้แก่ ปริมาณน้ำในส่วนผสม ถ้ามีอยู่น้อย ความหนืดของอิมัลชั่นจะสูง นอกจากนั้น เวลาในการสับก็มีผลต่อความหนืดเช่นกัน เวลาสับที่เหมาะสมคือประมาณ 10 นาที อิมัลชั่นที่ได้จะมีความหนืดและเม็ดไขมันพอเหมาะ ถ้าเวลามากเกินไป ความหนืดของอิมัลชั่นจะต่ำลง ส่วนพีเอชของเนื้อสัตว์ และความเข้มข้นของเกลือ ถ้ามีค่าเพิ่มขึ้น ความหนืดของอิมัลชั่นจะสูงตามไปด้วย (Girard, *et al.*, 1992)

8.5 ความเป็นกรด-ด่าง ถ้าพีเอชของเนื้อสัตว์ต่ำจนใกล้จุดไอโซอิเลคตริก (isoelectric point) ไมโอไฟบริลลาโปรตีนจะละลายออกมาในเกลือน้อยลง โดยทั่วไปพีเอชของเนื้อสัตว์ที่ผ่าน ระยะเกร็งตัว (rigor mortis) แล้วอยู่ในช่วง 5.3 - 5.7 และจุดไอโซอิเลคตริก อยู่ที่พีเอช ประมาณ 5.0 การหลีกเลี่ยงภาวะเช่นนี้ ทำได้ 3 รูปแบบคือ แบบแรกใช้เนื้อก่อนเกิดระยะเกร็งตัว (rigor motis) แบบที่ 2 แช่แข็งเนื้อจนเกิด ระยะเกร็งตัวอย่างรวดเร็ว แล้วลดขนาดในเครื่องสับนวดขณะที่ยังอยู่ในภาวะแช่แข็งหรือแบบสุดท้ายนำเนื้อสัตว์มาเติมเกลือไนไตรท์และน้ำแข็งเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำประมาณ 2 - 3 ชั่วโมงก่อนสับ ในแต่ละกรณีสามารถสกัดโปรตีนที่ละลายได้ในเกลือเพิ่มขึ้นได้ประมาณร้อยละ 50 (Kramlich, 1971)

8.6 อุณหภูมิระหว่างการรมควันและการทำให้สุก หลังการเกิดอิมัลชั่น ถ้ารมควันโดยการเพิ่มอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เร็วเกินไป หรือทำให้สุกที่อุณหภูมิสูงเกินไป โปรตีนที่ห่อหุ้มรอบไขมันจะหดตัวเร็วมาก ขณะที่ไขมันขยายตัวเร็วเช่นกัน ภาวะเช่นนี้ทำให้โปรตีนที่ห่อหุ้มรอบไขมันเกิดการฉีกขาด และไขมันเคลื่อนย้ายออกมาในตาข่าย (matrix) ซึ่งทำให้ไขมันเป็นชั้นบางที่ส่วนปลายของแท่งไส้กรอกได้ (Pearson and Tauber, 1984)

9. การรมควันและการทำให้สุก

การรมควันมีจุดประสงค์หลักเพื่อทำให้เกิดกลิ่น รส สี และลักษณะผิวที่ผู้บริโภคต้องการทำให้ผลิตภัณฑ์มีผิวเรียบและลอกไส้บรรจุออกได้ง่าย นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิว ควันเตรียมได้จากการเผาขี้เลื่อยจากไม้เนื้อแข็งที่ไม่มียางหรือจากกาบมะพร้าว ซังข้าวโพด ชานอ้อย สารในควันมีมากกว่า 200 ชนิด แต่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารประกอบฟีนอล กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ คาร์บอนิล และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อผลิตภัณฑ์ดูดซับสารเหล่านี้ที่ผิวนอกสารประกอบคาร์บอนิลทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนของโปรตีนเกิดผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล (Duan, 1979) สารประกอบฟีนอลและกรดอินทรีย์มีสมบัติในการทำลายแบคทีเรีย ทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุในการเก็บนานขึ้น นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลยังทำหน้าที่เป็นสารกันหืน ป้องกันการเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันซึ่งมี 2 วิธี คือ ให้ควันสัมผัสโดยตรงกับอาหารในห้องรมควัน และการให้ควันในรูปสารละลายฉีดพ่นลงบนผิวอาหาร หรือผสมลงในอาหารซึ่งปัจจุบันการใช้

ควันในรูปสารละลายเป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกและปลอดภัย เพราะปราศจากสารก่อมะเร็ง (Kramlich, *et al.*, 1980)

ส่วนการทำให้ไส้กรอกสุกมี 3 วิธี คือ การต้ม นึ่งด้วยไอน้ำหรือใช้ลมร้อนจนอุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์สูงถึง 60 - 68 องศาเซลเซียส มีจุดประสงค์หลายประการคือ การทำให้ไส้กรอกมีเนื้อแน่นขึ้น เนื่องจากโปรตีนตกตะกอนและสูญเสียน้ำบางส่วนและช่วยทำให้ไส้กรอกมีสีชมพูซึ่งค่อนข้างอยู่ตัว เนื่องจากความร้อนเปลี่ยนเม็ดสีไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน (nitricoxidemyoglobin) ซึ่งมีสีแดง เป็นเม็ดสีไนโตรฮีโมโครม (nitrosohaemochrome) ซึ่งมีสีชมพูแดง นอกจากนี้ยังเป็นการพาสเจอไรซ์ไส้กรอกเพื่อยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น (Price and Schweigert, 1973) Surkiewiez และคณะ (1977) รายงานว่าไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ผลิตใหม่ๆ จากโรงงานมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 10 โคโลนี ต่อกรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำกว่าในส่วนผสมดิบที่มีจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 5.0×10^4 - 1.0×10^7 โคโลนีต่อกรัม นอกจากนี้ Rao (1984) เปรียบเทียบจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนแปลงไปในไส้กรอกก่อนและหลังการต้มและการรมควัน พบว่าไส้กรอกที่ผ่านการต้มและการรมควันมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียลดลง 2 และ 3 log cycle ตามลำดับและตรวจไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม

10. การบรรจุและอายุการเก็บของไส้กรอก

คุณภาพของไส้กรอกจะลดลงจนบริโภคไม่ได้เนื่องจากสาเหตุหลายประการ อาทิ การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการหมักไม่เพียงพอ รงควัตถุในเนื้อถูกออกซิไดซ์โดยมีแสงและอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้มีสีซีดจางลงจนถึงสีเทา เกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งปนเปื้อนเข้ามากับวัตถุดิบระหว่างการผลิต การบรรจุ การขนส่ง (Kramlich, *et al.*, 1980) การเสียของไส้กรอกเนื่องจากจุลินทรีย์มีหลายลักษณะเช่น การเกิดสีเขียวบริเวณผิวหรือภายใน พบในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์มากกว่าชนิดอื่นๆ เกิดจากเชื้อ *Bactobacillus spp. Leuconostoc spp. Rediococcus spp.* เชื้อแบคทีเรียเหล่านี้จะผลิตสารพวกเปอร์ออกไซด์ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเม็ดสีไนตริกออกไซด์ฮีโมโครโมเจน (nitric oxide haemochromogen) หรือไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบินได้สารออกซิไดซ์พอร์ไพริน (oxidized porphyrin) ซึ่งมีสีเขียว ปฏิกิริยานี้จะไม่เกิดขึ้นเมื่อมีการยับยั้งการทำงานของ

MATERIAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

เอนไซม์คะตาเลส (catalase enzyme) โดยการใช้ความร้อนหรือในสภาพที่มีเกลือไนไตรท์ การเกิดเมือกบริเวณผิวผลิตภัณฑ์ บริเวณไส้โดยเฉพาะไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ในระยะเริ่มแรกจะพบเป็นโคโลนีเดี่ยวๆ ต่อมาจะรวมกันกลายเป็นเมือกสีเทา สามารถใช้น้ำร้อนล้างเมือกนี้ออกได้ โดยลักษณะภายในของผลิตภัณฑ์ยังเหมือนเดิม การเกิดกลิ่นเหม็นเน่าและเกิดกลิ่นรสเปรี้ยว มักเกิดภายในไส้กรอก เป็นผลเนื่องมาจากการเจริญของเชื้อแบคทีเรียชนิด *Streptococcus spp.* และเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2527) อายุการเก็บของไส้กรอกนอกจากจะขึ้นกับสมบัติทางกายภาพ ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ สภาวะการบรรจุและเก็บ ยังขึ้นกับปฏิกิริยาเคมี เช่น การออกซิเดชั่น มีส่วนทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปด้วย ได้แก่ กลิ่นหืนหรือกลิ่นไม่ดีต่าง ๆ การเปลี่ยนแปลงของสีและคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ ทำให้อายุการเก็บลดลง เพื่อเป็นการป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่เกิดขึ้น จึงมีการใช้วัตถุกันหืนเป็นวัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) Houben และคณะ (1998) ศึกษาการเสริมวิตามินอีในปริมาณ 200 IU ในสูตรอาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับเลี้ยงสุกรเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ก่อนทำการฆ่า นำส่วนของเนื้อสันมาผลิตเนื้อหมูบดซึ่งมีปริมาณของวิตามินอี 6.7 - 7.6 มิลลิกรัมต่อเนื้อสัน 1 กิโลกรัม บรรจุในถาดห่อด้วยกระดาษฟอยล์และบรรจุในกล่องพลาสติกลามิเนตชนิดโพลีเอสเตอร์ / เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ / โพลีเอทิลีน ในสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจน ในปริมาณร้อยละ 66 27 และ 7 ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์มาเก็บที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบดที่มีวิตามินอีและบรรจุในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศสามารถป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความเสถียร แต่อายุการเก็บทั้ง 2 สภาวะไม่แตกต่างกัน จิระศักดิ์ วังวิวัฒน์ (2528) รายงานว่า เมื่อไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เกิดการเน่าเสียจะมีปริมาณ แบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกและยีสต์ อยู่ในช่วง 10^7 - 10^8 , 10^6 - 10^7 และ 10^3 - 10^4 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ พีเอชอยู่ในช่วง 5.20 - 5.90 และปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วงร้อยละ 0.67 - 0.76 เพ็ญทิพย์ เหลืองวรพันธ์ (2533) ศึกษาอายุการเก็บไส้กรอกเวียนนา บรรจุที่สภาวะบรรยากาศปกติในถุง โพลีเอทิลีน บรรจุที่สภาวะสุญญากาศในถุงลามิเนตชนิด ไนลอน / โพลีเอทิลีน สภาวะดูดซับก๊าซออกซิเจนในถุงโพลีไวนิลลิดินคลอไรด์ / โพลีเอทิลีนและสภาวะปรับบรรยากาศด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 100 ในถุงเอทิลีนไวนิลอะซิเตต / โพลีไวนิลลิดีนคลอไรด์ /

เอทิลีนไวนิลอะซิเตต ที่อุณหภูมิ 7 - 8 และ 25 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยรายงานว่าผลิตภัณฑ์บรรจุที่สภาวะสุญญากาศ สภาวะดูดซับก๊าซออกซิเจนและสภาวะปรับบรรยากาศด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แสดงลักษณะเน่าเสียภายใน 3 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 7 - 8 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างแตกต่างกันน้อยมาก และทุกตัวอย่าง ยกเว้นตัวอย่างซึ่งบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติเก็บได้นาน 6 วัน Wang และ Muriana (1993) พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ส่วนใหญ่เป็น *Listeria monocytogenes* เมื่อเก็บตัวอย่างไส้กรอกจากซุปเปอร์มาร์เก็ตในรัฐแคลิฟอร์เนีย บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศพบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้ที่ระดับ 0.34 - 2.3 MPN ต่อมิลลิลิตร (Most Probable Number ; MPN) องค์ประกอบภายในไส้กรอกคือ พีเอช ไนไตรท์ที่ใช้และเกลือสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดนี้ได้ (Grau and Vanderlinde, 1992) นอกจากนี้ Blickstad และ Molin (1983) ทดลองเก็บเนื้อหมูรมควันและไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ภายใต้บรรยากาศของ ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในสภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *Lactobacillus* มีปริมาณลดลงมากที่สุดเมื่อเก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รองลงมา คือ ก๊าซไนโตรเจนและในสภาวะสุญญากาศ ตามลำดับ

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาสูตรของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร
2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี จุลินทรีย์ อายุการเก็บรักษา และการยอมรับของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุ

1. เปลือกโกโก้ จากศูนย์วิจัยพืชสวน อ. สวี จ. ชุมพร

2. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ได้แก่ เนื้อหมู มันหมู น้ำตาล เกลือ น้ำแข็งบดละเอียด ฟอสเฟต ไนไตรท์ เครื่องเทศ โซเดียมแอสคอร์เบต โปรตีนนม ไส้บรรจุ

3. สารเคมีที่ใช้ในการสกัดใยอาหาร ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก กรดอะซิติก โซเดียมไฮดรอกไซด์

4. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี ของ ปริมาณไขมัน โปรตีน ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ ลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกติน สารเยื่อใย และค่าทีบีเอ

5. อาหารเลี้ยงเชื้อ สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด ได้แก่ Plate count agar

6. ถุงพลาสติกชนิดโพลีเอทิลีน / เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ (PE / EVOH)

อุปกรณ์

1. เครื่องบดเนื้อ (Meat Grinder) ยี่ห้อ US Berkel

2. เครื่องสับผสม (Bowl Chopper) ยี่ห้อ Hermann Scharfen

3. เครื่องบรรจุ (Stuffer) ยี่ห้อ F. Dick

4. เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด

5. เครื่องวัดสี ระบบ Hunter ยี่ห้อ JUKI รุ่น JP 7100F

6. เครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคป ชนิด scanning (Scanning Electron Microscope) ยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM 5800LV

7. เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Denver Instrument รุ่น PHM61a

8. เครื่องหมุนเหวี่ยง ยี่ห้อ Sorvall รุ่น RC - 5B plus

9. เครื่อง Universal Testing ยี่ห้อ LLOYD รุ่น LR 30K

10. เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติกแบบสุญญากาศ รุ่น Henkovac 1000

11. เครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก

12. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (water activity meter) ยี่ห้อ Novasina รุ่น TH 200

13. เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเชิงปริมาณ ของ ความชื้น ไขมัน โปรตีน ใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ ลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกติน สารเยื่อใย และค่าทีบีเอ

วิธีการ

1. การสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกโกโก้

1.1 ล้างทำความสะอาดเปลือกโกโก้ ตัดแต่งส่วนที่เป็นโรค ตำหนิ และแยกส่วนของกะลาออก สับเป็นชิ้นเล็ก อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

1.2 ทำการสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกโกโก้ ดัดแปลงจาก วิธีของ Graham และคณะ (1988) ; Chou และคณะ (1990) ; Aoe และคณะ (1993) ดังนี้

1.2.1 ใช้วัตถุดิบที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 มาทำการย่อยแป้งออกโดยใช้เอนไซม์อะไมโลกลูโคซิเดส ร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักของเปลือกโกโก้ (พีเอช 4.8) อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง

1.2.2 นำมากรองจะได้ส่วนของวัตถุดิบที่ปราศจากแป้ง (ทำการทดสอบโดยการใช้สารละลายไอโอดีน) จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำ 4 ครั้ง (ทำการทดสอบโดยการใช้สารละลายไอโอดีน) ก่อนจะนำไปทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และบดให้ละเอียด

1.2.3 ผสมตัวอย่างเปลือกโกโก้ผงที่ผ่านการย่อยแป้ง 50 กรัม ผสมกับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น ร้อยละ 2 พีเอช 12 จำนวน 1 ลิตร นำมากวนที่อุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 4 ชั่วโมง

1.2.4 นำส่วนที่สกัดได้มาเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,000 x g เป็นเวลา 20 นาที จะได้ส่วนของตะกอน และส่วนใส เก็บทั้ง 2 ส่วนไว้ใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยส่วนของตะกอนนำไปสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและส่วนใสจะนำไปสกัดใยอาหารที่ละลายน้ำ

1.2.5 นำส่วนของตะกอนมากำจัดเถ้าและโปรตีน โดยการเติมน้ำให้มีความเข้มข้นของตัวอย่างเป็นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้ของผสม มีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ควบคุมอุณหภูมิ 60 - 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 30 นาที กวนตลอดเวลา กรองสารละลายทิ้งไป ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้ง (ในแต่ละครั้งเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม กวนแล้วกรองเอาน้ำทิ้ง)

1.2.6 ทำการฟอกสีและกำจัดลิกนิน โดยการเติมน้ำลงในตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดเถ้าและโปรตีนให้มีปริมาตรเท่าเดิม ปรับพีเอชของสารละลายตัวอย่างให้อยู่ในช่วง 8.5 - 10.8 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ให้ของผสมมีความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 20 ชั่วโมง กรองสารละลายทิ้งไป

1.2.7 ทำการฟอกสีซ้ำอีกครั้ง กรองสารละลายทิ้งไป ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้ง (ในแต่ละครั้งเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม กวน แล้วกรองเอาน้ำทิ้ง)

1.2.8 เติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม ปรับพีเอชของสารละลายเท่ากับ 2.4 ด้วย กรดไฮโดรคลอริก พร้อมกับกวนนาน 30 นาที กรอง ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้ง (ในแต่ละครั้งเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม กวน แล้วกรองเอาน้ำทิ้ง)

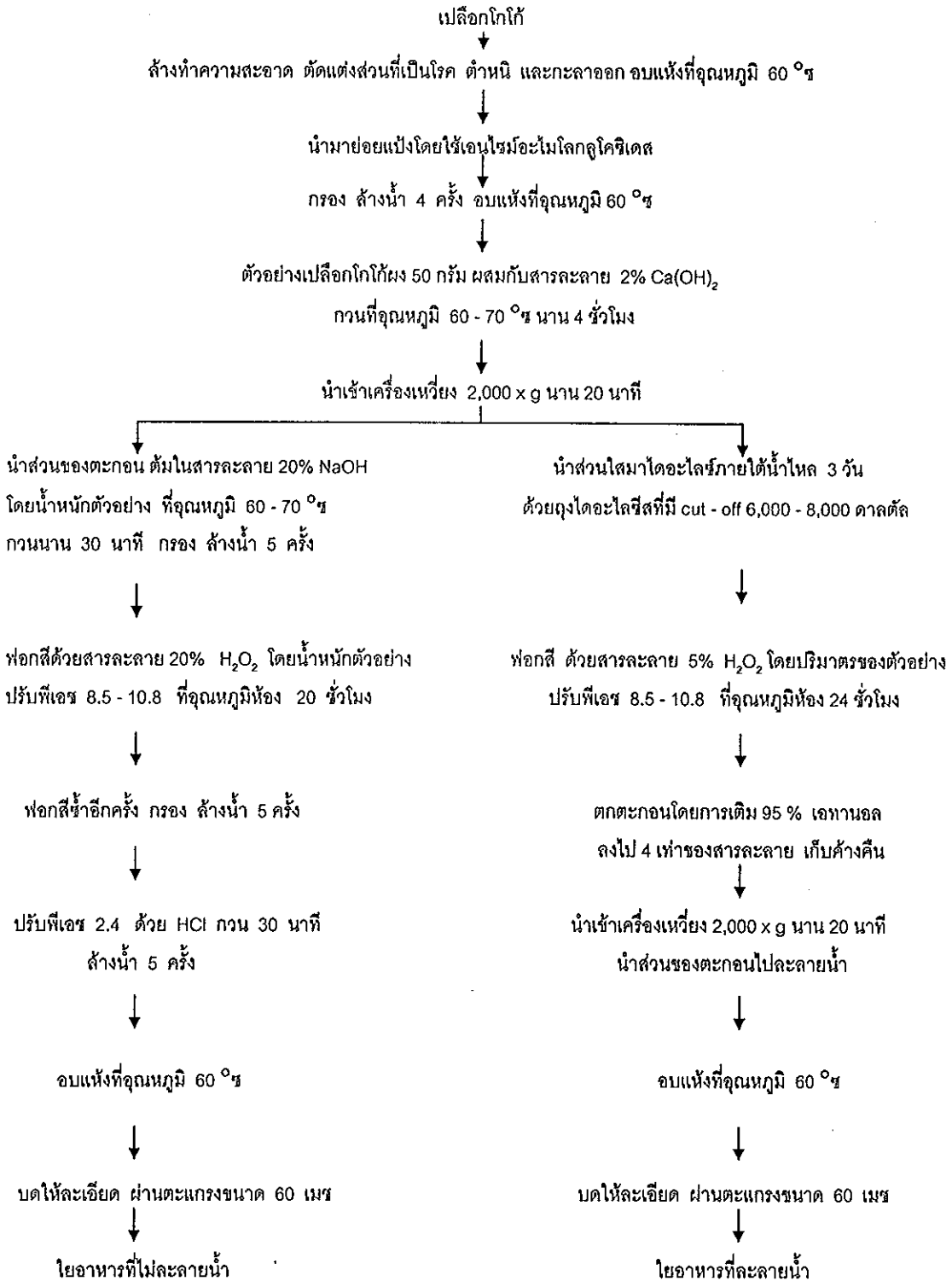
1.2.9 อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 5 ด้วยวิธีการเดิม

1.2.10 นำใยอาหารที่ได้มาบดเป็นผงแล้วผ่านตะแกรงขนาด 60 เมซ จะได้ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (รูปที่ 1)

1.2.11 นำส่วนใสจากข้อ 1.2.4 มาทำการปรับให้เป็นกลางด้วย กรดอะซิติกเข้มข้น หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 นอร์มอล แล้วจึงนำมา ไดอะไลซ์ ภายใต้น้ำไหลเป็นเวลา 3 วัน ด้วยถุงอะไลซีสที่มี cut - off 6,000 - 8,000 ดาลตัน

1.2.12 ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 5 ของปริมาตรตัวอย่าง หลังจากนั้นตกตะกอนโดยการเติมเอทานอลเข้มข้น ร้อยละ 95 ลงไป 4 เท่า ของสารละลายใน ข้อ 1.2.11 เก็บค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง

1.2.13 นำเข้าเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,000 x g เป็นเวลา 20 นาที เก็บส่วนที่ตกตะกอนไปละลายน้ำอีกครั้ง หลังจากนั้นทำให้แห้งจะได้ใยอาหารที่ละลายน้ำ แสดงกระบวนการสกัดใยอาหาร (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำจากเปลือกโกโก้

ที่มา : ดัดแปลงจาก Graham และคณะ (1988) ; Chou และคณะ (1990) ; Aoe และคณะ (1993)

2. วิเคราะห์สมบัติของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ

2.1 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

2.1.1 สมบัติทางกายภาพ

- วัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Juki
- ศึกษาลักษณะโครงสร้างโดยใช้เครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคปชนิด scanning
- ความสามารถในการดูดซับน้ำโดยดัดแปลงจากวิธีของ Ning และ คณะ (1991)

2.1.2 สมบัติทางเคมี

- ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990)
- ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยวิธี ของ Lee และคณะ (1992)
- ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส โดยวิธี ของ Van Soes และ Wine (1967)
- วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

2.2 ใยอาหารที่ละลายน้ำ

2.2.1 สมบัติทางกายภาพ

- วัดค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Juki
- ศึกษาลักษณะโครงสร้างโดยใช้เครื่องอิเล็กตรอนไมโครสโคปชนิด scanning

2.2.2 สมบัติทางเคมี

- ปริมาณความชื้น ปริมาณเพกติน โดยวิธี A.O.A.C. (1990)
- ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยวิธีของ Lee และคณะ (1992)
- วัดค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

3. **พัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้**

การผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐาน โดยใช้สูตรต้นแบบและกระบวนการผลิตจากกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ (2531) ซึ่งประกอบด้วย

ส่วนผสม	ร้อยละ
เนื้อหมู	46.07
มันแข็ง	25.60
น้ำแข็ง	25.60
ไตรโพลีฟอสเฟต	0.23
เครื่องเทศ	0.34
โซเดียมแอสคอร์เบต	0.05
ไนไตรท์	0.09
เกลือ	1.43
น้ำตาล	0.09
โซเดียมเคซิเนท	0.55

3.1 ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณมันแข็งปริมาณร้อยละ 20 - 26 ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำปริมาณร้อยละ 0.5 - 1.5 และปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ ปริมาณร้อยละ 0.5 - 1.5 โดยวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ได้สูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร จำนวน 5 สูตร (ตารางที่ 4) ผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร ตามกรรมวิธีและกระบวนการผลิตจากกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ และทำการทดสอบคุณสมบัติทาง

ประสาทสัมผัสด้าน สี ความแน่นเนื้อ ความนุ่มเนื้อ ความยืดเกาะตัว ความรู้สึกในปาก ด้วยวิธีการทดสอบแบบพรรณาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis ; QDA) (Ston, *et al.*,1974) และความชอบรวมโดยใช้วิธี Hedonic 9 scale (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกแล้วจำนวน 10 คน โดยเสนอตัวอย่างไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารขนาดยาว 1.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น นึ่งน้ำเดือดอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที (Richard, *et al.*, 1995) นำคะแนนที่ได้มาหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างคะแนนตัวอย่าง (S) กับ ค่าอุดมคติ (I) ของแต่ละปัจจัยที่ทำการศึกษา วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่างกับค่าในอุดมคติ (S/I) และอัตราส่วนของค่าในอุดมคติ (I/I) โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง โดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Test) (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2531) เพื่อคัดเลือกสูตรการทดลองที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด ปรับปรุงจนกระทั่งอัตราส่วนเฉลี่ยของ S/I กับอัตราส่วนของ I/I มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เพื่อหาสูตรของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำใยอาหารที่ละลายน้ำ และมันแข็งให้สอดคล้องกับลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ

ตารางที่ 4 สูตรไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากวิธีการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1

สูตรการทดลอง	ร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสม		
	มันแข็ง	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	ใยอาหารที่ละลายน้ำ
1	23	1.5	0.5
2	20	1.5	1.5
3	23	0.5	1.5
4	26	0.5	0.5
5	23	1.0	1.0

3.2 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.1 ศึกษาลักษณะโครงสร้างของไส้กรอก โดยใช้เครื่องอิเล็กตรอนไมโคร สโคป ชนิด scanning

3.2.2 วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกโดยวัดค่าต้านแรงเฉือน (shear force)ด้วยเครื่อง Universal Testing ตามวิธีของ Bourne (1978) ตามรูปและวิธีการในภาคผนวก ข

3.2.3 วัดความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยวิธีของ Hughes และคณะ (1997)

3.2.4 วัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Juki โดยนำตัวอย่างไส้กรอกมาบดให้ละเอียดและมีความสม่ำเสมอก่อนการวัดค่าสี

3.2.5 วัดค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุก ตามวิธีของ Small และคณะ (1995)

3.3 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

3.3.1 ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และสารเยื่อใย โดยวิธี A.O.A.C. (1990)

3.3.2 ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยวิธีของ Lee และ คณะ (1992)

3.3.3 ค่าวอเตอร์ แอกติวิตี้ โดยใช้เครื่องวัดค่า วอเตอร์ แอกติวิตี้

3.3.4 ค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยใช้เครื่อง พีเอชมิเตอร์

3.4 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร

นำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐานและสูตรเสริมใยอาหารซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดจากข้อที่ 3.1 มาศึกษาผลของการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล และบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาวะต่างๆ โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาคือ

3.4.1 เติม อัลฟา - โทโคเฟอรอล ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0 5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของเนื้อสัตว์ที่ใช้ในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ 2 ชนิด ได้แก่ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐาน และสูตรเสริมใยอาหาร

3.4.2 การบรรจุใช้ 2 สภาวะคือ บรรจุผลิตภัณฑ์ในถุงลามิเนตชนิด โพลีเอทิลีน / เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติและสภาวะสุญญากาศ

ดังนั้นแผนการทดลองประกอบด้วยชุดการทดลองเท่ากับ 2 x 4 x 2 จำนวน 16 ชุดการทดลอง ประกอบด้วย

T1	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	0 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T2	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	5 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T3	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	10 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T4	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	20 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T5	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	0 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T6	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	5 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T7	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	10 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T8	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	20 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะสุญญากาศ
T9	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	0 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T10	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	5 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T11	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	10 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T12	= สูตรเสริมใยอาหาร+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	20 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T13	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	0 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T14	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	5 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T15	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	10 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ
T16	= สูตรพื้นฐาน+อัลฟา-โทโคเฟอรอล	20 มก./กก.	เนื้อสัตว์	บรรจุสภาวะบรรยากาศปกติ

เก็บผลิตภัณฑ์ที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บเป็นเวลา 18 วัน ในวันที่ 0 3 6 9 12 15 และ 18 วัน โดยทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์และทางประสาทสัมผัส ดังนี้

(ก) สมบัติทางกายภาพ

1.วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกโดยวัดค่าต้านแรงเฉือนด้วยเครื่อง Universal Testing ตามวิธีของ Bourne (1978)

2. วัดความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยวิธีของ Hughes และคณะ (1997)

3. ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดค่าสี ยี่ห้อ Juki

4. วัดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บตามวิธีของ Karen และคณะ (1997)

(ข) สมบัติทางเคมี

1. ความชื้น โดยวิธี A.O.A.C. (1990)

2. ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้

3. ค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยใช้เครื่อง พีเอชมิเตอร์

4. ค่าทีบีเอ โดยวิธีของ Egan และคณะ (1981)

(ค) ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) โดยวิธี pour plate (AOAC, 1990)

(ง) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ชิมที่ผ่านการฝึกชุดเดิม จำนวน 16 คน จัดชุดการทดลองโดยใช้แผนแบบบลอกไม่สมบูรณ์สมดุล (Balanced Incomplete Block Design ; BIB) ประเภทที่ 4 ($t = 16, k = 6, r = 6, b = 16, \lambda = 2$) (สุรพล อุปดิสกุล, 2526) ประเมินคุณลักษณะโดยวิธี QDA (Ston, *et al.*, 1974) ทางด้านลักษณะสี ความแน่นเนื้อ ความนุ่มเนื้อ ความยืดเกาะตัว ความรู้สึกในปาก กลิ่นผิดปกติ และความชอบรวม โดยใช้วิธี Hedonic 9 scale (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535)

บทที่ 3

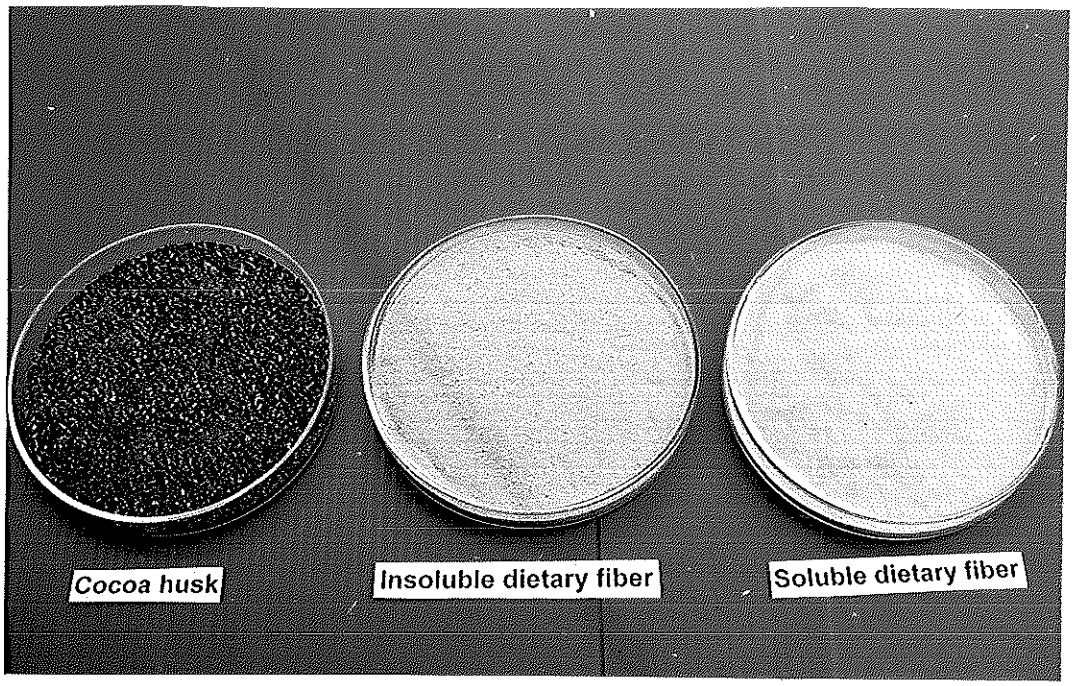
ผลและวิจารณ์

1. สมบัติของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ

1.1 สมบัติทางกายภาพ

1.1.1 ค่าสี

การวัดค่าสีด้วยระบบ Hunter ค่า L จะเป็นค่าความสว่าง เมื่อมีค่า L เป็น 0 จะให้สีดำและเมื่อค่า L เป็น 100 จะให้สีขาว ค่า a เป็นค่าของสีแดง เมื่อค่า a เป็นบวก และเป็นค่าของสีเขียว เมื่อค่า a เป็นลบ ในขณะที่ค่า b ให้ค่าของสีเหลือง เมื่อค่า b เป็นบวกและเป็นค่าของสีน้ำเงิน เมื่อค่า b เป็นลบ (Baker, *et al.*, 1988) ใยอาหารที่สกัดได้หลังจากผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช มีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเหลือง (รูปที่ 2) ผลการวัดค่าสี ในระบบ Hunter (ตารางที่ 5) พบว่า ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มีค่า L, a และ b เท่ากับ 67.30 4.54 และ 19.74 ตามลำดับ ในขณะที่ใยอาหารที่ละลายน้ำ มีค่า L, a และ b เท่ากับ 70.83 0.42 และ 17.74 ตามลำดับ ลักษณะความแตกต่างที่เกิดขึ้น เนื่องจากความแตกต่างในลักษณะโครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหาร เปลือกโกโก้อบแห้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบ ที่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กมากที่สุดแต่ไม่ได้ทำการคัดขนาด มีค่า L, a และ b เท่ากับ 37.92 5.73 และ 12.20 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่า L, a และ b ของใยอาหารทั้งสองชนิด พบว่า ใยอาหารที่ละลายน้ำหลังผ่านการบดและคัดขนาด มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นกว่าใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และมีค่าของสีแดงและสีเหลืองน้อยกว่า เมื่อพิจารณาขนาดอนุภาคของใยอาหารทั้งสองชนิด พบว่าใยอาหารที่ละลายน้ำมีขนาดเล็กกว่า อนุภาคที่เล็กลงทำให้แสงมีมุมกระทบกว้างขึ้นและมีการสะท้อนมากขึ้น (Ranem and Destefanis, 1987) เปลือกโกโก้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดใยอาหารมีสีคล้ำซึ่งเกิดจากรงควัตถุหรือสารประกอบที่ให้สีบางชนิดในขั้นตอนการสกัดโดยใช้เอนไซม์ชนิดต่าง ๆ รงควัตถุหรือสารประกอบดังกล่าวอาจถูกกำจัดไป ส่งผลให้ใยอาหารที่ได้มีสีจางลงและมีความสว่างเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 ลักษณะของเปลือกโกโก้ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพของใยอาหาร

สมบัติ	เปลือกโกโก้	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ*	ใยอาหารที่ละลายน้ำ*
ค่า L	37.92±0.01	67.30±0.12	70.83±0.24
ค่า a	5.73±0.01	4.54±0.10	0.42±0.05
ค่า b	12.20±0.01	19.74±0.13	17.74±0.19
ความสามารถในการดูดซับน้ำ (กรัมน้ำ / กรัมใยอาหาร)	ND[1]	5.05±0.20	ND[1]

หมายเหตุ * ผ่านการบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช

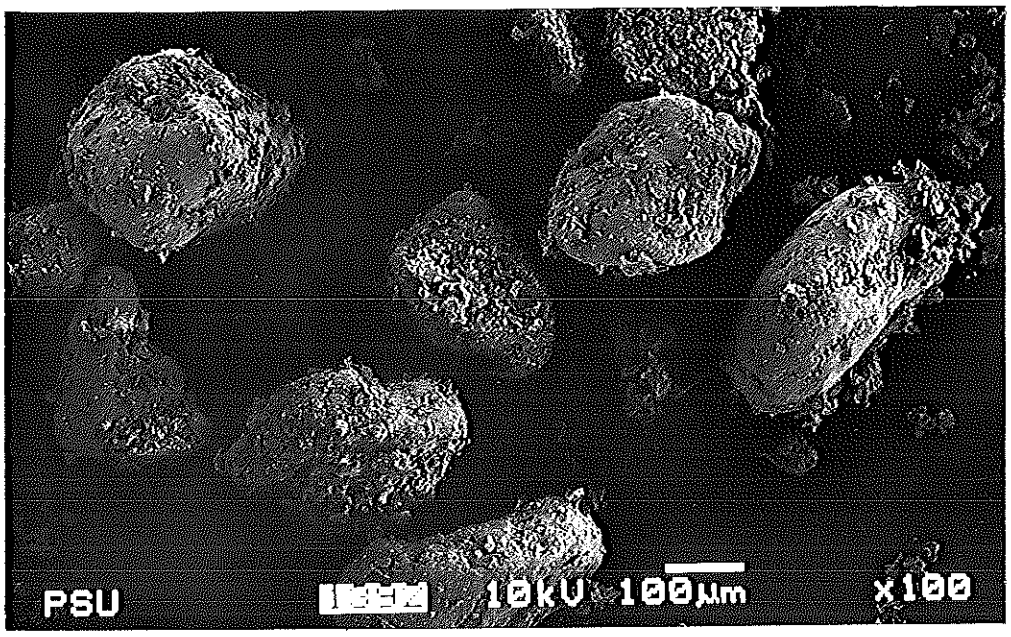
[1] ND = not determined

1.1.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

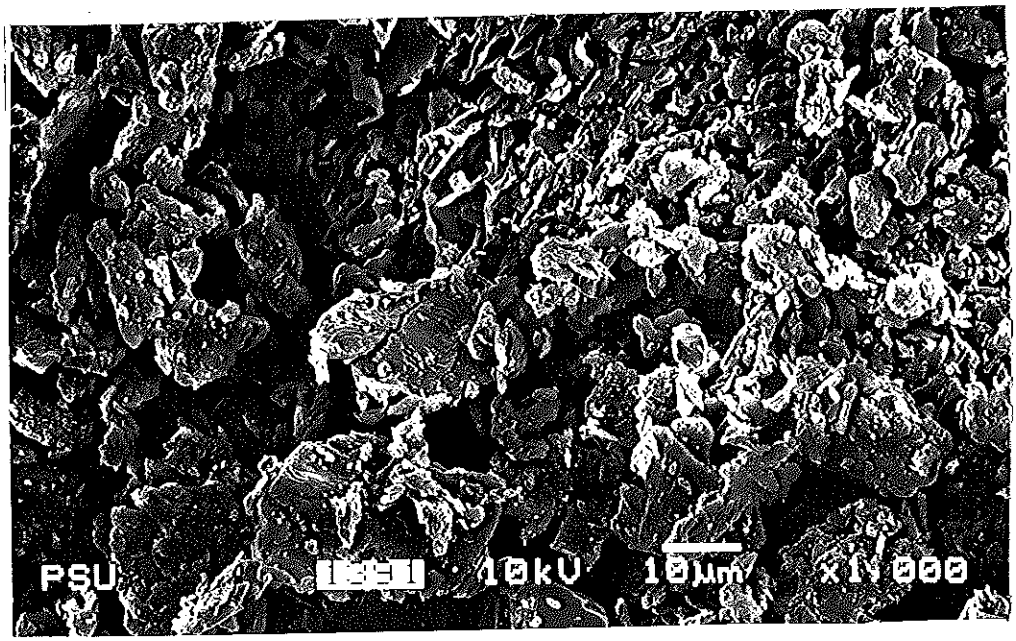
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำที่สกัดได้จากเปลือกโกโก้มีความสามารถในการดูดซับน้ำ เท่ากับ 5.05 กรัมน้ำต่อกรัมใยอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งใยอาหารอื่น ๆ พบว่ามีความสามารถในการดูดซับน้ำแตกต่างกัน เช่น รำข้าวเจ้า รำข้าวโพด รำข้าวโอ๊ต รำข้าวสาลี และใยอาหารจากแอปเปิ้ล มีความสามารถในการดูดซับน้ำ เท่ากับ 1.86 2.94 2.10 5.03 และ 9.36 ตามลำดับ (เพลินใจ ตังคณะกูล และคณะ, 2538; Ning, *et al.*, 1991; Chen, *et al.*, 1988) ความแตกต่างนี้น่าจะเกิดจากความแตกต่างของโครงสร้าง และรูพรุนของผนังเซลล์ของแหล่งใยอาหารแต่ละชนิด ใยอาหารที่มีโครงสร้างโมเลกุลของผนังเซลล์จับตัวกันแน่น และใยอาหารที่ผนังเซลล์มีรูพรุนน้อย จะมีความสามารถดูดซับน้ำต่ำ (Chen, *et al.*, 1988; Gould, *et al.*, 1989; Jasberg, *et al.*, 1989; Ning, *et al.*, 1991)

1.1.3 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ

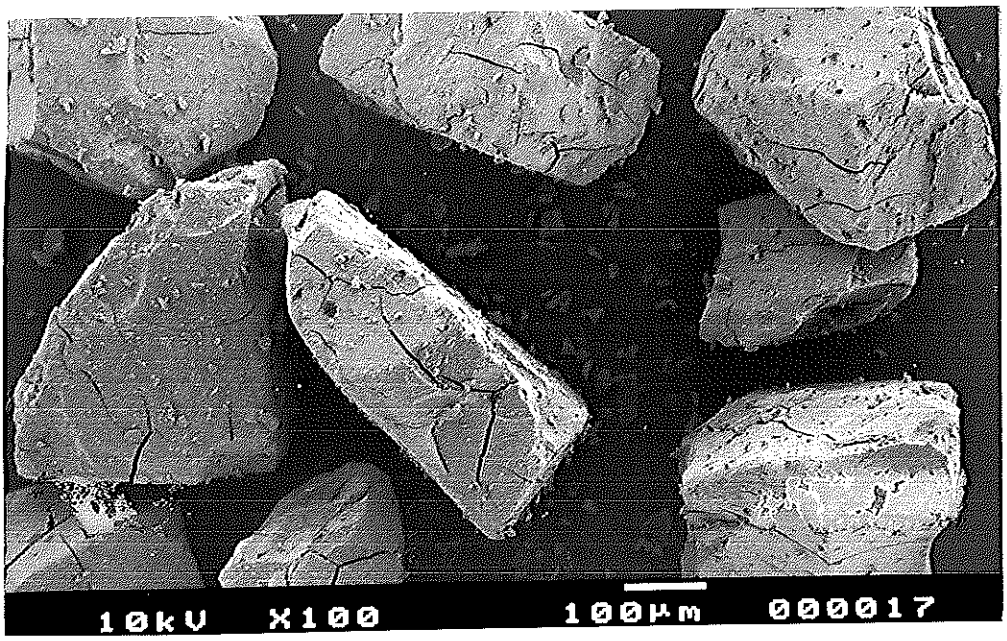
ตรวจลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยใช้กล้อง อิเลคตรอนไมโครสโคป ชนิด Scanning ขนาดกำลังขยาย 100 เท่า และ 1,000 เท่า (รูปที่ 3 4 5 และ 6 ตามลำดับ) พบว่าขนาดของอนุภาคใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีขนาดเฉลี่ย 200 - 400 μm มีลักษณะของอนุภาคเป็นเม็ดเล็ก ๆ ขนาดไม่สม่ำเสมอ บางอนุภาคมีขนาดใหญ่เป็นรูปวงรี บางอนุภาคมีขนาดเล็ก ซึ่งเกิดจากการบดและคัดขนาด (รูปที่ 3) และเมื่อเพิ่มกำลังขยายจาก 100 เท่า เป็น 1,000 เท่า (รูปที่ 4) เพื่อตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางกายภาพในแต่ละอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ พบว่าอนุภาคของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีลักษณะโครงสร้างคล้ายเส้นใยที่จับกันอย่างหลวมและโปร่งฟูคล้ายฟองน้ำ เนื่องจากกระบวนการสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มีการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็นผลให้ลิกนินและเฮมิเซลลูโลสที่ยึดติดอยู่กับเซลลูโลสในผนังเซลล์พืชถูกกำจัดออกไป ในขณะที่เซลลูโลสไม่ถูกกำจัด แต่พันธะไฮโดรเจนบางส่วนที่อยู่ระหว่างโมเลกุลของกลูโคสในโครงสร้างของเซลลูโลสถูกทำลาย ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสหลวมขึ้น ส่งผลให้ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีความสามารถในการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น (Gould, 1985; Kerley, *et al.*, 1986)



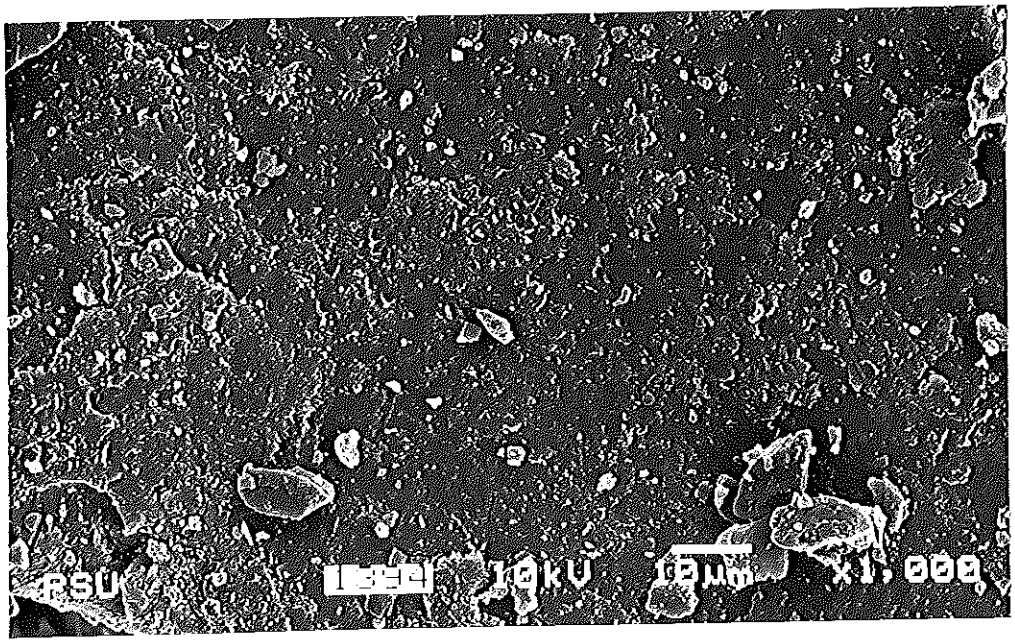
รูปที่ 3 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 X)



รูปที่ 4 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 X)



รูปที่ 5 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 X)



รูปที่ 6 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของใยอาหารที่ละลายน้ำ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 X)

สำหรับใยอาหารที่ละลายน้ำนั้นเมื่อตรวจสอบลักษณะโครงสร้างพบว่ามีลักษณะเป็นก้อนที่มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากการอัดแน่นของอนุภาคขนาดเล็กมากมายในกระบวนการของการทำแห้งก่อนนำมาบดและคัดขนาด (รูปที่ 5) และเมื่อเพิ่มกำลังขยายจาก 100 เท่า เป็น 1,000 เท่า (รูปที่ 6) พบว่า อนุภาคของใยอาหารมีขนาดเล็กและไม่มีลักษณะเป็นเส้นใยซึ่งเมื่อนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์สามารถละลายน้ำได้ดี

1.2 สมบัติทางเคมี

1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหาร

จากตารางที่ 6 พบว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำซึ่งสกัดได้จากเปลือกโกโก้ เป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำถึงร้อยละ 72.90 โดยน้ำหนักเปียก เมื่อเปรียบกับใยอาหารจากแหล่งอื่น เช่นใยอาหารจากถั่วเหลือง แครอท ลูกพรุน ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 64.74 31.61 13.54 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ (Lee, *et al.*, 1992) นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกโกโก้มีค่ามากกว่า เนื่องจากได้ผ่านขั้นตอนของการสกัดเพื่อกำจัดเอาส่วนประกอบอื่นเช่น โปรตีน เถ้า ส่งผลให้สัดส่วนของใยอาหารเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมี ลิกนิน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเถ้า ร้อยละ 11.46 45.44 20.31 และ 4.20 โดยน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ใยอาหารที่สกัดได้มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสน้อยกว่าใยอาหารที่ได้จากหัวบีท ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 22.0 โดยน้ำหนักเปียก (Masuda, 1991) และมีสารอาหารที่ให้พลังงานได้แก่ โปรตีนร้อยละ 6.53 โดยน้ำหนักเปียก ในขณะที่ใยอาหารที่ละลายน้ำ ประกอบด้วย ใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 65.91 โดยน้ำหนักเปียก จะเห็นได้ว่ามีค่าสูงกว่าใยอาหารที่ได้จากแหล่งอื่น ๆ เช่น ใยอาหารจากแอปปิคอต มีค่าเท่ากับร้อยละ 31.42 (Lee, *et al.*, 1992) และมีเพกติน ร้อยละ 20.81 โดยน้ำหนักเปียก นอกจากนี้มีค่าสูงกว่าใยอาหารที่ได้จากหัวบีท ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 19.0 โดยน้ำหนักเปียก (Masuda, 1991)

1.2.2 ค่าพีเอช

จากการวัดค่าพีเอชของใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำพบว่าค่า พีเอชค่อนไปในทางเป็นกรด คือ มีพีเอช เท่ากับ 4.62 เนื่องจากการล้างในกระบวนการสกัดครั้งสุด

ท้าย มีค่าพีเอช เท่ากับ 4.70 ตามที่ Chou และคณะ (1990) แนะนำการล้างโดยให้ล้างจนมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4 - 7 ในขณะที่ใยอาหารที่ละลายน้ำ มีค่าพีเอชค่อนไปในทางเป็นด่าง คือ มีพีเอชเท่ากับ 8.70 เนื่องจากกระบวนการสกัดใยอาหารที่ละลายน้ำใช้สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 2 พีเอช 12 และผ่านขั้นตอนการปรับให้เป็นกลางด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 นอร์มอล ฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 ของสารละลาย (Aoe, *et al.*, 1993) ทำให้ค่าของพีเอชที่ได้ค่อนไปทางด่าง

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของใยอาหาร

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก[1]	
	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	ใยอาหารที่ละลายน้ำ
ความชื้น	10.08±0.21	19.46±0.17
โปรตีน	6.53±0.02	3.71±0.12
เถ้า	4.20±0.13	9.54±0.02
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	72.90±1.18	ND[2]
ลิกนิน	11.46±0.42	ND
เซลลูโลส	45.44±0.48	ND
เฮมิเซลลูโลส	20.31±1.63	ND
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	ND	65.91±1.81
เพกติน	ND	20.81±0.21

หมายเหตุ [1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 3 ครั้ง)

[2] ND = not determined

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้

ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกโดยทั่วไปมีปริมาณมันแข็งสูงถึงร้อยละ 29 - 32 (Ockerman, 1989) และไส้กรอกซึ่งทำการผลิตโดยกลุ่มงานผลิตภัณฑ์สัตว์ กองบำรุงพันธ์สัตว์ กรมปศุสัตว์, 2531) ใช้มันแข็งในปริมาณร้อยละ 25.60 ซึ่งในการทดลองได้ใช้เป็นสูตรพื้นฐาน นอกจากนี้ Troutt และคณะ (1992) ได้ทำการศึกษาการใช้ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนในผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบด พบว่า ผลิตภัณฑ์เนื้อวัวบดที่มีการเติมใยอาหารร้อยละ 0.4 - 3.5 มีการสูญเสียเนื่องจากการหุงต้มลดลง เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสม ของปริมาณมันแข็งใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้จึงได้ทำการผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารโดยใช้แผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ (Mixture Design) และศึกษาปริมาณมันแข็งใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยให้ส่วนผสมทั้ง 3 อย่างรวมกันเป็น 100 กำหนดให้มีการใช้มันแข็งอยู่ในช่วงร้อยละ 20 - 26 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 - 1.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 0.5 - 1.5 ตามลำดับ เมื่อวางแผนแบบมิกซ์เจอร์จะได้ 5 สูตร คือ

สูตร 1	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.5	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 0.5
สูตร 2	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 20	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.5	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.5
สูตร 3	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 0.5	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.5
สูตร 4	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 26	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 0.5	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 0.5
สูตร 5	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.0	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.0

โดยกำหนดให้ส่วนผสมอื่นและเครื่องปรุงมีอัตราส่วนคงเดิมเหมือนสูตรพื้นฐาน เมื่อทำการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้าน สี ความแน่นเนื้อ ความนุ่มเนื้อ ความยึดเกาะตัว ความรู้สึกในปาก ด้วยวิธีการทดสอบแบบพรรณนาเชิงปริมาณ และหาความชอบรวม ด้วยวิธี Hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบชิม 10 คน (ภาคผนวก ค) ทำการวิเคราะห์ผลแบบเรโซโพรไฟล์ นำคะแนนความชอบที่ได้มาหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ยคะแนนความชอบในผลิตภัณฑ์ต่อคะแนนความชอบในอุดมคติ (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย, 2531) จนมี

คะแนนใกล้เคียงกับค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนความชอบในอุดมคติร่วมกับการพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความชอบรวม ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสครั้งที่ 1 แสดงในตารางที่ 7 พบว่า ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทุกสูตรมี ความยึดเกาะตัวและความชอมรวมไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) (ตารางภาคผนวก จ1) ส่วนความแน่นเนื้อ ความนุ่มเนื้อ ความรู้สึกในปาก มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) (ตารางภาคผนวก จ 1) สูตรที่ 4 ซึ่งมีปริมาณมันแข็งสูงถึงร้อยละ 26 มีใยอาหารในปริมาณต่ำ คือ มีใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 0.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 0.5 เป็นผลให้คะแนนความชอมรวมสูงกว่าสูตรอื่น แต่ความแน่นเนื้อและความรู้สึกในปาก ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1 และ 3 ซึ่งมีสัดส่วนของมันแข็งต่อ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ต่อ ใยอาหารที่ละลายน้ำ เท่ากับ 23 ต่อ 1.5 ต่อ 0.5 และ สูตรที่ 3 เท่ากับ 23 ต่อ 0.5 ต่อ 1.5 ตามลำดับ ในขณะที่สูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณมันแข็งร้อยละ 20 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 1.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 1.5 ได้รับการยอมรับทางด้านสีสูงสุด เนื่องจากประกอบด้วย ใยอาหารในปริมาณที่สูง จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าวจะเห็นว่าคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ในแต่ละสูตรแตกต่างกับคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ในอุดมคติ ทั้งนี้เนื่องจากมันแข็งเป็นส่วนประกอบสำคัญ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสนุ่ม มีลักษณะปรากฏชวนบริโภค ส่วนใยอาหารชนิดที่ละลายน้ำ มีองค์ประกอบจำพวกเพกติน เบต้ากลูแคน กัม มิวซิเลจส์ และเฮมิเซลลูโลสบางชนิด ซึ่งทำให้เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำก่อให้การเกิดอิมัลชั่นของส่วนผสมมีความเสถียรที่ดี ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองของ Hughes และคณะ (1997) ที่มีการใช้คาร์ราจีแนนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกไขมันต่ำ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสดังกล่าว จะเห็นได้ว่าคะแนนความชอมรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ในแต่ละสูตรแตกต่างกับคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ในอุดมคติ ($P < 0.05$)

ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด จึงต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้เป็นครั้งที่ 2 ด้วยการปรับปริมาณมันแข็งอยู่ในช่วงร้อยละ 20 - 24 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำอยู่ในช่วง ร้อยละ 1.0 - 2.0 และใยอาหารที่ละลายน้ำให้อยู่ในช่วง ร้อยละ 1.0 - 4.0 สำหรับส่วนผสมอื่นยังคงเดิมเหมือนสูตรพื้นฐานเมื่อนำมาวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์

ครั้งที่ 2 ได้อัตราส่วนผสมของมันแข็ง ต่อ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ต่อ ใยอาหารที่ละลายน้ำ เป็นสูตรใหม่ 5 สูตร คือ

สูตร 1	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 2.0	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.0
สูตร 2	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 20	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 2.0	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 4.0
สูตร 3	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 21	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.0	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 4.0
สูตร 4	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 24	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.0	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.0
สูตร 5	ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 22	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ร้อยละ 1.5	ใยอาหารที่ละลายน้ำ ร้อยละ 2.5

ประเมินผลโดยวิธีการทดสอบแบบพรรณนาเชิงปริมาณ (ภาคผนวก ค) ทำการวิเคราะห์แบบเรโซโพรไฟล์ (ตารางที่ 8) พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร สูตรที่ 5 ซึ่งมีปริมาณมันแข็งร้อยละ 22 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 1.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 2.5 มีคะแนน S/I (อัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างคะแนนตัวอย่างกับค่าในอุดมคติ) ของทุกลักษณะยกเว้นค่าสีไม่แตกต่างจากค่า I/I (อัตราส่วนของค่าในอุดมคติ) ($P > 0.05$) (ตารางภาคผนวก จ 2) ดังนั้นจึงมีลักษณะผลิตภัณฑ์เข้าใกล้ค่าในอุดมคติของผู้ทดสอบมากที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรพื้นฐานพบว่าไส้กรอกเสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้จะมีลักษณะใกล้เคียงกันดังรูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมีส่วนประกอบดังนี้

ส่วนประกอบ	ร้อยละ	ส่วนประกอบ	ร้อยละ
เนื้อหมู	46.07	ไนไตรท์	0.09
มันแข็ง	22.00	เกลือ	1.43
น้ำแข็ง	25.60	น้ำตาล	0.09
ไตรโพลีฟอสเฟต	0.23	โซเดียมเคซีเนท	0.55
เครื่องเทศ	0.34	ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	1.50
โซเดียมแอสคอร์เบต	0.05	ใยอาหารที่ละลายน้ำ	2.50

ก ข

รูปที่ 7 ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐาน (ก) และไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหาร (ข)

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1 ประเมินด้วยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ

คุณลักษณะ	คะแนนการยอมรับ[1]					
ทางประสาทสัมผัส	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	อุดมคติ (I)
สี	0.64^{b}	0.84^{c}	0.58^{ab}	0.49^{a}	0.67^{b}	1.00^{c}
ความแน่นเนื้อ	0.80^{b}	0.51^{a}	0.77^{b}	0.89^{b}	0.63^{a}	1.00^{c}
ความนุ่มเนื้อ	0.79^{b}	0.61^{a}	0.76^{b}	0.87^{c}	0.73^{b}	1.00^{c}
ความยืดเกาะตัว	0.62^{ab}	0.55^{a}	0.81^{b}	0.66^{ab}	0.69^{ab}	1.00^{c}
ความรู้สึกในปาก	0.85^{bc}	0.65^{a}	0.88^{bc}	1.01^{c}	0.69^{ab}	1.00^{c}
ความชอบรวม	0.87^{b}	0.73^{a}	0.82^{ab}	0.77^{ab}	0.80^{ab}	1.00^{c}

หมายเหตุ อักษร a,b,c ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คน (3 ซ้ำ)

สูตร 1 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23 IDF ร้อยละ 1.5 SDF ร้อยละ 0.5

สูตร 2 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 20 IDF ร้อยละ 1.5 SDF ร้อยละ 1.5

สูตร 3 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23 IDF ร้อยละ 0.5 SDF ร้อยละ 1.5

สูตร 4 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 26 IDF ร้อยละ 0.5 SDF ร้อยละ 0.5

สูตร 5 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23 IDF ร้อยละ 1.0 SDF ร้อยละ 1.0

IDF = Insoluble Dietary Fiber (ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ)

SDF = Soluble Dietary Fiber (ใยอาหารที่ละลายน้ำ)

ตารางที่ 8 คะแนนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ จากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2 ประเมินด้วยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนการยอมรับ[1]					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	อุดมคติ (I)
สี	0.98^{a}	0.92^{a}	0.94^{a}	0.95^{a}	0.94^{a}	1.00^{b}
ความแน่นเนื้อ	0.94^{ab}	0.85^{a}	0.86^{a}	0.87^{a}	1.04^{b}	1.00^{b}
ความนุ่มเนื้อ	0.90^{ab}	0.87^{ab}	0.95^{ab}	0.83^{a}	1.01^{b}	1.00^{b}
ความยึดเกาะตัว	0.94^{ab}	0.82^{a}	0.90^{a}	0.87^{a}	1.02^{b}	1.00^{b}
ความรู้สึกในปาก	0.91^{a}	0.84^{a}	0.92^{a}	0.83^{a}	1.15^{b}	1.00^{b}
ความชอบรวม	0.97^{ab}	0.91^{a}	0.94^{ab}	0.97^{ab}	0.97^{ab}	1.00^{b}

หมายเหตุ อักษร a,b ที่ต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1] ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนคะแนนตัวอย่างกับค่าอุดมคติ (S/I) จากผู้ทดสอบ 10 คน (3 ซ้ำ)

สูตร 1 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 23 IDF ร้อยละ 2.0 SDF ร้อยละ 1.0

สูตร 2 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 20 IDF ร้อยละ 2.0 SDF ร้อยละ 4.0

สูตร 3 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 21 IDF ร้อยละ 1.0 SDF ร้อยละ 4.0

สูตร 4 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 24 IDF ร้อยละ 1.0 SDF ร้อยละ 1.0

สูตร 5 ประกอบด้วยมันแข็ง ร้อยละ 22 IDF ร้อยละ 1.5 SDF ร้อยละ 2.5

IDF = Insoluble Dietary Fiber (ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ)

SDF = Soluble Dietary Fiber (ใยอาหารที่ละลายน้ำ)

3. การวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร

3.1 คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 ค่าสี ผลจากการวัดค่าสี ในระบบ Hunter (ตารางที่ 9) ค่า L, a และ b เท่ากับ 61.70 6.73 และ 12.01 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สมจินตนา สุมิตสวรรค์ (2539) รายงานว่าไส้กรอกไขมันต่ำ และใช้กากสับปะรดร้อยละ 5 มีค่า L, a และ b เท่ากับ 59.48 4.80 และ 12.56 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารในการทดลองครั้งนี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์ซึ่งมีปริมาณไขมันลดลงทำให้ความสว่างลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 9) นอกจากนั้นพบว่าไส้กรอกสูตรเสริมใยอาหารมีค่าสีแดงเพิ่มขึ้นและมีค่าสีเหลืองลดลงเล็กน้อย สอดคล้องกับการทดลองของ Cross และคณะ (1980); Claus และ Hunt (1991); Bradford และคณะ (1993) Bishop และ คณะ (1993) ได้อธิบายว่าการที่ผลิตภัณฑ์มีปริมาณไขมันลดลง ทำให้อิมัลชั่นมีความเข้มข้นของสารต่าง ๆ เช่น โปรตีน โดยน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ไส้กรอกมีสีแดงมากขึ้น (ค่า a เพิ่มขึ้น)

ตารางที่ 9 คุณภาพทางกายภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร

สมบัติทางกายภาพ	สูตรเสริมใยอาหาร	สูตรพื้นฐาน
ค่า L	61.70±1.76	62.10±1.13
ค่า a	6.73±0.07	2.27±0.05
ค่า b	12.01±0.34	13.80±0.46
ค่าต้านแรงเฉือน (N)	8.51±0.38	11.70±0.26
การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้ม (%)	8.96±0.90	29.60±0.26
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)	73.00±0.61	69.64±0.21

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 3 ครั้ง)

3.1.2 ค่าต้านแรงเฉือน ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ มีค่าต้านแรงเฉือนเท่ากับ 8.51 นิวตัน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 9) ทั้งนี้เพราะอิมัลชั่นในไส้กรอกเป็นอิมัลชั่นของไขมันในน้ำ (Oil in water emulsion) มีไมโอไฟบริลลาร์โปรตีน (myofibrillar protein) ในเนื้อสัตว์ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ล้อมรอบอนุภาคของไขมัน ซึ่งเป็น discontinuous phase ให้กระจายตัวอยู่ในส่วนของน้ำซึ่งเป็น disperse phase โดยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ของโมเลกุลของโปรตีนจะยึดเกาะโมเลกุลของน้ำไว้ (Girard, *et al.*, 1992) เมื่อได้รับความร้อน โปรตีนจะเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้ส่วนผสมของอิมัลชั่น เกิดเป็นเจลของอิมัลชั่น ซึ่งจะมีผลต่อการต้านทานแรงเฉือน (Brich, *et al.*, 1973) Richard และคณะ (1995) รายงานว่า ปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าต้านแรงเฉือนเพิ่มขึ้น แต่เมื่อมีการเติมใยอาหารเข้าไปในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีจำกัด ทำให้น้ำบางส่วนไม่ถูกยึดเกาะไว้ในรูปของอิมัลชั่น แต่จะอยู่ในรูปลักษณะของน้ำอิสระ โดยยึดเหนี่ยวไว้ด้วยโปรตีนบางส่วนหรือถูกดูดซับด้วยใยอาหาร ด้วยแรงยึดเหนี่ยวที่ไม่แข็งแรงนักและไม่ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการเกิดเจลของอิมัลชั่น แต่จะกระจายอยู่ทั่วไปในส่วนของอิมัลชั่นหรือเนื้อของไส้กรอก ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนอิมัลชั่นจะเป็นเจลที่มีน้ำอิสระบางส่วนแทรกอยู่ จึงมีผลทำให้ค่าต้านแรงเฉือนของไส้กรอกลดลง (Brich, *et al.*, 1973)

3.1.3 **การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้ม** จากตารางที่ 9 พบว่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้ม มีค่าเท่ากับร้อยละ 8.96 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไส้กรอกสูตรพื้นฐาน แต่จะมีค่าไม่สูงมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Claus และคณะ (1991) พบว่า ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ผลิตได้มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มอยู่ในช่วงร้อยละ 5.80 - 11.20 แต่เมื่อมีการเสริมใยอาหารเข้าไปในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มจะลดลง เนื่องจากใยอาหารสามารถดูดซับส่วนของน้ำและไขมันไว้ในอนุภาค ทำให้การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มมีค่าน้อย ถ้าปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีค่ามากในขณะที่ปริมาณโปรตีนมีจำกัด จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำอิสระมากขึ้น เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อน เช่น การอบและรมควัน น้ำอิสระที่ไม่ถูกยึดเกาะไว้นี้ สามารถระเหยและสูญเสียได้ง่าย และเมื่อนำไปต้มจะมีการสูญเสียทั้งส่วนของน้ำและไขมัน เนื่องจากน้ำอิสระและอิมัลชั่นบางส่วนที่ไม่คงตัว เช่น

โปรตีนห่อหุ้มอนุภาคไขมันไว้ไม่ทั่วถึง เมื่อได้รับความร้อนไขมันจะหลอมเหลวและสูญเสียออกมาและมีผลให้ปริมาณน้ำที่ถูกยึดเกาะบางส่วนสูญเสียออกมาด้วย นอกจากนี้ถ้าอนุภาคของไขมันถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีนชนิดคอลลาเจน ซึ่งอาจจะมีปะปนอยู่ในเนื้อสัตว์ เมื่อได้รับความร้อน คอลลาเจนจะหดตัวจนไม่สามารถห่อหุ้มอนุภาคของไขมันเอาไว้ได้ มีผลทำให้ไขมันสูญเสียออกมาในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน (Pearson and Tauber, 1984) แต่ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชั่น โอกาสที่น้ำจะสูญเสียออกมาง่ายกว่าไขมัน (Cross, *et al.*, 1980) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันมากมีน้ำน้อย จะมีการสูญเสียระหว่างการหุงต้มน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันน้อยแต่น้ำมาก

3.1.4 **ความสามารถในการอุ้มน้ำ** พิจารณาความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 73.00 เมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรพื้นฐานพบว่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำจะสนับสนุนค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้ม คือ เมื่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของไส้กรอกลดลง มีผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้น

3.1.5 **ลักษณะโครงสร้าง** โครงสร้างของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ โดยใช้เครื่องอิเลคตรอนไมโครสโคป์ ชนิด Scanning พบว่า ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่ไม่ได้เสริมใยอาหารมีลักษณะโครงสร้างที่มีขนาดของช่องว่างขนาดใหญ่จะสังเกตเห็นชัดเจนได้เมื่อเพิ่มกำลังขยายจาก 100 เท่า เป็น 1,000 เท่า (รูปที่ 8 และ 9) สอดคล้องกับการรายงานของ Carballo, *et al.*, (1996) ซึ่งกล่าวว่า ลักษณะโครงสร้างของไส้กรอกอิมัลชั่นจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อองค์ประกอบของไส้กรอกเปลี่ยนแปลง โดยพบว่าเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นมีผลให้อนุภาคของไส้กรอกมีขนาดเล็กลงและมีจำนวนอนุภาคมากขึ้น การเกิดรูหรือช่องว่างของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ของไส้กรอกนั้นเกิดจากฟองอากาศ ซึ่งสามารถขยายตัวระหว่างการให้ความร้อน อนุภาคกลมภายในโครงสร้างอาจเป็นเม็ดของไขมันที่ถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีน เป็นลักษณะที่บ่งบอกการเกิดอิมัลชั่นของไส้กรอกในขณะที่ลักษณะโครงสร้างของไส้กรอกเสริมใยอาหาร (รูปที่ 10 และ 11) ซึ่งมีปริมาณไขมันน้อยกว่า พบว่า ลักษณะของโครงสร้างจะอัดแน่นมากกว่าและมีลักษณะโปร่งฟู ทั้งนี้อาจ

เนื่องมาจากการกระจายตัวของใยอาหารทั้งชนิดที่ไม่ละลายน้ำและที่ละลายน้ำมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและก่อให้เกิดการเชื่อมประสานของอิมัลชั่นในไส้กรอก (Lee, *et al.*, 1992)

3.2 คุณภาพทางเคมี

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ พบว่า มีค่า A_w เท่ากับ 0.98 แตกต่างกับค่า A_w ของไส้กรอกโดยทั่วไป ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90 - 0.95 (Papadima and Bloukas, 1999) แต่จะมีค่าใกล้เคียงกับค่า A_w ของไส้กรอกสูตรพื้นฐานซึ่งมีค่า A_w เท่ากับ 0.97

สำหรับค่าพีเอชมีค่าเท่ากับ 6.55 ซึ่งมีค่าสูงกว่ากับการทดลองของ Karen และคณะ (1997); Papadima และ Bloukas (1999) มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 6.29 - 6.39 Trout และ Schmidt (1987) กล่าวว่า ไมโอไฟบริลลาร์โปรตีนมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ดีที่สุดที่พีเอช 6.0 - 6.5 แต่ในการทดลองครั้งนี้มีค่าพีเอชสูง เนื่องจากใยอาหารที่ละลายน้ำซึ่งเสริมเข้าไปในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีพีเอช เท่ากับ 8.70 ซึ่งระดับพีเอชดังกล่าวอาจมีผลต่อสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนในกล้ามเนื้อ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ประกอบด้วยใยอาหารจากเปลือกโกโก้ร้อยละ 4 โดยเป็นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำร้อยละ 1.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำร้อยละ 2.5 จากการทดลองพบว่าสามารถเสริมใยอาหารได้ในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ Troutt และคณะ (1992) ซึ่งสามารถเสริมใยอาหารจากหัวบีทในผลิตภัณฑ์เนื้อบดได้ร้อยละ 3.5 จากการทดลองพบว่าไส้กรอกเสริมใยอาหารประกอบด้วยใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาการที่ละลายน้ำเท่ากับ ร้อยละ 3.29 1.16 และ 2.09 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 10) นอกจากนี้มีปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน ร้อยละ 57.70 12.32 และ 23.00 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ ใกล้เคียงกับการทดลองของ Small และ คณะ (1995) ซึ่งได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีปริมาณไขมันต่ำและความชื้นสูงพบว่ามีปริมาณความชื้นเท่ากับร้อยละ 69.30 และโปรตีนร้อยละ 11.70 ส่วนปริมาณของไขมันมีค่าเท่ากับร้อยละ 13.40

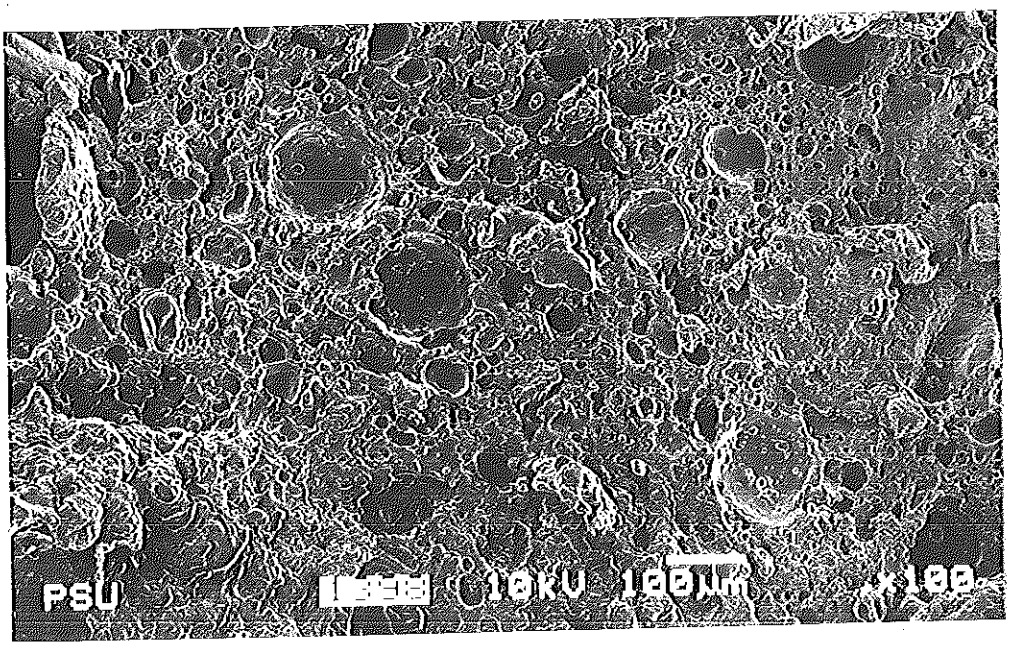
เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้มีจุดประสงค์ในการเพิ่มปริมาณของใยอาหาร และลดปริมาณไขมันให้น้อยลง ถ้าเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐาน พบว่ามีปริมาณความชื้นต่ำกว่า (ตารางที่ 10) Karen และ คณะ (1997) พบว่า ถ้าปริมาณความชื้นสูงเกินระดับหนึ่งจะทำให้การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำดังกล่าวอยู่ในรูปของน้ำอิสระไม่สามารถสร้างพันธะกับโปรตีนได้ เมื่อความชื้นสูงขึ้นจะส่งผลให้ความแน่นเนื้อและค่าต้านแรงเฉือนลดลงด้วย Richard และคณะ (1995) รายงานว่าเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น ความนุ่มเนื้อจะลดลงเนื่องจากทำให้การใช้แรงในการเคี้ยวน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Karen และคณะ (1997) อธิบายว่าการที่มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นทำให้โมเลกุลหมู่ที่ชอบน้ำของโปรตีนจับกับโมเลกุลของน้ำแทนที่จะจับกับโมเลกุลของโปรตีนด้วยกันตามปกติ

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร

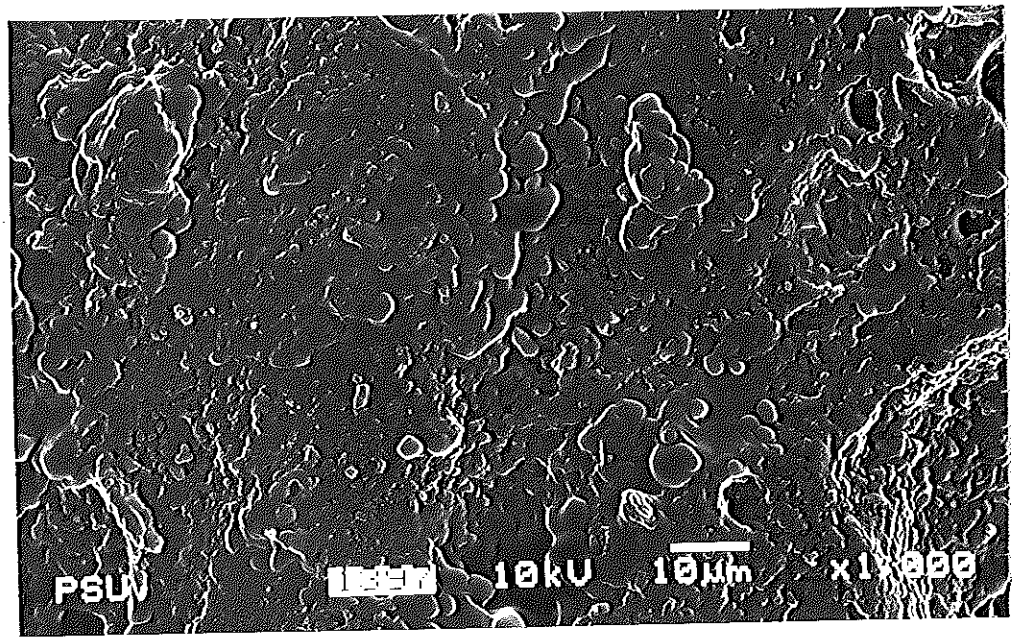
องค์ประกอบทางเคมี[2]	ร้อยละ[1]	
	สูตรเสริมใยอาหาร	สูตรพื้นฐาน
ความชื้น	57.70±0.21	61.96±0.32
โปรตีน	12.32±0.14	12.71±0.56
ไขมัน	23.00±0.22	28.10±0.82
ใยอาหารทั้งหมด	3.29±2.78	0.46±0.11
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	1.16±1.52	0.09±0.03
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	2.09±2.13	0.08±0.05
สารเยื่อใย	1.24±0.11	0.28±0.11

หมายเหตุ [1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)

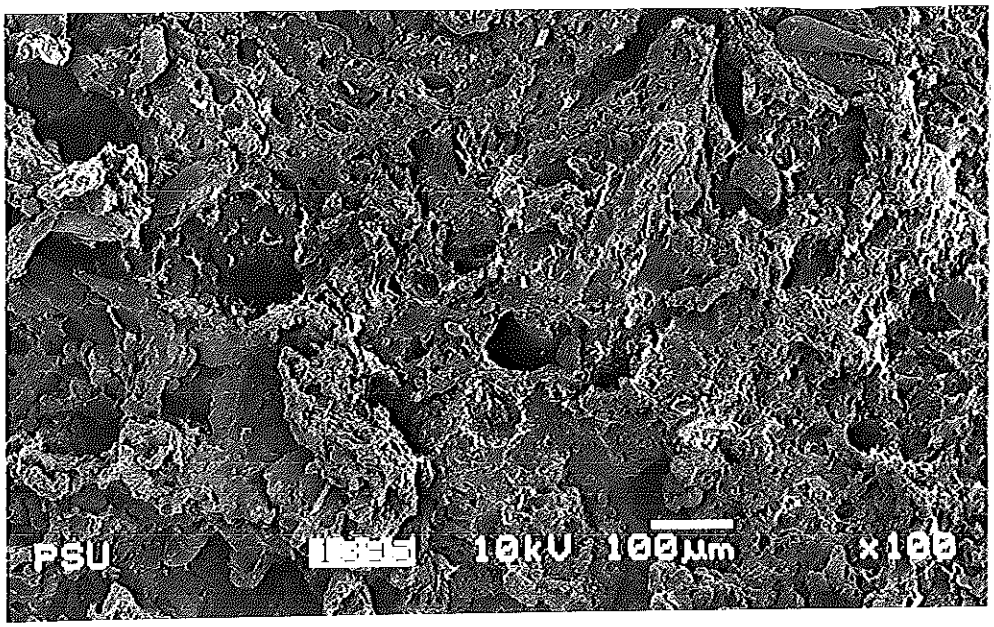
[2] คิดจากน้ำหนักเปียก



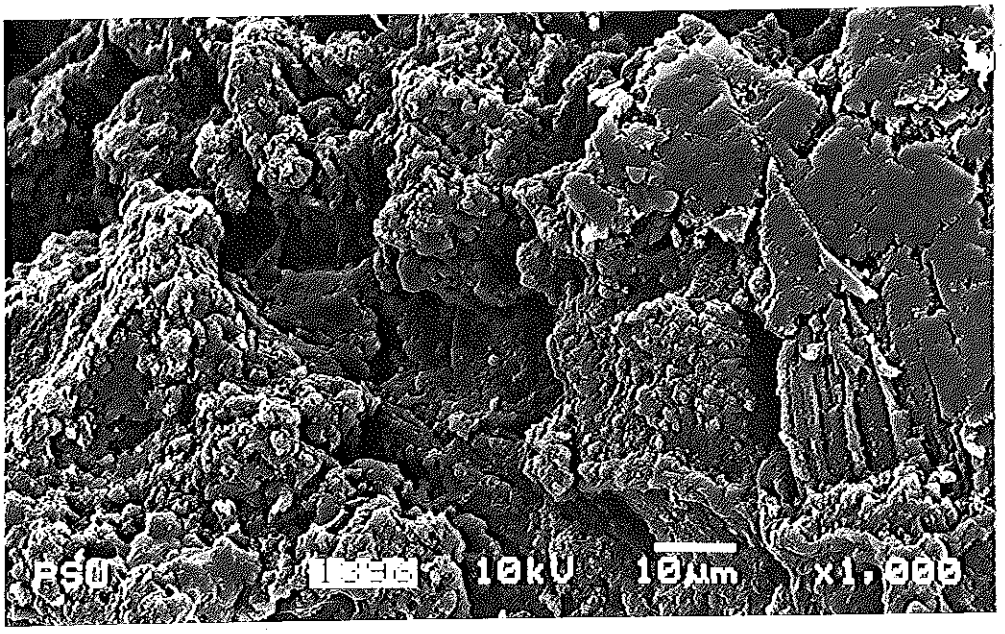
รูปที่ 8 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรองแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 X)



รูปที่ 9 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรองแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 X)



รูปที่ 10 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรองแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (100 X)



รูปที่ 11 ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพของไส้กรองแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร ถ่ายด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (1,000 X)

4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บไส้กรอกแฟงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยการนำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สูตรพื้นฐานและสูตรเสริมใยอาหารที่พัฒนา จนได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค มาศึกษาผลของการเติม อัลฟา-โทโคเฟอรอล 4 ระดับ คือ 0 5 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์ และทำการบรรจุใน บรรจุภัณฑ์ชนิดลามิเนตของถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน / เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ (PE / EVOH) โดยทำการบรรจุ 2 สภาวะ คือบรรจุผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะสุญญากาศ และ สภาวะบรรยากาศปกติ (รูปที่ 12)

ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน ประเมินสมบัติทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ทุก ๆ 3 วัน ได้ผลดังนี้

ก ข

รูปที่ 12 การบรรจุผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ภายใต้สภาวะสุญญากาศ (ก) และภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ (ข)

4.1 คุณภาพทางกายภาพ

4.1.1 ลักษณะเนื้อสัมผัส ลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เมื่อทำการวัดค่าต้านแรงเฉือน พบว่าค่าต้านแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหาร และสูตรพื้นฐานระหว่างการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง ให้ค่าต้านแรงเฉือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 11) โดยไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทุกชุดการทดลองมีค่าต้านแรงเฉือนลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง อันเป็นผลจากการสูญเสียการเป็นอิมัลชั่น โปรตีนอาจถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ส่งผลให้สูญเสียสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ดังนั้นความสามารถในการต้านแรงเฉือนจึงลดลงด้วย

4.1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษามีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างจากไส้กรอกสูตรพื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 12) โดยไส้กรอกทุกชุดการทดลองมีความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าไส้กรอกสูตรพื้นฐานเนื่องจากใยอาหารมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงและเมื่อศึกษาผลการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล พบว่า ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์ มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด ($P<0.01$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการบรรจุแบบสุญญากาศในสภาวะที่มีอัลฟา-โทโคเฟอรอลสามารถลดปฏิกริยาออกซิเดชั่นส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกริยาดังกล่าวน้อยลง ดังนั้นโปรตีนจึงสูญเสียสภาพได้น้อยลงและสามารถรักษาสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้

ตารางที่ 11 ค่าต้านแรงเฉือนของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	8.76^{a}	8.44^{c}	8.32^{h}	8.03^{f}	7.96^{h}	6.92^{g}	6.54^{e}
		5	9.72^{bc}	8.31^{bc}	7.56^{b}	6.73^{c}	6.58^{e}	6.14^{f}	5.66^{c}
		10	9.81^{c}	8.96^{e}	7.96^{f}	7.67^{e}	7.03^{g}	6.07^{e}	5.77^{d}
		20	9.61^{bc}	8.67^{d}	7.71^{c}	6.36^{d}	6.67^{f}	6.91^{g}	5.82^{d}
	พื้นฐาน	0	12.04^{b}	10.46^{g}	10.23^{n}	9.29^{l}	9.48^{o}	9.43^{m}	8.83^{h}
		5	12.56^{f}	11.60^{j}	9.88^{m}	9.60^{j}	8.98^{k}	8.82^{l}	8.77^{h}
		10	12.30^{e}	10.38^{g}	9.66^{k}	9.20^{l}	9.00^{m}	9.03^{k}	8.97^{l}
		20	12.09^{dc}	11.36^{l}	10.66^{o}	9.23^{l}	9.88^{p}	9.71^{n}	8.99^{l}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	9.71^{bc}	8.78^{d}	8.29^{g}	7.39^{d}	6.31^{d}	5.09^{b}	4.81^{a}
		5	9.80^{c}	8.40^{bc}	7.81^{d}	6.27^{ab}	5.73^{a}	5.08^{a}	5.03^{b}
		10	9.82^{c}	8.27^{b}	7.89^{e}	6.12^{a}	5.98^{b}	5.83^{c}	5.80^{d}
		20	9.54^{d}	8.11^{a}	7.35^{a}	6.24^{ab}	6.22^{c}	5.90^{d}	5.80^{d}
	พื้นฐาน	0	12.04^{d}	10.82^{h}	9.68^{l}	8.95^{h}	8.66^{j}	8.79^{h}	8.24^{f}
		5	12.56^{f}	10.01^{f}	9.20^{l}	8.58^{g}	8.47^{l}	8.91^{j}	8.16^{f}
		10	12.30^{e}	10.80^{h}	10.23^{n}	9.37^{l}	9.23^{n}	9.04^{l}	9.13^{j}
		20	12.09^{de}	10.06^{f}	9.22^{j}	8.96^{h}	8.99^{l}	9.75^{o}	8.43^{g}

หมายเหตุ $^{a-n}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

ตารางที่ 12 ความสามารถในการอุ้มน้ำของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	75.41^{a}	75.05^{b}	74.84^{f}	74.74^{l}	74.51^{l}	73.05^{k}	73.04^{g}
		5	75.58^{b}	75.03^{a}	74.41^{b}	74.21^{e}	73.78^{d}	73.38^{h}	73.16^{h}
		10	76.02^{d}	75.73^{e}	74.73^{d}	73.65^{a}	73.32^{a}	73.11^{c}	72.82^{f}
		20	75.98^{c}	75.49^{d}	74.37^{a}	73.90^{b}	73.82^{e}	73.40^{l}	73.21^{l}
	พื้นฐาน	0	66.68^{l}	66.23^{l}	65.88^{o}	64.92^{l}	64.04^{g}	63.18^{d}	62.55^{d}
		5	66.51^{g}	66.05^{j}	65.37^{l}	64.83^{j}	64.49^{k}	63.70^{l}	63.08^{g}
		10	66.89^{n}	66.84^{o}	65.73^{m}	64.88^{k}	64.10^{h}	63.75^{m}	63.13^{h}
		20	66.84^{l}	66.61^{n}	65.66^{n}	64.47^{g}	63.70^{c}	63.30^{f}	62.51^{d}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	76.40^{e}	75.97^{f}	74.55^{c}	74.43^{f}	74.35^{f}	72.95^{b}	72.02^{b}
		5	76.49^{f}	76.02^{l}	75.06^{h}	74.88^{k}	73.95^{k}	73.42^{j}	73.34^{k}
		10	76.84^{m}	75.09^{c}	74.81^{e}	74.15^{c}	73.68^{c}	72.70^{a}	71.12^{a}
		20	76.58l	75.98^{g}	74.93^{g}	74.17^{d}	74.12^{d}	73.34^{g}	72.61^{e}
	พื้นฐาน	0	66.51^{h}	66.06^{k}	64.85^{f}	64.62^{h}	64.54^{m}	64.26^{o}	63.28^{l}
		5	67.05^{p}	66.88^{p}	65.55^{k}	65.02^{m}	64.74^{c}	64.07^{n}	63.55^{m}
		10	66.77^{k}	66.01^{h}	65.62^{l}	64.82j	64.63^{n}	64.63^{p}	63.45^{l}
		20	66.96^{o}	66.40^{m}	65.41^{l}	64.98^{n}	64.75^{p}	63.19^{e}	62.23^{c}

หมายเหตุ $^{a-n}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

4.1.3 ค่าสี เมื่อมีการเติม อัลฟา-โทโคเฟอรอล และบรรจุในภาชนะที่ต่างกัน ในทุกชุดการทดลอง จะมีผลต่อการเปลี่ยนค่าสีของผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ มีค่าความสว่าง (L) (ตารางที่ 13) ค่าสีแดง (a) (ตารางที่ 14) ค่าสีเหลือง (b) (ตารางที่ 15) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยพบว่าค่า L มีแนวโน้มลดลงแต่ค่า a และ b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาในการเก็บ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Formanek และคณะ (1998) ที่รายงานว่าการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ในเนื้อวัวบด 2,000 I.U เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะดัดแปลงบรรยากาศพบว่าอัลฟา-โทโคเฟอรอล ปริมาณดังกล่าวจะช่วยให้สีของเนื้อวัวคงตัวได้ แตกต่างกับการทดลองของ Mercier และคณะ (1998); Canon และคณะ (1995) ทั้งนี้ทั้งสองคณะได้เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณ 300 และ 400 ส่วนในล้านส่วนในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ตามลำดับ โดยใช้ชุดควบคุมที่เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณ 30 ส่วนในล้านส่วน พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนของค่าสีเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ดังนั้นเป็นไปได้ว่าถ้าเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณที่น้อยเกินไปทำให้ไม่สามารถป้องกันการออกซิเดชั่นได้ นอกจากนี้ขณะที่แปรรูปอาจมีการสูญเสียอัลฟา-โทโคเฟอรอลไปในปริมาณมากจึงมีอัลฟา-โทโคเฟอรอลไม่เพียงพอในการให้สีคงตัว (Formanek, *et al.*, 1998; Mercier, *et al.*, 1998)

ค่าความสว่าง การเก็บรักษาไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทุกชุดการทดลอง ในระยะเวลา 3 วันแรก ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในวันที่ 6 9 12 15 และ 18 ค่า L มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 13) ค่าความสว่างที่ลดลงอาจเป็นผลจากการเกิดปฏิกริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยน้ำตาลรีดิวซ์และสารจำพวกคาร์บอนิล ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาออกซิเดชั่น สามารถเกิดปฏิกริยาเมลลาร์ดกับกรดอะมิโนเกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้น ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นที่เพิ่มขึ้น

ค่า a เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทุกชุดการทดลองมี ค่า a เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 14) โดยไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรพื้นฐานจะมีค่า a เพิ่มขึ้นมากกว่าไส้กรอกสูตรเสริมใยอาหาร

ค่า b มีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่า a โดยไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์จะมีสีเหลืองมากขึ้น คือค่า b จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 13 ค่าความสว่าง (L) ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	61.84^{a}	61.52^{b}	60.42^{c}	60.43^{c}	60.14^{b}	59.86^{b}	59.59^{a}
		5	62.76^{a}	61.81^{b}	60.76^{f}	60.60^{de}	60.50^{d}	60.50^{e}	60.37^{ef}
		10	61.66^{a}	61.93^{b}	60.91^{g}	60.74^{g}	60.66^{e}	60.46^{e}	60.37^{ef}
		20	62.40^{a}	61.63^{b}	61.56^{l}	61.46^{j}	61.48^{h}	61.41^{j}	60.95^{l}
	พื้นฐาน	0	67.50^{a}	61.05^{b}	60.97^{h}	60.94^{l}	60.90^{f}	60.82^{h}	60.46^{fg}
		5	61.53^{a}	60.68^{b}	60.65^{e}	60.66^{ef}	60.45^{d}	60.46^{e}	60.52^{g}
		10	61.87^{a}	62.26^{b}	61.87^{m}	61.82^{k}	61.71^{l}	60.72^{g}	60.64^{h}
		20	62.09^{a}	61.44^{b}	61.10^{l}	60.81^{h}	60.87^{f}	60.88^{h}	60.67^{h}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	61.71^{a}	60.55^{b}	60.13^{b}	60.02^{b}	60.68^{e}	60.61^{f}	60.22^{d}
		5	62.69^{a}	61.36^{b}	61.20^{j}	60.55^{e}	60.17^{d}	60.06^{c}	59.89^{e}
		10	61.86^{a}	61.79^{b}	61.54^{l}	60.73^{fg}	60.64^{e}	60.26^{d}	60.32^{de}
		20	62.78^{e}	62.21^{b}	62.04^{m}	61.88^{k}	61.20^{g}	61.12^{j}	60.91^{l}
	พื้นฐาน	0	63.03^{a}	61.62^{b}	61.35^{k}	60.88^{l}	60.28^{c}	60.03^{c}	59.63^{a}
		5	60.64^{a}	60.53^{b}	60.58^{d}	60.44^{c}	60.26^{c}	60.02^{c}	60.01^{c}
		10	62.62^{a}	61.30^{b}	60.87^{g}	60.65^{e}	60.27^{c}	60.23^{b}	60.05^{c}
		20	60.66^{a}	60.26^{b}	59.77^{a}	59.82^{a}	59.77^{a}	59.61^{a}	59.54^{a}

หมายเหตุ $^{a-m}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

ตารางที่ 14 ค่า a ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	6.59^{a}	6.68^{g}	6.73^{d}	6.62^{b}	6.42^{b}	7.65^{h}	7.46^{g}
		5	6.61^{a}	6.01^{a}	6.75^{d}	6.40^{d}	6.34^{b}	7.71^{i}	7.66^{j}
		10	5.97^{a}	6.63^{b}	7.17^{f}	6.58^{c}	6.48^{b}	7.65^{h}	6.75^{b}
		20	6.61^{a}	6.58^{e}	7.12^{e}	5.99^{a}	5.76^{a}	7.44^{f}	7.62^{i}
	พื้นฐาน	0	6.48	7.09^{k}	6.67^{c}	7.80^{jk}	7.67^{i}	7.51^{g}	6.73^{b}
		5	6.33^{a}	7.27^{m}	6.12^{a}	7.23^{g}	7.16^{c}	7.67^{h}	7.55^{h}
		10	6.38^{a}	7.19^{i}	7.31^{h}	7.54^{h}	7.46^{de}	8.18^{i}	7.39^{f}
		20	6.18^{a}	7.68^{n}	6.58^{b}	7.18^{f}	7.17^{c}	8.62^{m}	7.21^{d}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	6.68^{a}	6.76^{h}	6.66^{c}	7.81^{k}	7.58^{ef}	7.05^{k}	7.20^{d}
		5	6.36^{a}	6.38^{c}	6.73^{d}	7.58^{i}	7.76^{f}	7.28^{d}	7.16^{c}
		10	6.41^{a}	6.40^{c}	7.21^{g}	7.59^{i}	7.56^{ef}	7.17^{b}	7.40^{f}
		20	6.13^{a}	6.58^{e}	7.55^{i}	7.80^{j}	7.77^{f}	7.01^{a}	7.31^{e}
	พื้นฐาน	0	6.38^{a}	6.47^{d}	6.66^{c}	8.01^{i}	7.55^{ef}	7.96^{j}	7.57^{h}
		5	8.28^{a}	7.02^{f}	6.66^{c}	7.03^{e}	8.15^{g}	7.01^{a}	7.67^{j}
		10	6.01^{a}	6.23^{b}	7.13^{e}	8.54^{m}	8.43^{h}	7.35^{c}	7.31^{e}
		20	6.83^{a}	7.07^{j}	7.22^{g}	7.18^{f}	7.30^{cd}	7.21^{c}	7.47^{g}

หมายเหตุ $^{a-n}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

ตารางที่ 15 ค่า b ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	12.01^{c}	12.00^{e}	12.76^{l}	12.77^{h}	12.77^{m}	12.41^{l}	12.53^{j}
		5	12.02^{c}	12.47^{l}	12.87^{m}	12.98^{j}	12.02^{l}	12.12^{l}	12.15^{h}
		10	12.01^{c}	12.22^{gh}	12.42^{j}	12.86^{l}	12.05^{l}	12.09^{h}	12.72^{l}
		20	12.57^{c}	12.36^{hij}	13.59^{n}	12.81^{h}	12.17^{j}	12.27^{k}	12.34^{l}
	พื้นฐาน	0	9.63^{b}	9.67^{c}	8.68^{a}	9.67^{b}	9.72^{e}	9.41^{b}	9.33^{a}
		5	7.52^{b}	9.40^{b}	9.47^{c}	9.64^{b}	9.49^{c}	9.51^{c}	9.53^{b}
		10	9.37^{b}	9.42^{b}	10.82^{g}	12.90^{l}	9.25^{b}	9.49^{c}	9.83^{c}
		20	9.87^{b}	9.31^{b}	10.57^{f}	12.57^{g}	9.58^{d}	9.68^{d}	9.95^{d}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	12.08^{c}	12.02^{e}	12.63^{k}	12.20^{f}	12.31^{l}	12.49^{m}	12.98^{m}
		5	12.08^{c}	12.14^{f}	12.15^{l}	12.19^{f}	12.23^{k}	12.30^{k}	12.34^{l}
		10	12.17^{c}	12.11^{ef}	12.09^{h}	12.17^{f}	12.18^{j}	12.24^{j}	13.00^{n}
		20	12.17^{c}	12.18^{fg}	12.15^{l}	10.01^{cd}	12.20^{l}	12.27^{k}	12.69^{k}
	พื้นฐาน	0	9.92^{b}	9.03^{a}	10.01^{e}	9.12^{a}	9.14^{a}	9.28^{a}	9.33^{a}
		5	9.93^{b}	9.97^{d}	9.34^{b}	10.04^{de}	10.18^{h}	10.20^{f}	10.21^{f}
		10	9.52^{b}	9.86^{d}	9.97^{e}	10.07^{e}	10.11^{g}	10.44^{g}	10.15^{e}
		20	9.50^{b}	9.71^{c}	9.88^{d}	9.97^{c}	10.08^{f}	10.16^{e}	10.32^{g}

หมายเหตุ $^{a-n}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

4.1.4 **การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บ** สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บนั้น พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 16) โดยพบว่าไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่มีการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์และบรรจุในสภาวะสุญญากาศจะมีการสูญเสียน้ำหนักตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษาน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากเป็นสภาวะที่สามารถชะลอปฏิกริยาออกซิเดชั่นซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนและคุณสมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีน ส่งผลให้การสูญเสียน้ำน้อยที่สุด

4.2 คุณภาพทางเคมี

ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน / เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ เมื่อทำการบรรจุใน 2 สภาวะคือบรรจุในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีตามระยะเวลาในการเก็บดังนี้ คือ

4.2.1 **ปริมาณความชื้น** ภายหลังการเก็บผลิตภัณฑ์ภายในระยะเวลาที่กำหนด พบว่า ปริมาณความชื้นของไส้กรอกทั้ง 16 ชุดการทดลอง ค่อยๆ ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 17) สอดคล้องกับการทดลองของ John และคณะ (1975) เนื่องจากการสูญเสียความชื้นจากผิว โดยความชื้นที่สูญเสียจากผลิตภัณฑ์จะสะสมอยู่ภายในภาชนะบรรจุ การเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส น้ำจากผิวไส้กรอกจะระเหยและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำอยู่ในภาชนะบรรจุนั่นเองซึ่งเห็นได้จากการสังเกตภายนอก การเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บ กล่าวคือ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่มีการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์และบรรจุในสภาวะสุญญากาศจะมีการสูญเสียความชื้นตลอดระยะในการเก็บน้อยที่สุด

ตารางที่ 16 ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟ่า-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	-	0.84^{d}	2.44^{f}	2.92^{d}	4.22^{cd}	5.53^{bcd}	6.22^{b}
		5	-	0.74^{c}	3.02^{i}	2.02^{a}	4.08^{bc}	5.60^{cde}	6.23^{b}
		10	-	0.56^{b}	1.51^{c}	2.51^{b}	3.82^{b}	5.52^{bcd}	6.82^{cd}
		20	-	0.11^{a}	1.01^{a}	2.56^{bc}	3.23^{a}	5.14^{b}	6.16^{ab}
	พื้นฐาน	0	-	1.71^{l}	1.81^{de}	3.72^{g}	3.94^{bc}	5.63^{cde}	7.78^{g}
		5	-	2.44^{j}	2.62^{g}	3.01^{d}	6.98^{h}	7.33^{g}	7.67^{fg}
		10	-	2.78^{n}	3.02^{i}	4.26^{h}	4.84^{e}	5.42^{bc}	6.23^{b}
		20	-	2.64^{m}	3.03^{i}	3.31^{f}	4.55^{de}	7.03^{g}	7.64^{fg}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	-	1.22^{f}	2.86^{h}	3.14^{e}	5.63^{f}	5.76^{cde}	6.73^{c}
		5	-	2.03^{k}	2.63^{g}	4.67^{i}	6.82^{h}	5.94^{dfe}	7.25^{def}
		10	-	1.42^{g}	1.73^{d}	2.03^{a}	5.31^{f}	5.41^{bc}	7.02^{cd}
		20	-	1.21^{f}	1.34^{b}	3.79^{g}	5.53^{f}	6.31^{f}	7.53^{efg}
	พื้นฐาน	0	-	0.86^{e}	1.93^{c}	2.61^{c}	3.35^{a}	4.52^{a}	5.76^{a}
		5	-	1.52^{h}	1.56^{c}	2.08^{a}	4.57^{de}	6.01^{ef}	6.22^{b}
		10	-	1.93^{j}	1.31^{b}	3.12^{e}	6.41^{g}	6.90^{g}	7.60^{fg}
		20	-	1.52^{h}	1.84^{de}	2.92^{d}	3.02^{a}	5.84^{cde}	7.13^{cde}

หมายเหตุ $^{a-n}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

ตารางที่ 17 ค่าความชื้นของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	59.00^{c}	57.32^{c}	56.91^{de}	56.31^{d}	55.88^{e}	53.76^{bc}	53.11^{a-d}
		5	57.11^{a}	56.22^{b}	56.11^{c}	55.73^{c}	54.88^{c}	54.89^{cd}	56.99^{def}
		10	58.74^{c}	55.49^{a}	54.71^{a}	53.44^{a}	52.84^{a}	51.68^{a}	50.20^{a}
		20	58.92^{c}	57.49^{cd}	57.95^{f}	57.17^{e}	57.11^{k}	57.06^{efg}	55.62^{b-f}
	พื้นฐาน	0	62.95^{d}	59.66^{e}	58.10^{f}	56.61^{d}	55.71^{d}	54.01^{bc}	51.98^{ab}
		5	62.46^{d}	62.01^{hi}	56.73^{d}	56.43^{d}	53.08^{g}	56.25^{e}	55.19^{b-f}
		10	62.87^{d}	62.55^{i}	61.61^{j}	60.88^{g}	58.46^{n}	56.42^{ef}	56.30^{c-f}
		20	62.59^{d}	62.49^{ij}	61.79^{j}	60.95^{g}	58.40^{m}	58.38^{gh}	58.42^{f}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	59.01^{c}	57.88^{d}	57.05^{de}	56.59^{d}	56.04^{f}	55.93^{de}	54.47^{b-f}
		5	57.83^{d}	56.55^{b}	55.57^{b}	54.89^{b}	54.12^{b}	53.19^{b}	52.36^{abc}
		10	58.83^{c}	58.00^{b}	57.95^{f}	57.22^{e}	57.06^{j}	56.48^{ef}	54.21^{b-e}
		20	58.95^{c}	57.61^{cd}	57.20^{e}	57.13^{e}	56.90^{h}	56.98^{ef}	56.10^{c-f}
	พื้นฐาน	0	62.95^{d}	59.99^{ef}	58.73^{g}	57.45^{e}	58.99^{l}	56.75^{ef}	56.56^{def}
		5	62.47^{d}	60.32^{f}	60.01^{h}	58.90^{f}	58.63^{o}	57.70^{fgh}	56.37^{c-f}
		10	62.88^{d}	61.01^{g}	60.49^{l}	59.08^{f}	58.03^{l}	57.05^{efg}	57.10^{def}
		20	62.73^{d}	61.58^{h}	60.56^{l}	59.22^{f}	58.70^{p}	58.95^{h}	57.82^{ef}

หมายเหตุ $^{a-p}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

4.2.2 A_w การเปลี่ยนแปลงค่า A_w ของไส้กรอกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกวันที่ 0 มีค่า เท่ากับ 0.98 แล้วจะลดลงอย่างช้า ๆ ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 18) จนกระทั่งวันที่ 18 มีค่าเท่ากับ 0.96 จะเห็นได้ว่า ไส้กรอกจะเกิดการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรีย เพราะแบคทีเรียจะเจริญได้ดีที่ ค่า A_w เท่ากับ 0.95 - 0.99 (สุมาลี เหลืองสกุล, 2535) อย่างไรก็ตามการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์

4.2.3 ค่าพีเอช พบว่าค่าพีเอชของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ และสูตรพื้นฐาน (ตารางที่ 19) ของทุกชุดการทดลองมีค่าพีเอชไม่แตกต่างกัน ($P<0.01$) โดยในวันเริ่มต้นอยู่ระหว่าง 6.34 - 6.51 และค่าพีเอชจะลดลงเรื่อยๆ ในวันที่ 3 6 9 12 15 และในวันที่ 18 ค่าพีเอชจะอยู่ในช่วง 5.66 - 5.88 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าพีเอชค่อยๆ ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการสะสมของกรดแลคติกจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั่นเอง (Nuria, *et al.*, 1999) การเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลไม่มีผลต่อค่าพีเอชของ ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทั้งสูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐาน

4.2.4 ค่าทีบีเอ จากการทดลอง การเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ในระดับที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) (ตารางที่ 20) โดยไส้กรอกทั้งสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมใยอาหาร มีค่าทีบีเอเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ($P<0.01$) เมื่อปริมาณการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลเพิ่มขึ้น ค่าทีบีเอจะลดลง โดยไส้กรอกสูตรเสริมใยอาหาร ที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ในระดับความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ ในวันที่ 18 ของการเก็บรักษา มีค่าทีบีเอต่ำสุด คือมีค่าเท่ากับ 0.34 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ในขณะที่มีค่าทีบีเอเริ่มต้น ในวันที่ 0 มีค่าเพียง 0.19 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง การเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ในระดับที่แตกต่างกันมีผลต่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ กล่าวคือ ในสภาวะการเก็บที่เหมือนกันระดับความเข้มข้นที่สูงกว่ามีผลชะลอการเพิ่มขึ้นของค่าทีบีเอได้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ Tarladgis และคณะ (1960) กล่าวว่าค่าทีบีเอ

ที่สามารถตรวจรับกลิ่นผิดปกติในเนื้อหมูบดโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ใช้ผู้ที่ผ่านการฝึกมาอย่างดี จะมีค่าประมาณ 0.5 - 1.0 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่ไม่ได้เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล และบรรจุในสภาวะสุญญากาศ จะมีค่าในปริมาณดังกล่าว ในวันที่ 18 ของการเก็บ เมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรพื้นฐานที่ไม่ได้เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล พบว่าจะมีค่าทีบีเอที่สามารถตรวจรับได้ในวันที่ 6 ของการเก็บ แต่ที่ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล 5 10 และ 20 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ สามารถตรวจรับกลิ่นผิดปกติได้ในวันที่ 9 15 และ 18 ของการเก็บตามลำดับ นอกจากนี้ไส้กรอกที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติโดยสูตรเสริมใยอาหารสามารถตรวจรับกลิ่นผิดปกติได้ในวันที่ 9 ของการเก็บ ในขณะที่ไส้กรอกสูตรพื้นฐาน สามารถตรวจรับกลิ่นผิดปกติโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ในวันที่ 6 ของการเก็บ โดยสามารถตรวจรับได้ที่ระดับความเข้นข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอลที่ 0 และ 5 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ ตามลำดับ ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล 10 และ 20 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ สามารถตรวจรับกลิ่นผิดปกติได้ในวันที่ 9 ของการเก็บ นอกจากนี้พบว่า ไส้กรอกสูตรพื้นฐานที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติและไม่มีการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลจะมีค่าทีบีเอสูงสุดในวันที่ 18 คือมีค่าเท่ากับ 1.13 มิลลิกรัมมาโลนอัลดีไฮด์ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง ดังนั้นจากการทดลองในครั้งนี้พบว่าระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล มีผลต่อการป้องกันการเกิดกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล ที่เพิ่มขึ้น (5 - 20 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์) สามารถป้องกันปฏิกริยาออกซิเดชั่นได้เพิ่มขึ้น ซึ่งจากการทดลองของ Misumoto และคณะ (1991) กล่าวว่า การใช้วิตามินอีในระดับความเข้มข้น 6 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ ยังคงมีประสิทธิภาพในการเป็นสารกันหืน ในขณะที่การใช้วิตามินอีในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นสาร prooxidant เช่น ในกรดลิโนลิอิก การใช้วิตามินอีความเข้มข้นร้อยละ 0.76 (7,600 มิลลิกรัม / กิโลกรัม) จะทำหน้าที่เป็นสาร prooxidant ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำกว่าร้อยละ 0.38 (3,800 มิลลิกรัม / กิโลกรัม) จะทำหน้าที่เป็นสารกันหืน แต่จากการทดลองจะเห็นผลไม่ชัดเจนทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Mercier และคณะ (1998) ซึ่งกล่าวว่าการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพของไส้กรอกในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปริมาณการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ 18 ค่า Aw ของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		5	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		10	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		20	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
	พื้นฐาน	0	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		5	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		10	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[s]	0.97[a]	0.97[a]
		20	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[s]	0.97[a]	0.97[a]
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		5	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[q]	0.97[a]
		10	0.98[a]	0.98[a]	0.98[s]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		20	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
	พื้นฐาน	0	0.98[a]	0.98[a]	0.98	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		5	0.98[a]	0.98[a]	0.98	0.98[a]	0.97[a]	0.97[q]	0.97[a]
		10	0.98[a]	0.98[a]	0.98	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]
		20	0.98[a]	0.98[a]	0.98	0.98[a]	0.97[a]	0.97[a]	0.97[a]

หมายเหตุ [a] ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.01)

ตารางที่ 19 ค่าพีเอชของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	6.34[a]	6.35[a]	6.16[a]	6.19[a]	6.18[a]	6.18[a]	5.66[a]
		5	6.34[a]	6.36[a]	6.18[a]	6.16[a]	6.16[a]	6.17[a]	5.66[a]
		10	6.51[a]	6.50[a]	6.03[a]	5.19[a]	6.14[a]	6.10[a]	5.68[a]
		20	6.50[a]	5.50[a]	6.16[a]	6.19[a]	6.18[a]	6.16[a]	5.68[a]
	พื้นฐาน	0	6.42[a]	6.40[a]	6.08[a]	5.19[a]	6.14[a]	6.13[a]	5.68[a]
		5	6.35[a]	6.37[a]	6.26[a]	6.20[a]	6.16[a]	6.10[a]	5.68[a]
		10	6.38[a]	6.38[a]	6.13[a]	6.12[a]	6.12[a]	6.11[a]	5.69[a]
		20	6.38[a]	6.38[a]	6.25[a]	6.12[a]	6.13[a]	6.13[a]	5.69[a]
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	6.34[a]	6.30[a]	6.22[a]	6.19[a]	6.14[a]	6.14[a]	5.84[a]
		5	6.34[a]	6.30[a]	6.36[a]	6.19[a]	6.15[a]	6.15[a]	5.84[a]
		10	6.51[a]	6.50[a]	6.33[a]	6.17[a]	6.15[a]	6.14[a]	5.88[a]
		20	6.51[a]	6.43[a]	6.32[a]	6.12[a]	6.16[a]	6.13[a]	5.88[a]
	พื้นฐาน	0	6.42[a]	6.40[a]	6.32[a]	6.20[a]	6.12[a]	6.10[a]	5.80[a]
		5	6.35[a]	6.30[a]	6.13[a]	6.12[a]	6.10[a]	6.10[a]	5.80[a]
		10	6.38[a]	6.40[a]	6.26[a]	6.17[a]	6.11[a]	6.18[a]	5.83[a]
		20	6.38[a]	6.42[a]	6.27[a]	6.17[a]	6.11[a]	6.10[a]	5.87[a]

หมายเหตุ [a] ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

ตารางที่ 20 ค่าทีบีเอของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	0.14^{ab}	0.15^{e}	0.18^{b}	0.20^{b}	0.28^{e}	0.37^{c}	0.51^{e}
		5	0.11^{bc}	0.14^{d}	0.15^{a}	0.21^{c}	0.26^{b}	0.30^{a}	0.42^{d}
		10	0.13^{bc}	0.12^{c}	0.16^{ab}	0.19^{a}	0.23^{a}	0.36^{bc}	0.38^{c}
		20	0.19^{bc}	0.22^{l}	0.23^{b}	0.29^{f}	0.29^{c}	0.32^{b}	0.34^{a}
	พื้นฐาน	0	0.12^{a}	0.40^{n}	0.74^{f}	0.78^{n}	0.85^{j}	0.89^{h}	0.95^{k}
		5	0.13^{abc}	0.26^{l}	0.46^{de}	0.54^{f}	0.66^{f}	0.77^{f}	0.89^{gh}
		10	0.11^{ab}	0.11^{b}	0.16^{ab}	0.25^{e}	0.45^{d}	0.59^{d}	0.71^{f}
		20	0.11^{ab}	0.11^{a}	0.16^{ab}	0.22^{d}	0.25^{ab}	0.34^{bc}	0.37^{b}
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	0.17^{abc}	0.22^{l}	0.34^{c}	0.62k	0.65^{f}	0.66^{e}	0.92^{l}
		5	0.12^{bc}	0.22^{h}	0.46^{de}	0.65^{l}	0.72^{gh}	0.84^{g}	0.93^{l}
		10	0.12^{c}	0.35^{l}	0.53^{c}	0.73^{m}	0.88^{k}	0.89^{h}	0.89^{k}
		20	0.14^{ab}	0.35^{l}	0.45^{de}	0.51^{n}	0.62^{c}	0.70^{e}	0.88^{g}
	พื้นฐาน	0	0.11^{ab}	0.39^{m}	0.50^{e}	0.60^{l}	0.77^{l}	1.11^{l}	0.13^{m}
		5	0.05^{bc}	0.19^{g}	0.68^{f}	0.83^{o}	0.88^{k}	0.94^{l}	0.99^{l}
		10	0.13^{abc}	0.18^{f}	0.49^{e}	0.62^{k}	0.73^{h}	0.78^{f}	0.95^{k}
		20	0.11^{ab}	0.31^{k}	0.39^{cd}	0.50^{g}	0.71^{g}	0.88^{h}	0.93^{l}

หมายเหตุ $^{a\text{-}m}$ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.01$)

4.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ ระหว่างการเก็บรักษาตลอดระยะเวลา 18 วัน (ตารางที่ 21) พบว่าไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกชนิด โพลีเอทิลีน / เอทิลีนไวนิลแอลกอฮอล์ ในสภาวะสุญญากาศและสภาวะบรรยากาศปกติ มีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นในทุกชุดการทดลองต่ำ (11 - 30 โคโลนี / กรัม) ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนระหว่างการทำให้สุก ซึ่งประกอบด้วยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที และรมควันที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วจึงนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที มีผลยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์บางชนิดแต่เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นจำนวนจุลินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้นด้วย ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐาน ที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ สามารถเก็บได้ 9 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ 2.00×10^4 ถึง 3.90×10^4 โคโลนี / กรัม ยกเว้นไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล ในปริมาณ 10 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ และบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศซึ่งมีอายุการเก็บ 12 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่นแฮมที่ยอมให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมดถึง 10^5 โคโลนี / กรัม หากสูงกว่านี้จะถือว่าบริโภคไม่ได้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2532)

เมื่อเก็บรักษาไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ เป็นเวลานานขึ้น หลังจากวันที่ 9 ไส้กรอกเริ่มจะมีลักษณะเน่าเสียปรากฏขึ้น มีสีซีด มีเมือก มีกลิ่นเหม็น มีการสูญเสียน้ำบางส่วนออกมาที่ผิว และมีน้ำสีขาวขุ่นในภาชนะบรรจุ โดยเฉพาะไส้กรอกที่บรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติส่วนไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศแม้จะสามารถเก็บได้เพียง 9 วัน เช่นกัน แต่ยังไม่มีลักษณะของการเน่าเสียและพบว่าลักษณะปรากฏยังได้รับการยอมรับ เนื่องจากใยอาหารที่เสริมเข้าไปในไส้กรอกมีสมบัติในการอุ้มน้ำดี นอกจากนี้สภาวะดังกล่าวมีก๊าซออกซิเจนจำกัด จึงทำให้จุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศ เจริญได้ช้ากว่าการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ ซึ่งการบรรจุดังกล่าวสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนได้มากและสามารถชะลอการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ที่ยังหลงเหลืออยู่ก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศได้

เช่น *Pseudomonas, Achromobacter* ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเน่าเสียของเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อ (Brown, 1982) นอกจากนี้การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีผลชะลอหรือยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ เช่น *Salmonella, Staphylococcus* จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษา และป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และลักษณะปรากฏทั่วไปของผลิตภัณฑ์ (Silliker, *et al.*, 1977; Silliker and Wolfe, 1980)

4.4 **คุณภาพทางประสาทสัมผัส** ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร โดยใช้การทดสอบ แบบพรรณนาเชิงปริมาณ (ภาคผนวก ค) และใช้ผู้ทดลองที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว จำนวน 16 คน มีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 **สี** ในระยะการเก็บรักษาเริ่มต้น ไส้กรอกทุกชุดการทดลอง ที่มีการเสริมใยอาหารและเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล มีลักษณะปรากฏทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 22) ผลการทดลองดังกล่าวขัดแย้งกับการทดลองของ Cannon และคณะ (1995) ที่ใช้วิธีการเติมวิตามินอีในปริมาณมากกว่า 10 เท่าของปกติ ในหมูขณะเลี้ยงและขณะแปรรูปพบว่าสีของผลิตภัณฑ์ที่ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามผลการทดลองในครั้งนี้มีความสัมพันธ์กับการวัดค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter Lab เนื่องจากผลิตภัณฑ์ผ่านการรมควันพร้อมกัน จึงทำให้สีของผลิตภัณฑ์ในวันเริ่มต้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น คะแนนการยอมรับทางด้านสี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่คะแนนยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพพบว่า ไส้กรอกทุกชุดการทดลองเมื่อเก็บไว้นานขึ้นสีจะซีดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Francisco และคณะ (1972) ที่กล่าวว่า การเก็บไส้กรอกปลาที่อุณหภูมิ 2 - 7 องศาเซลเซียส สีของผลิตภัณฑ์จะค่อยๆ ซีดลงตลอดระยะเวลาในการเก็บ และจากการสังเกตทางด้านกายภาพ จะเห็นว่าสอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

4.4.2 **ความแน่นเนื้อ** ความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในวันที่ 3 - 18 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 23) จะมีค่า

ความแน่นเนื้อลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลที่ได้จะเห็นว่าสอดคล้องกับค่าต้านแรงเฉือนของผลิตภัณฑ์ นั่นคือค่าต้านแรงเฉือนลดลง เมื่อความแน่นเนื้อลดลง

4.4.3 **ความนุ่มเนื้อ** ทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ตารางที่ 24) กล่าวคือ ความนุ่มเนื้อมีค่าลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากการสูญเสียความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ โดยไส้กรอกสูตรพื้นฐานจะได้รับการยอมรับมากกว่า เนื่องจากมีปริมาณไขมันสูงกว่า Hand และคณะ(1987) กล่าวว่า ไขมันมีหน้าที่ทำให้เนื้อสัมผัสนุ่มไม่แข็งกระด้าง ในขณะที่ไส้กรอกเสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ลงไปร้อยละ 4 ใยอาหารอาจไปรบกวนระบบของอิมัลชั่น โดยไปดูดซับน้ำและน้ำมัน ซึ่งมีหน้าที่ทำให้เกิดอิมัลชั่นเอาไว้บางส่วน จึงมีผลให้ความนุ่มลดลง แต่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว

4.4.4 **ความยึดเกาะตัว** คะแนนการยอมรับทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา (ตารางที่ 25) อย่างไรก็ตามคะแนนการยอมรับทางด้านความยึดเกาะตัวยังอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้บริโภคยอมรับได้ภายในระยะเวลา 15 วัน ซึ่งลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น โดยไส้กรอกจะมีลักษณะเนื้อยุ่ยไม่เกาะติดกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่เจริญในไส้กรอกสามารถย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีนเกิดเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโนขึ้น ทำให้เนื้อของไส้กรอกยุ่ยลง (Anonymous, 1986)

4.4.5 **ความรู้สึกในปาก** จากผลการทดลองความรู้สึกในปากของตัวอย่างมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 26) โดยทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา เมื่อเติมใยอาหารลงไปในผลิตภัณฑ์มีผลทำให้น้ำและไขมันในผลิตภัณฑ์ถูกดูดซับไว้ส่วนหนึ่ง จึงมีผลให้ความชุ่มน้ำลดลง ส่งผลให้ความรู้สึกเนียนเป็นเนื้อเดียวกันลดลงด้วย

ตารางที่ 21 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	13	1.85×10^{3}	1.16×10^{4}	2.72×10^{4}	1.38×10^{5}	5.15×10^{5}	$>10^{5}$
		5	14	1.80×10^{3}	1.17×10^{4}	2.79×10^{4}	1.47×10^{5}	1.85×10^{5}	$>10^{5}$
		10	18	1.35×10^{3}	1.13×10^{4}	2.52×10^{4}	1.70×10^{5}	8.35×10^{5}	$>10^{5}$
		20	19	1.55×10^{3}	1.29×10^{4}	2.48×10^{4}	1.50×10^{5}	8.75×10^{5}	$>10^{5}$
	พื้นฐาน	0	16	1.75×10^{3}	1.22×10^{4}	2.80×10^{4}	6.20×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		5	15	1.80×10^{3}	1.14×10^{4}	2.52×10^{4}	5.90×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		10	11	1.70×10^{3}	1.63×10^{4}	2.50×10^{4}	6.63×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		20	15	1.60×10^{3}	1.59×10^{4}	2.00×10^{4}	1.49×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	13	1.65×10^{3}	1.20×10^{4}	2.89×10^{4}	1.23×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		5	26	1.70×10^{3}	1.15×10^{4}	2.41×10^{4}	1.20×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		10	20	1.35×10^{3}	1.19×10^{4}	2.50×10^{4}	1.43×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		20	30	1.30×10^{3}	1.13×10^{4}	2.36×10^{4}	1.75×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
	พื้นฐาน	0	23	1.60×10^{3}	1.14×10^{4}	2.57×10^{4}	5.80×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		5	15	1.80×10^{3}	1.46×10^{4}	3.90×10^{4}	2.77×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		10	27	1.50×10^{3}	1.72×10^{4}	2.70×10^{4}	1.40×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$
		20	15	1.60×10^{3}	1.70×10^{4}	2.30×10^{4}	4.85×10^{5}	$>10^{5}$	$>10^{5}$

ตารางที่ 22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตร พื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	4.96	5.53	6.14	5.98	6.28	6.47	7.06
		5	4.99	4.70	5.58	5.96	6.37	6.62	6.54
		10	5.51	5.00	5.41	6.03	6.04	6.56	6.51
		20	5.76	5.19	5.02	6.25	5.92	5.93	5.96
	พื้นฐาน	0	9.39	6.20	6.11	6.47	6.66	6.71	6.26
		5	6.64	6.40	6.37	6.62	6.63	6.86	7.06
		10	6.64	5.03	5.78	5.74	5.59	5.79	4.99
		20	4.70	5.81	5.74	5.86	6.54	5.18	6.49
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	4.27	5.09	6.02	6.27	5.39	5.16	6.71
		5	4.41	6.79	5.61	5.13	5.82	5.27	5.18
		10	5.07	5.89	5.20	5.61	5.54	4.99	6.08
		20	5.30	6.39	5.12	6.25	6.59	5.52	5.72
	พื้นฐาน	0	8.06	6.10	6.17	5.71	6.09	5.95	5.31
		5	5.75	6.19	6.08	6.04	5.84	5.14	5.99
		10	4.92	6.29	7.55	6.15	6.08	5.71	5.91
		20	4.82	6.19	5.70	6.06	5.94	5.95	5.74

ตารางที่ 23 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	5.86	6.13	5.38	6.03	5.77	5.45	5.18
		5	5.68	5.41	5.18	5.73	5.52	5.26	4.90
		10	5.69	5.33	5.14	5.97	5.47	5.74	5.57
		20	5.62	4.78	5.35	5.80	5.67	5.42	5.30
	พื้นฐาน	0	6.32	6.45	6.26	6.27	6.06	5.37	5.48
		5	6.35	5.71	6.23	6.61	6.06	5.24	5.19
		10	6.53	6.88	6.47	6.49	6.15	6.02	5.50
		20	6.49	6.33	6.37	6.13	6.76	6.60	6.82
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	6.69	6.75	6.58	5.62	5.80	5.53	5.24
		5	5.64	5.50	4.99	5.45	5.79	5.29	4.68
		10	5.87	5.21	5.15	4.96	5.72	5.27	5.17
		20	5.34	5.14	4.59	6.26	5.66	5.78	5.00
	พื้นฐาน	0	6.48	6.70	6.53	6.29	5.65	5.10	4.19
		5	6.21	5.63	5.75	6.74	6.37	6.50	6.33
		10	6.07	5.41	5.76	6.55	6.37	6.47	6.67
		20	5.77	5.30	5.47	5.50	6.42	6.21	6.31

ตารางที่ 24 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มเนื้อของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	5.53	5.52	5.31	6.23	5.95	6.50	7.48
		5	6.06	5.89	5.51	6.21	5.71	5.77	5.76
		10	6.47	5.93	5.67	6.22	5.75	5.88	6.09
		20	6.39	6.14	5.86	5.62	5.88	5.86	6.04
	พื้นฐาน	0	6.59	6.52	6.56	6.60	5.55	5.94	6.11
		5	6.57	6.46	6.50	6.64	5.99	5.88	5.60
		10	6.33	6.30	6.13	6.32	6.67	6.75	7.01
		20	6.63	6.63	6.84	6.49	6.81	7.01	6.93
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	5.32	5.07	5.11	6.39	6.31	6.49	7.29
		5	5.97	5.61	5.41	5.85	6.39	6.74	6.82
		10	5.91	5.41	4.95	4.97	5.64	5.48	5.38
		20	5.78	5.53	5.15	6.59	5.85	5.77	5.90
	พื้นฐาน	0	6.04	5.81	5.84	6.25	6.55	6.44	6.77
		5	6.36	6.19	6.03	6.22	6.86	7.51	7.86
		10	5.73	5.55	5.36	5.97	6.52	6.83	6.95
		20	6.32	6.15	5.99	5.86	6.37	6.52	6.97

ตารางที่ 25 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความยืดเกาะตัวของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	5.25	4.81	4.85	6.25	5.53	6.04	6.22
		5	5.39	5.11	4.97	6.08	6.36	6.81	6.99
		10	5.76	5.57	5.59	6.64	5.90	6.17	6.26
		20	6.50	5.90	6.13	6.13	5.77	5.89	5.98
	พื้นฐาน	0	6.27	6.03	5.94	6.58	6.02	6.34	6.15
		5	6.77	6.62	6.74	7.03	6.30	6.80	6.77
		10	5.93	5.84	6.04	6.77	6.22	6.29	6.20
		20	6.33	6.00	6.33	6.27	6.62	6.77	6.94
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	5.73	5.53	5.59	5.60	5.99	6.18	6.20
		5	5.86	5.36	5.59	5.43	5.52	5.09	4.87
		10	5.22	4.79	5.14	5.38	5.82	5.56	5.24
		20	5.08	5.11	4.94	5.68	6.08	6.15	6.02
	พื้นฐาน	0	6.21	6.16	6.29	6.410	6.86	6.55	6.71
		5	6.23	6.05	6.33	7.06	6.93	6.92	7.04
		10	6.00	5.78	7.28	6.78	6.46	6.65	7.12
		20	6.00	7.69	6.21	6.95	6.48	6.54	6.76

ตารางที่ 26 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความรู้สึกในปากของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	5.18	5.18	4.94	6.09	5.82	6.07	6.82
		5	5.63	5.63	5.74	6.30	6.58	6.62	6.13
		10	5.88	5.88	6.19	6.62	6.17	6.21	6.82
		20	6.22	6.22	6.70	6.91	6.49	6.11	7.16
	พื้นฐาน	0	6.08	6.08	6.44	6.44	5.89	5.78	7.83
		5	6.30	6.30	6.79	6.93	6.32	6.02	7.33
		10	5.82	5.82	6.00	6.86	6.32	6.18	7.50
		20	6.40	6.40	6.79	6.65	6.40	6.62	8.18
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	6.18	6.18	6.31	6.20	6.15	6.30	7.34
		5	5.91	5.91	5.76	5.55	5.94	5.60	7.19
		10	5.23	5.23	5.41	5.08	6.01	6.40	7.13
		20	5.34	5.34	5.55	5.09	6.26	6.48	6.50
	พื้นฐาน	0	5.56	5.56	5.65	6.46	6.08	6.18	7.15
		5	6.42	6.42	6.84	6.82	6.17	6.55	7.18
		10	5.88	5.88	5.96	6.54	6.26	6.56	8.50
		20	5.89	5.88	6.04	6.87	6.31	6.62	6.83

4.4.6 **กลิ่นผิดปกติ** กลิ่นผิดปกติมีมากขึ้นในทุกตัวอย่าง เมื่อระยะเวลาในการเก็บนานขึ้น และมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) (ตารางที่ 27) โดยมีกลิ่นหืนเป็นตัวชี้อัตราการเสื่อมเสียที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าเมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ถึงวันที่ 15 และ 18 ไม่สามารถทดสอบผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์เกิดการเน่าเสีย และมีกลิ่นเหม็นอาจเกิดจากการย่อยสลายโปรตีนของจุลินทรีย์เกิดเป็นสารที่ให้กลิ่นที่ไม่ต้องการ เช่น แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น

4.4.7 **ความชอบรวม** โดยวิธีให้คะแนนความชอบ คะแนนการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร และสูตรพื้นฐานมีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บ (ตารางที่ 28) ในทุกชุดการทดลองในวันเริ่มต้น จะไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) เมื่อเพิ่มเวลาในการเก็บ พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าความชอมรวมลดลง โดยทุกชุดการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทั้งสูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติเป็นระยะเวลา 9 วัน ยกเว้นผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารที่เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณ 10 มิลลิกรัม / กิโลกรัมเนื้อสัตว์ และบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศผู้บริโภคจะให้คะแนนความชอบรวมเป็นระยะเวลา 12 วัน

ตารางที่ 27 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นผิดปกติของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	1.51	1.51	1.67	1.59	1.48	1.62	1.67
		5	1.09	1.09	2.24	1.99	2.01	2.51	3.10
		10	1.32	1.32	2.01	1.34	1.37	1.90	2.19
		20	1.40	1.40	1.38	1.14	1.21	1.58	1.59
	พื้นฐาน	0	1.39	1.39	1.60	1.20	1.72	1.81	2.60
		5	1.26	1.26	1.33	1.24	2.08	2.49	2.61
		10	1.33	1.33	1.47	1.35	1.84	2.00	2.43
		20	1.23	1.23	1.30	1.52	1.75	2.16	3.22
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	1.52	1.52	1.89	1.33	1.94	2.28	2.55
		5	1.46	1.46	1.69	1.41	1.69	2.45	2.96
		10	1.23	1.23	1.55	1.16	3.88	2.08	2.65
		20	1.16	1.16	1.52	1.45	1.45	2.33	2.87
	พื้นฐาน	0	1.05	1.05	1.25	1.22	1.38	1.72	1.92
		5	1.30	1.30	1.57	1.84	1.41	2.07	1.69
		10	1.23	1.23	1.38	1.91	1.39	1.95	2.34
		20	1.29	1.29	1.74	2.15	1.95	1.99	2.28

ตารางที่ 28 คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรเสริมใยอาหารและสูตรพื้นฐานที่บรรจุในถุง PE / EVOH ภายใต้สภาวะสุญญากาศและบรรยากาศปกติ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 วัน

สภาวะ	สูตร	ระดับความเข้มข้นของอัลฟา-โทโคเฟอรอล (มก./กก.เนื้อสัตว์)	อายุการเก็บ (วัน)						
			0	3	6	9	12	15	18
สุญญากาศ	เสริมใยอาหาร	0	6.82	6.45	6.65	7.22	6.33	5.03	4.00
		5	6.13	6.26	5.80	6.00	6.16	5.10	4.66
		10	6.82	6.38	5.96	6.58	6.66	5.76	4.16
		20	7.16	6.86	7.18	7.86	6.33	4.07	4.00
	พื้นฐาน	0	7.83	7.44	7.58	6.48	6.33	7.83	5.66
		5	7.33	7.42	7.06	7.06	8.00	7.88	5.00
		10	7.50	7.20	7.64	8.00	8.16	6.60	4.83
		20	8.18	8.03	8.30	8.62	8.83	8.53	5.66
บรรยากาศปกติ	เสริมใยอาหาร	0	7.34	7.12	7.40	6.12	5.50	3.97	4.33
		5	7.19	7.10	6.74	7.26	8.83	4.34	4.66
		10	7.13	7.38	6.98	5.92	6.00	4.87	5.00
		20	6.50	7.46	5.75	6.82	6.16	4.63	4.66
	พื้นฐาน	0	7.15	6.85	8.65	7.60	7.83	5.28	6.00
		5	7.18	6.99	8.30	7.68	7.16	5.02	6.83
		10	8.50	6.36	6.38	8.02	7.83	6.04	5.00
		20	6.83	6.96	5.71	7.32	7.33	5.96	5.50

บทที่ 4

สรุป

การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้สามารถทำการสกัดได้ 2 ส่วน คือ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำ โดยใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีสมบัติทางกายภาพ คือ มีค่า สี L, a และ b เท่ากับ 67.30 4.54 และ 19.74 ตามลำดับ มีลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ เมื่อศึกษาด้วยกล้องอิเลคตรอนไมโครสโคบ ชนิด Scanning พบว่ามีลักษณะหลวมและโปร่งฟู คล้ายฟองน้ำ มีความสามารถในการดูดซึมน้ำ เท่ากับ 5.05 กรัมน้ำต่อกรัมใยอาหาร และมีองค์ประกอบทางเคมี ประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน เถ้า และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ เท่ากับร้อยละ 10.08 6.53 4.20 และ 72.90 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับและยังประกอบด้วย ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส เท่ากับร้อยละ 11.46 45.44 และ 20.31 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ มีค่าพีเอช เท่ากับ 4.62 ในขณะที่ใยอาหารที่ละลายน้ำมีสมบัติทางกายภาพคือ ค่าสี L, a และ b เท่ากับ 70.83 0.42 และ 17.74 ตามลำดับ ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพเมื่อศึกษาด้วยกล้องอิเลคตรอนไมโครสโคบ ชนิด Scanning พบว่าอนุภาคอัดกันแน่นซึ่งเกิดจากกระบวนการทำแห้ง องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน เถ้า ใยอาหารที่ละลายน้ำ และเพกตินเท่ากับร้อยละ 19.46 3.71 9.54 65.91 และ 20.81 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับ มีค่าพีเอชเท่ากับ 8.70

การพัฒนาสูตรไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้พบว่าสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุด คือสูตรที่ 5 ซึ่งประกอบด้วยมันแข็งเท่ากับ ร้อยละ 22 ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 1.5 และใยอาหารที่ละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 2.5

การประเมินคุณภาพไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้พบว่ามีสมบัติทางกายภาพดังนี้ คือ มีค่าสี L ,a และ b เท่ากับ 61.70 6.73 และ 12.01 ลักษณะโครงสร้างกายภาพ เมื่อศึกษาด้วยกล้องอิเลคตรอนไมโครสโคปชนิด Scanning พบว่า อนุภาคอัดกันแน่นเนื่องจากใยอาหารเกิดการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าต้านแรงเฉือนเท่ากับ 8.51 นิวตัน ความสามารถในการอุ้มน้ำร้อยละ 73.00 และการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มร้อยละ 8.96 องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน ไขมันเท่ากับร้อยละ 57.70 12.32 และ 23.00 โดยน้ำ

หนักเปียกตามลำดับ และยังประกอบด้วยใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำเท่ากับร้อยละ 3.29 1.16 และ 2.09 โดยน้ำหนักเปียกตามลำดับและสารเยื่อใยเท่ากับร้อยละ 1.24 โดยน้ำหนักเปียก นอกจากนี้มีค่า A_w เท่ากับ 0.98 และค่าพีเอช เท่ากับ 6.55

ผลของการเติมอัลฟา-โทโคเฟอรอล และบรรจุผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารภายใต้สภาวะการบรรจุแบบสุญญากาศและบรรยากาศปกติ พบว่าสามารถเก็บไส้กรอกได้ 9 วัน ทั้งสูตรพื้นฐานและสูตรเสริมใยอาหารยกเว้นไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารที่เติมอัลฟา-โทโคเฟอรอลในปริมาณ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเนื้อสัตว์และบรรจุแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บ 12 วัน โดยระยะเวลาดังกล่าวไส้กรอกยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ โดยการใช้ใยอาหารจากเปลือกโกโก้มาทำการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ เพื่อให้มีใยอาหารสูง จากการศึกษา พบว่าสามารถใช้วัสดุเศษเหลือจากเปลือกโกโก้ นำมาทำการสกัดใยอาหารเพื่อเสริมในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะอื่นๆ ประกอบด้วย อาทิ

1.เปลือกโกโก้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและใยอาหารที่ละลายน้ำพบว่า จะได้ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณที่สูงกว่าใยอาหารที่ละลายน้ำ แต่ในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกจะใช้ใยอาหารที่ละลายน้ำมากกว่าดังนั้นควรหาวิธีสกัดใยอาหารจากวัสดุชนิดอื่นที่ให้ปริมาณสูงกว่า

2. การสกัดใยอาหารที่ละลายน้ำยังมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงไม่เหมาะที่จะนำไปผลิตในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากเมมเบรนที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิตมีราคาสูงและต้องสั่งมาจากต่างประเทศ ควรจะมีวิธีใช้วัสดุที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศจึงจะเหมาะสมและเป็นแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้จริงในระดับอุตสาหกรรม

3 .การผลิตไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหาร พบว่ายังใช้ปริมาณของมันแข็งในระดับที่สูงควรหาวิธีการใช้สารชนิดอื่นทดแทน เช่น กัม คาร์ราจีแนน เนื่องจากมันแข็งประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวถ้ารับประทานมากจะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

4. การใช้อัลฟา - โทโคเฟอรอล สามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์ได้แต่ควรที่จะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

จิระศักดิ์ วังวิวัฒน์. 2528. ผลของโปรตีนเกษตรและวัตถุกันเสียต่อคุณภาพไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2523. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ดุษณี สุทธิปรียาศรี. 2532. โภชนาศาสตร์คลีนิค. กรุงเทพฯ : โครงการตำราวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม.

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. 2527. ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ผลิตภัณฑ์สัตว์,กลุ่มงาน. 2531. สูตรมาตรฐานสำหรับไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์, เอกสารเผยแพร่ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เพลินใจ ตังคณะกุล, พัชรี ตั้งตระกูล, เนตรนภิศ วัฒนสุชาติ, พยอม อัตถวิบูลย์ และบุญมา นิยมวิทย์. 2538. อาหาร. 25 : 95 - 105.

เพ็ญทิพย์ เหลืองวรพันธ์. 2533. อิทธิพลของสภาพการบรรจุต่อชนิดของจุลินทรีย์และการสร้างเอนไซม์เทอร์โมนิวคลีเอสของสแตปไฟโลคอคคัสในไส้กรอกเวียนนา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2531. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รุ่งนภา ประกอบกิจ. 2538. การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์คุกกี้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิเคราะห์อาหาร , กอง. 2530. ไนเตรทและไนไตรท์ในอาหาร. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 17 : 117 - 118.

ศิริลักษณ์ สินธุวาลัย. 2531. การวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมจินตนา สุมิตสวรรค์. 2539. ผลของเกลือโปแทสเซียมคลอไรด์ กากสับปะรด และรำข้าวสาลี ต่อคุณภาพของไส้กรอกอิมัลชั่นที่ลดปริมาณไขมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุขศิริ โตกระแสร์. 2538. การพัฒนาผลิตภัณฑ์และการยอมรับไอศกรีมโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำเส้นใยสูงโดยการผสมเส้นใยจากฝรั่ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 2. กรุงเทพฯ : แอ๊สเสทการพิมพ์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2540. การผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำจากแป้งบุก. อาหาร. 27 : 36 - 43.

Altomare, R. E., Beale, R. J., Clausi, A. S. and Romig, W. R. 1984. Process for producing a pineapple core bulking agent. FSTA. 16 : 248.

Anderson, J.W. 1986. Dietary Fiber in The Nutrition Management of Diabetes. *In* : Basic and Clinical Aspects of Dietary Fiber. New York : Plenune Press.

Anderson, J. and Sieling, B. 1981. High fiber diet for diabetics. Food Technol. 42 : 118 - 123.

Anonymous, 1986. Lessons on ment. The National Livestock and Meat Board. Chicago, Illinois.

A.O.A.C. 1990. Official Method of Analysis, 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists. Virginia : Arlingtion.

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

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

Barbut, S., Maurer, A. J. and Lindsay, R. C. 1988. Effects of reduced sodium chloride and added phosphates on physical and sensory properties of turkey frankfurter. J. Food Sci. 53 : 62 - 66.

Berry, B.W. 1992. Low fat level effect on sensory, shear and chemical property of ground beef patties. J. Food Sci. 7 : 537 - 541.

Birch, G.G., Spencer, M. and Cameron. A.G. 1973. Food Science. New York : Pergamon Press.

Bishop, D.J., Olson, D.G. and Knipe, C.L. 1993. Pre - emulsified corn oil, pork fat added moisture quality of reduced fat bologna quality. J. Food Sci. 58 : 484 - 487.

Blickstad, E. and Molin, G. 1983. The microbial flora of smoked pork loin and frankurter sausage stored in different gas atmopheres at 4°C. J. Appl. Bacteriol. 54 : 45 - 56.

Bollinger, H. 1994. Dietary fiber nutritional physiological properties and application fields with special consideration of the new wheat fiber. Food Technol. Europe. 1 : 64 - 71.

Boriello, Huson, P.M. and Hill, M. 1978. Investigation of the gastrointestinal bacterial flora. Clin. Gastroenterol. 7 : 329 - 362.

Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technol. 32 : 62 - 66, 72.

Bradford, D.D., Huffman, D.L., Egbert, W.R. and Jones, W.R. 1993. Low fat fresh pork sausage patty stability in refrigerated storage with potassium lactate. J. Food Sci. 58 : 488 - 491.

Brown, M.H. 1982. Meat Microbiology. Applied Science Publishers Ltd., London.

Cannon, J.E., Morgan, J.B., Schmidt, G.R., Delonore, R.J., Sofos, J.N., Smith, G.C. and Williams, S.N. 1995. Vacuum - packaged precooked pork from hogs fed supplemental vitamin E : chemical, shelf - life and sensory properties. J. Food Sci. 60 : 1179 - 1182.

Carballo, J., Fernandez, P., Barreto, G., Solas, M.T. and Mneg, F.C. 1996. Morphology and texture of bolona sausage as related to content of fat, starch and egg white. J. Food Sci. 61 : 652 - 655.

Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K. and Baranowski, J.D. 1988. Chemical, Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. Cereal Chem. 65 : 244 - 247.

Christian, J.A. and Saffle, R.L. 1967. Plant and animal fats and oil emulsified in model system with muscle salt - soluble protein. Food Technol. 21 : 1024 - 1027.

Christensen, B. and Mogensen, F. 1995. Low calorie meat products. U.S. Patent. 5,468,510.

Chou, Y. T., Garrison, D.F. and Lewis, W. I. 1990. Alkaline extraction, peroxide bleaching of nonwoody linocellulose substrates. U.S. Patent. 4,997,599.

Claus, J. R. Hunt, M. C., Kastner, C. L. and Kropt, D. H. 1991. Low - fat, high - added water bologna : effects of massaging, preblending and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. J. Food Sci. 55 : 338 - 341, 345.

Claus, J. R. and Hunt, M. C. 1991. Low fat high added water bologna formulated with texture modifying ingredients. J. Food Sci. 56 : 643 - 652.

Cross, H.R., Berry, B.W. and Well, L.H. 1980. Effect of fat level and source on the chemical, sensory and cooking properties of ground beef patties. J. Food Sci. 45 : 791 - 793.

Cummings, J.H. 1981. Dietary fiber. J. Brit. Med. 37 : 65 - 70.

Cummings, J.H., Wiggings, H.S., Jenkins, J.A., Honston, H., Jivaraj, T., Draser, B.S. and Hill, M.S. 1978. Influence of diets high and low in animal fat on bowel habit, gastrointestinal transit time, faecal microflora, bile acid and fat excretion. J. Clin. Invest. 61 : 953 - 985.

Duan, H. 1979. Interaction of woodsmoke component and foods. *In* Food Processing (ed. T. paiboon) 35 - 50 Bankok : Odeanstore.

Drummond, K. E. 1994. Nutrition for the Food Service Professional. New York : Van Nostrand Reinhold.

Dziezak, J. D. 1990. Phosphate improve many foods. Food Technol. 44 : 88 - 92.

Eastwood, M.A., Brydon, W.G. and Tadesse, K. 1988. Effects of fiber on colon function. *In* Medical Aspects of Dietary fiber (eds. G.A. Spiller and R.M. Kay) Plenum, New York. PP 1 - 26.

Eder, H. A. and Gidez L.I. 1982. The Clinical significance of the plasma high density Lipoproteins. *Cited by* L. Prosky and J.W. Devries. Controlling Dietary Fiber in Food Products. New York : Van Nostrand Reinhold.

Egan, H., Kirk, R. S. and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Food. London : Churchill Livingetone.

Evan, L.G. 1960. The Science of Meat and Meat Product. San Francisco : Amarican Meat Institute Foundation.

Frank, G. 1960. Sausage and Small Goods Product . London : Leonard Hill Books Limited.

Francsico, S.H., Nora, Y.T. and Catherine, G.C. 1972. Stability of fish sausage at low temperature sausage. J. Food Sci. 37 : 191 - 193.

Friberg, S. 1976. Food Emulsion. New York : Marcel Dekker.

Formanek, Z., Kerry, J.P., Buckley, D.J., Morrissey, P.A. and Farkas, J. 1998. Effects of dietary vitamin E supplementation and packging on the quality of minced beef. Meat Sci. 50 : 203 - 210.

Forrest, J. C., Abert, E. D., Hedrick, H. B., Judage, H. D. and Merkel, R. A. 1976. Principle of Meat Science. London : W.H. Freeman and Company.

Girard, J.P., Denoyer, C. and Maillard, T. 1992. Coarse comminution and restructuring of sausage mix. *In* (ed. J.P. Girard.) Technology of meat and Meat Product. England : Eills Horwood limited.

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 : 213 - 217.

Graham, H., Rydberg, M.G. and Amen, P. 1988. Extraction of soluble dietary fiber. J. Agric. Food Chem. 36 : 494 - 497.

Grau, F.H. and Vanderlinde, P.B. 1992. Occurrence, numbers and growth of *Listeria monocytogenes* on some vacuum - packed processing meat. J. Food Prot. 55 : 4 - 7.

Grethlein, H. 1991. Dietary fiber and a process for their production. U.S.Patent. 4,997,665.

Hand, L.W., Hollingsworth, C.A., Calkins, C.R. and Mandigo, R.W. 1987. Effects of preblending, reduced fat and salt levels on frankfurter characteristics. J. Food Sci. 52 : 1149 - 1151.

Hansen, S. K. and Balle, A. H. 1991. Production and process for preparing a plant fiber product. U.S.Patent. 5,068,121.

Heaton, K. W. 1973. Food fiber as an obstacle to energy intake. Lancet. 22 : 1418 - 1421.

Houben, J.H., Eikelenboom, G. and Hoving, A.H. 1998. Effect of the dietary supplementation with vitamin E on colour stability and lipid oxidation in packaged, minced pork. Meat Sci. 48 : 265 - 273.

Hughes, E., Cofrades, S. and Troy, D.J. 1997. Effects of fat level oat fibre and carageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. Meat Sci. 45 : 273 - 281.

Hunnighake, D.B., Miller, V.T., Larosa, J.C., Kinosian, B., Brown, V., Howard, W.J., Diserio, F. J. and Conner, R. R. 1994. Hypocholesterol effects of dietary fiber supplement. Amer. J. Clin.Nutr. 59 : 1050 - 1054.

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 : 209 - 213.

Jenkins, D.J.A. 1988. Carbohydrate. *In* Modern Nutiting in Health and Disease. (eds. M.E. Shils and V.R. Young). Lea & Fabizer, Philadelphia. pp. 52 - 71

John, C.F., Abbele, E.D., Hedric, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A. 1975. Principles of Meat Science. San Francisco : W.H. Freeman and Company.

Karen, L. W., Beggs, A. B. and Duane, B. 1997. Sensory and physical characteristics of reduced at turkey frankfurters with modified corn starch and water. J. Food Sci. 62 : 1240 - 1244.

Kerley, M.S., Fahey, G.S., Berger, N.R. and Gould, J.M. 1986. Effect of alkaline hydrogen perxide treatment of wheat straw on site and extent of digestive in sheep. J. Animal Sci. 63 : 868 - 878.

Kramlich, W.E. 1971. Sausage Product. In the Science of Meat and Meat Products (eds. J.F. Price and B.S. Schweigert) San Fancisco : W.H. Freeman and Company. PP 485 - 512.

Kramlich, W. E., Pearson, A. M. and Tauber, F. W. 1980. Processed Meats 3rd ed. Westport Connecticut : AVI Publishing Company.

Kreuzer, R. 1974. Fishery Products. London : The Whitefriars Press. 152 - 168.

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

Lin, K.C., Keeton, J.T., Gilchrist, C.L. and Cross, M. R. 1988. Comparision of carboxymethyl cellulose with differing molecular features in low - fat frankfurters. J. Food Sci. 53 : 1592 - 1595.

Masuda, A. 1991. Porridgelike dietary fiber, Foods containing the same, and method for producing porridgelike dietary fiber. European Patent Application. 91114214.9

Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M.R., Remignon, H. and Renerre, M. 1998. Effect of dietary fat and vitamin E on color stability and on lipid and protein oxidation in turkey meat during storage. Meat sci. 48 : 301 - 318.

Miguel, R. I. S., Kunkel, M, E., Bridges, W. C., Dick, R. L. and Acton, J. C. 1990. Protein quality of selected muscle foods as affected by the exchange of dietary wheat bran for cellulose. J. Food Sci. 55 : 885 - 887.

Misumoto, M., Cassens, R.G., Schaefer, D.M., Arnold, R.N. and Scheller, K.K. 1991. Improvement of color and lipid stability in beef longissimus with dietary vitamin E and C dip tretment. J. Food Sci. 56 : 1489 - 1492.

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 : 632 - 636.

Nuria, G., Maria, I.A. and Olga, M. 1999. Characterisation of low - dietary fiber frankfurters. J. Meat Sci. 52 : 247 - 256.

Ockerman, H.W. 1989. Sausage and Processed Meat Formulations. Van Nostrand Reinhold. New York.

Papadima, S.N. and Bloukas, J.G. 1999. Effect of fat level and storage conditions on quality characteristics of traditional Greek sausage. Meat Sci. 51 : 103 - 113.

Parks, L. L. and Carpenter, J. A. 1987. Functionality of six nonmeat protein in emulsion systems. J. Food Sci. 52 : 271 - 274.

Pearson, A.M. and Tauber, F.W. 1984. Processed Meats. 2nd ed Westport, Connecticut : The AVI Publishing.

Pomeranz, Y.S., Finney, K.F. and Bechtel, D.B, 1977. Fiber in breadmaking - effect on function properties. Cereal Chem. 54 : 25 - 41.

Price, J.F. and Schweigert, B.S. 1971. The Science of Meat and Meat Products. 2nd ed. London : W.H. Freeman and Company.

Price, J.F. and Schweigert, B.S. 1973. The Science of Meats and Meat Products 2nd ed. San Francisco : W.H. Freeman and Company.

Prosky, L. and Devries, J.W. 1992. Controlling Dietary Fiber in Food Products New York. Van Nostrand Reinhold.

Quaglia, B. and Carletti, G. 1993. Effect of heat treatment on characteristics of sugar beet fiber. Food Sci. Technol. 26 : 239 - 244.

Rakosky, J. 1970. Soy products for the meat industry. J. Agric. Food Chem.18 :1005 - 1011.

Ranem, P.M. and Destefanis, V.A. 1987. Bleaching of flour and dietary fiber products. Cereal Food World. 34 : 984 - 988.

Rao, L.O., Draoghon, F.A. and Metton, C.C. 1984. Sensory characters of thuringer sausage extended with textured soy protein. J. Food Sci. 49 : 334 - 336.

Reiser, S. 1984. Metabolic aspects of nonstarch polysaccharide. Food Technol. 38 : 107 - 113.

Richard, J.M., Floyd, K.M., John, W.S. and Brewer, M.S. 1995. Sensory characteristics of frankfurters as affected by salt, fat, soy protein and carrageenan. J. Food Sci. 60 : 48 - 54.

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

Schneeman, B. O. 1989. Dietary fiber. Food Technol. 43 : 133 - 139.

Silliker, J.H., Woodruff, R.E., Lugg, J.R., Wolfe, S.K. and Brown, W.D. 1977. Preservation of refrigreted meat with controlled atmospheres : treatmentand

post treatment effect of carbon dioxide on pork and beef. Meat Sci. 1 : 195 - 204.

Silliker, J.H. and Wolfe, S.K. 1980. Microbiological safety considerations in controlled - atmosphere storge of meats Food Technol. 34 : 59 - 63.

Small, A.D., Claus, J.R., Wand, H. and Marriott, N. G. 1995. Particle size and mixing time effects on sensory and physical properties of low - fat, high - moisture pork frankfurters. J. Food Sci. 60 : 40 - 47.

Sone, T. 1972. Consistency of Foodstuffs. Holland : D. Poidel Publishing.

Southgate, D.A.T. 1981. What is dietary fiber. Food Technol. Australia. 33 : 24 - 25.

Southgate, D.A.T. and White, M. 1980. Glossary. *In* Medical Aspects of Dietary Fiber Ass (eds. G.A. Spiller and R.M. Kay). pp. 285 - 293.

Ston, J., Sidel, J., Olive, S. and Woolsey, A. 1974. Sensory evaluation by qualitative descriptive analysis. Food Technol. 28 : 24 - 34.

Surkiewiez, B.F., Johnston R.W. and Caroselle, J.M. 1977. Bacteriological survey of frankfurters produced at establishments under federal inspection. Food Technol. 36 : 559 - 563.

Swasdee, R. L., Terrell, R. N., Dutson, T. R. and Lewis, R. E. 1982. Ultrastructural changes during chopping and cooking of a frankfurter batter. J. Food Sci. 47 : 1011 - 1013.

Swift, C.E. and Sulgbacher, W.L. 1963. Comminuted meat emulsion : factors affecting meat protein as emulsion stabilizer. Food Technol. 17 : 106 - 108.

Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T. and Dugan, L.R. 1960. A distillation method for the quatitative determination of molomadehyde in rancid foods. J. Am. Oil Chem. Soc. 37 : 44 - 52.

Trout, G.R. and Schmidt, G.R. 1987.The effect of cooking temperature on the functional properties of beef protein : the role of ionic strength, pH and pyrophosphate Meat Sci. 20 : 129 - 147.

Troutt, S. E., Hunt, M.C., Johnson, D. E., Claus, J. R., Kastner, C. L., Krof, D. H. and Stroda, S. 1992. Characteristic of low fat ground beef containing texture - modify ingredients. J. Food Sci. 57 : 19 - 24.

Valiente, R. M., Esteban, E. M. and Lopez - Andreu, F.J. 1995. Roasting effects on dietary fiber composition of cocoa beans. J. Food Sci. 59 : 123 - 124.

VanSoest, P. J. and Wine, R. H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous foods determination of plant cell walls. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 50 : 50.

Vetter, J. L. 1984. Fiber as a food ingredient. Food Technol. 38 : 64 - 69.

Wang, C. and Muriana, P.M. 1993. Incidence of *Listeria monocytogenes* in packages of retail frankfurter . J. Food Prot. 57 : 382 - 385.

Wood, G.A.R. 1985. Production. *In* Cocoa. 4th. (eds. G.A.R. Wood, and R.A. Lass) England : Longman Grop Limited.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

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

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอะลูมิเนียม พร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน1 - 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5 - 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีก และกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

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) ประกอบด้วยขวดก้นกลมสำหรับใส่ตัวทำละลายซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดบรรจุ 250 มิลลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักประมาณ 2 กรัม ห่อให้มิดชิด แล้วใส่ลงหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 - 90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถความชื้น

8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 - 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

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

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

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน(Kjeldahl flask) ขนาด 250 - 300 มิลลิลิตร
2. ชุดกลั่นโปรตีน (Semi - microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (Volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร (Erlenmayer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร (Volummetric pipett)
6. บิวเรต ขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น

2. สารเร่งปฏิกริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน

3. สารประกอบของโซเดียมไฮดรอกโซด์ และโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 โดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม และสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายกรดบอร์ริกเข้มข้นร้อยละ 4 โดยละลายกรดบอร์ริก 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution : ชั่งเมทิลลีนบูล (methyene blue) 0.2 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร และชั่งเมทิลเรด (methyl red) 0.05 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร เวลาใช้นำมาผสมในอัตรา ส่วน stock solution 1 ส่วน ต่อ เอทิลแอลกอฮอล์ 1 ส่วน ต่อ น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1 - 2 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. เติมสารเร่งปฏิกริยา 5 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยในเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใส ปล่อยทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนหมดควันของซัลฟุริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีนให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

6. จัดอุปกรณ์กลั่น

7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ เรียบร้อยแล้วนำไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์จุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดบรรจุ 10 มิลลิลิตรใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มิลลิลิตร

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 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 = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับblankเป็นมิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือที่เป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

Factor = 6.25

(น้ำหนักสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

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

อุปกรณ์

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

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30 – 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1 – 3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควันแล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส และกระทำเช่นเดียวกับข้อ1 - 2

การคำนวณ

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

5.การหาปริมาณเพกติน (ดัดแปลงจากวิธีของ Ranganna, 1977)

อุปกรณ์

1. โถดูดความชื้น
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด
3. กระดาษกรองเบอร์ 4

สารเคมี

1. กรดอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มอล : เตรียมโดยการตวงสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 30 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำกลั่นปราศจากอิออน 500 มิลลิลิตร

2. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ : เตรียมโดยการชั่งสารแคลเซียมคลอไรด์ 27.05 กรัม นำมาละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร

การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 200 กรัม ในบีกเกอร์ 1,000 มิลลิลิตร
2. เติมแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 95 ปริมาณ 2 - 3 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำปราศจากอิออน 400 มิลลิลิตร ทำการกวนเพื่อให้ตัวอย่างละลาย
4. นำไปต้มให้เดือด แล้วทำให้เย็น
5. นำมาใส่ใน Volummetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายที่เตรียมไว้ 100 - 200 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 2 ใบ
2. เติมน้ำปริมาณ 250 มิลลิลิตร
3. ปรับให้เป็นกลางด้วย 1 นอร์มอล ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สารละลายฟีนอฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์
4. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ คนให้ละลาย เก็บค้างคืนไว้ 1 คืน
5. เติมสารละลายของกรดอะซิติก เข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาณ 50 มิลลิลิตร
6. หลังจากนั้น 5 นาที เติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เข้นข้น 1 นอร์มอล ปริมาณ 25 มิลลิลิตร คนให้ละลาย
7. ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วต้มให้เดือด 1 - 2 นาที
8. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
9. ล้างตะกอนด้วยน้ำเดือด จนกระทั่งปราศจากสารละลายของแคลเซียมคลอไรด์ ทำการทดสอบโดยการใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท
10. นำกระดาษกรองที่ประกอบด้วยแคลเซียมเพกเตทไปอบแห้ง แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณ

$$\text{แคลเซียมเพกเตท (ร้อยละ)} = \frac{\text{น.น ของแคลเซียมเพกเตท} \times 500 \times 100}{\text{ปริมาตรของสารละลายที่กรองได้} \times \text{น.น ของตัวอย่าง}}$$

6.การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำ (Lee, *et al.*,1992)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ทรงสูงขนาด 400 หรือ 600 มิลลิลิตร (berzelius beaker)

2. Fitering crucible ชนิดรูพรุนหยาบ ขนาด 40 – 60 ไมครอน ความจุ 60 มิลลิลิตร เตรียมโดยการเผาข้ามคืนที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส แล้วรอให้อุณหภูมิลดลงที่ 130 องศาเซลเซียส จึงนำเอาครูซิเบิลออก จุ่มใน cleaning solution เข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชะครูซิเบิลด้วยน้ำกลั่นปราศจากอิออน แล้วตามด้วยอะซิโตน 15 มิลลิลิตร ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง เติม celite ประมาณ 1 กรัม อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักของครูซิเบิล บรรจุ celite (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

3. เครื่องดูดสุญญากาศ พร้อมขวดสำหรับกรอง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร

4. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 98 $\pm$ 2 และ 60 องศาเซลเซียส และสามารถเขย่าได้

5. เครื่องชั่งอย่างละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

6. เตาเผา (muffle furnace)

7. ตู้อบไฟฟ้า : ควบคุมอุณหภูมิที่ 105 และ 130 องศาเซลเซียส

8. โถดูดความชื้น

9. เครื่องวัดพีเอช

10. ไมโครปิเปต ความจุ 50 – 300 ไมโครลิตร

11. เครื่องกวนแบบแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมแท่งแม่เหล็ก

สารเคมี (เตรียมโดยใช้น้ำปราศจากอิออน)

1. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์

1.1 เข้มข้นร้อยละ 85 : ตวง ร้อยละ 95 เอทิลแอลกอฮอล์ 895 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

1.2 เข้มข้นร้อยละ 78 : ตวง ร้อยละ 95 เอทิลแอลกอฮอล์ 821 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

2. Heat – stable α - amylase solution เก็บที่ 0 - 5 องศาเซลเซียส

3. Protease : เตรียมสารละลาย เอนไซม์ protease 50 มก./ มล. ใน MSE/TRIS buffer เก็บที่ 0 – 5 องศาเซลเซียส (เตรียมใหม่ทุกวัน)

4. Amyloglucosidase solution เก็บที่ 0 – 5 องศาเซลเซียส

5. Diatomaceous earth : Celite 545 a_w

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 องศาเซลเซียส) : เตรียมโดยละลาย 19.25 กรัม MES และ 12.2 กรัม TRIS ในน้ำ 1.7 ลิตร ปรับพีเอชเป็น 8.2 ที่ 24 องศาเซลเซียส ด้วย 6 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 2 ลิตร

วิธีการปรับพีเอช ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ปรับพีเอชเป็น 8.3
ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส ปรับพีเอชเป็น 8.2
ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ปรับพีเอชเป็น 8.1

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

วิธีการ

1. การเตรียมสารละลาย

1.1 บดตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิลิตร ตัวอย่างที่มีไขมันมากกว่าร้อยละ 10 ต้องสกัดไขมันโดยใช้ปิโตรเลียมอีเตอร์ 3 ครั้งๆ ละ 25. มิลลิกรัม/กรัม ก่อนการบดตัวอย่างที่มีปริมาณน้ำตาลสูงต้องกำจัดน้ำตาลโดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 85 10 มิลลิลิตร/กรัม 2 – 3 ครั้ง อบข้ามคืนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ต้องนำน้ำหนักของไขมัน น้ำตาล และความชื้นที่หายไป ใช้ในการคำนวณด้วย)

1.2 ชั่งตัวอย่าง 1.000 $\pm$ 0.005 กรัม 2 ซ้ำ (M_1 และM_2) ใส่ในบีกเกอร์ทรงสูง ขนาด 400 หรือ 600 มิลลิลิตร

1.3 เติม MES/TRIS buffer 40 มิลลิลิตร กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าจนเข้ากันดี เพื่อไม่ให้ตัวอย่างจับกันเป็นก้อน

1.4 เติมเอนไซม์ Heat – stable α - amylase 50 ไมโครลิตร กวนโดยใช้ความเร็วต่ำ ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ บ่มในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ 95 - 100 องศาเซลเซียส 15 นาที โดยให้มีการกวนหรือเขย่าตลอดเวลา (เริ่มจับเวลาเมื่ออุณหภูมิถึง 95 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาบ่มโดยรวม 35 นาที)

1.5 เอาบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำ เขี่ยตัวอย่างที่ติดข้างบีกเกอร์และกระจายตัวอย่างที่ส่วนก้นบีกเกอร์ด้วย spatula แล้วใช้น้ำ 10 มิลลิลิตรชะข้างบีกเกอร์และ spatula

1.6 เติมเอนไซม์ protease 100 ไมโครลิตร ลงในบีกเกอร์ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์บ่มที่อุณหภูมิ 65 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส 30 นาที โดยมีการเขย่าตลอดเวลา

1.7 เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.561 นอร์มอล 5 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ในขณะที่ทำการเขย่า

1.8 ปรับพีเอชเป็น 4.0 – 4.7 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วย 1 นอร์มอลโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ 1 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก

1.9 เติมเอนไซม์ amyloglucosidase 300 ไมโครลิตรในขณะที่มีการเขย่าปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ บ่มที่อุณหภูมิ 60 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส 30 นาที เขย่าตลอดเวลา

2. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด

2.1 เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอร์เข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 225 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ลงในบีกเกอร์ตัวอย่างจากข้อ 1.9

2.2 นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำ ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยด์ ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชั่วโมง

2.3 ล้างและกระจาย celite ในครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วด้วยสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 ใช้เครื่องดูดสุญญากาศ เพื่อให้ celite ติดกับแผ่นกรอง

2.4 กรองตัวอย่างผ่านครูซิเบิล ใช้ spatula และสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 ในปริมาณที่ช่วยถ่ายตะกอนจนหมด ใช้เครื่องดูดสุญญากาศช่วย

2.5 ล้างตะกอนในครูซิเบิลด้วย 15 มิลลิลิตรของสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และ อะซิโตน ชนิดละ 2 ครั้ง

2.6 นำครูซิเบิลไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ข้ามคืน ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ประมาณ 1 ชั่วโมง

2.7 ชั่งน้ำหนักครูซิเบิล (R_1และ R_2)

2.8 นำตะกอนตัวอย่างในครูซิเบิล 1 ซ้ำ มาหาปริมาณโปรตีน (P) ใช้ 6.25 เป็น conversion factor และนำครูซิเบิล บรรจุตัวอย่างอีก 1 ซ้ำที่เหลือมาหาปริมาณเถ้า (A) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 525 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง

3. การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ

3.1 ล้างและกระจาย celite ในครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้วด้วยน้ำ 3 มิลลิลิตร ใช้เครื่องดูดสุญญากาศช่วย

3.2 กรองตัวอย่างที่เตรียมด้วยวิธีการในข้อ 1 ผ่านครูซิเบิล โดยรองรับส่วนสารละลายด้วยขวดสำหรับกรองที่สะอาด

3.3 ชะบีกเกอร์และล้างตะกอนด้วยน้ำที่มีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 2 ครั้ง ครั้งละ 10 มิลลิลิตร รวบรวมสารละลายและน้ำที่ใช้ล้างตะกอนลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร แล้วเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำต่อไป

3.4 ล้างตะกอนที่ค้างอยู่ในครูซิเบิลด้วย 15 มิลลิลิตร ของสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 78 สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และอะซิโตน ชนิดละ 2 ครั้ง (ถ้ามีการล่าช้าในการล้างตะกอน จะทำให้ค่าที่ได้สูงกว่าความเป็นจริง)

3.5 ทำตามวิธีการหาปริมาณใยอาหารทั้งหมดตั้งแต่ข้อ 2.6 เป็นต้นไป

4. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้

4.1 นำบีกเกอร์บรรจุสารละลายจากข้อ 3.3 มาประมาณปริมาตร

4.2 เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในปริมาณ 4 เท่า ของปริมาตรสารละลายตัวอย่าง โดยใช้เอทิลแอลกอฮอล์ส่วนหนึ่งชะบีกเกอร์และขวดสำหรับกรองที่ใช้รองรับตัวอย่าง

4.3 ทิ้งให้ตกตะกอนที่อุณหภูมิห้องนาน 1 ชั่งโมง

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 (มิลลิลิตร)

BR_1 และ BR_2 = น้ำหนักตะกอนที่เหลือของ blank ในครูซิเบิล หลังอบ ซ้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (มิลลิกรัม)

P_B = น้ำหนักโปรตีนของ blabk (มิลลิกรัม

A_B = น้ำหนักเถ้าของ blank (มิลลิกรัม)

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

โดยที่

DF = ปริมาณใยอาหาร (ร้อยละ)

R_1 และ R_2 = น้ำหนักตะกอนที่เหลือหลังอบ ซ้ำที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (มิลลิกรัม)

P = น้ำหนักโปรตีนของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

A = น้ำหนักเถ้าของตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

B = blank (มิลลิกรัม)

M_1 และ M_2 = น้ำหนักตัวอย่าง ซ้ำที่ 1และ 2 ตามลำดับ (มิลลิลิตร)

7.การวิเคราะห์ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส (Van Soest and Wine, 1967)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาปริมาณสารเยื่อใย
2. Fritted glass crucible ชนิดมีรูพรุน ความจุประมาณ 50 มิลลิลิตร ล้างและเผาครูซิเบิลที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ก่อนใช้
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. เตาเผา
5. โถดูดความชื้น
6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. อะซิโตน

2. กรดซัลฟุริกเข้มข้นร้อยละ 72

3. Decahydronapthalene

4. Acid detergent solution ชั่งกรดซัลฟุริก 49.04 กรัม แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม Cetyl trimethylammonium bromine (CTAB) ลงไป 20 กรัม ผสมให้เข้ากัน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด มาประมาณ 1 กรัม ใส่ใน fritted glass crucible (F_1)

2. เอาถ้วยแก้วใส่ลงในเครื่องทุกหลุม โดยปรับคานด้านซ้ายของเครื่องขึ้นข้างบนก่อน เมื่อวาง fritted glass crucible กดคานลงจนสุดแล้วดันออก ทางด้านนอกเพื่อล็อกคาน

3. เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น ร้อยละ 1.25 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อน แล้วเทลงในท่อแก้ว condenser

4. เติม 3 - 5 หยด ของ antifoam

5. เปิดน้ำหล่อเย็นให้มีอัตราไหลประมาณ 2 มิลลิลิตร/ นาที

6. ต้มจนเดือดจึงลดไฟลง แล้วต้มต่อไปอีก 30 นาที

7. กรองเอาสารละลายทิ้งโดยการเปิดสวิทช์ สุญญากาศที่ตัวอุปกรณ์

8. ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร โดยให้ความดันเล็กน้อยทุกครั้ง

9. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น ร้อยละ 1.25 ปริมาตร 150 มิลลิลิตร ที่ทำให้ร้อนไว้ก่อนแล้ว และเติม 3 - 5 หยด ของ antifoam

10. ทำตามขั้นตอนที่ 7 - 9 ซ้ำ

11. ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็นอีก 1 ครั้ง ปริมาณ 30 มิลลิลิตร

12. ล้างด้วย อะซิโตน 3 ครั้ง ครั้งละ 25 มิลลิลิตร ให้ความดันเล็กน้อยทุกครั้ง

13. นำครูซิเบิลออกจากอุปกรณ์ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง หรืออบซ้ำจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่

14. ชั่งน้ำหนัก (F_1) เป็นน้ำหนักของสารเยื่อใย รวมกับน้ำหนักของเถ้า

15. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง

16. ชั่งน้ำหนัก (F_2) เป็นน้ำหนักของเถ้า

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณสารเยื่อใย (\%)} = \frac{F_1 - F_2 \times 100}{F_0}$$

8. การวิเคราะห์ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (Van Soest and Wine, 1967)

อุปกรณ์

เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินและเซลลูโลส

สารเคมี

1. Neutral detergent solution

วิธีเตรียม

- สารละลาย A

ชั่ง disodium ethylene diamine - tetaacetate (EDTA) 18.61 กรัม และ sodium borate decahydrate ($Na_2B_4O_7 . 10H_2O$) 6.81 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่นลงไปพอควร นำไปต้มจนกระทั่งละลายหมด

- สารละลาย B

ละลาย sodium lauryl sulfate (USP) 30 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม 2 - ethoxyethanol 10 มิลลิลิตร ลงไป

- ผสมสารละลาย A ลงในสารละลาย B
- ละลาย disodium hydrogen phosphate (Na_2HPO_4) 4.56 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ต้มจนละลายหมดแล้วเทผสมลงในสายละลาย A และ B ปรับปริมาตรของสารละลายผสมให้ได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น สารละลายที่ได้จะมี pH 6.9 - 7.1 (ถ้าไม่ได้ตามนี้ให้ปรับความเป็นกรดด่างด้วย HCl หรือ NaOH)

2. Decahydronaphthalene

3. sodium sulfite

4. อะซิโตน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ประมาณ 1 กรัม (S_1) ใส่ลงในบีกเกอร์ทรงสูงขนาด 600 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลาย Neutral detergent ที่มีอุณหภูมิประมาณ 22 องศาเซลเซียส 100 มิลลิลิตร Decahydronaphthalene 2 มิลลิลิตร และsodium sulfite 0.5 กรัม ต้มให้เดือดภายใน 5 - 10 นาที แล้วลดความร้อนลงให้เบาๆ ต้ม (reflux) ให้เดือดต่อไปอีก 60 นาที

3. กรองผ่านครูซิเบิลที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว (A) โดยใช้แรงดูดสุญญากาศเบาๆ ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ในบีกเกอร์ลงในครูซิเบิลด้วยน้ำร้อน (90 - 100 องศาเซลเซียส)

4. เขี่ยก้อนเยื่อใยที่อยู่ในครูซิเบิลให้กระจายออก โดยใช้แท่งแก้ว ล้างด้วยน้ำร้อน (90 - 100 องศาเซลเซียส) 2 ครั้ง โดยคนและแช่ไว้นาน 15 - 30 วินาที แล้วจึงดูดด้วยเครื่องดูดสุญญากาศ

5. ล้างเยื่อใยในครูซิเบิลด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง พร้อมทั้งกระจายเยื่อใยด้วยแท่งแก้ว คนให้อะซิโตนซะได้ทั่วถึง ใช้แรงดูดสูญญากาศดูดให้แห้ง

6. นำครูซิเบิลไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หรือตลอดคืน ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก (B)

การคำนวณ

$$NDF = \frac{(B - A)}{S_1} \times 100$$

$$H = NDF - ADF$$

โดยที่ NDF = Neutral detergent fiber (ร้อยละ)

ADF = Acid detergent fiber (ร้อยละ)

H = ปริมาณเฮมิเซลลูโลส (ร้อยละ)

A = น้ำหนักครูซิเบลเปล่า

B = น้ำหนักครูซิเบิลและตัวอย่าง หลังผ่านสารละลาย Neutral detergent

S_1 = น้ำหนักตัวอย่าง

9. การวิเคราะห์ปริมาณสารเยื่อใย (Crude fiber) (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาปริมาณสารเยื่อใย

2. Fritted glass crucible ชนิดมีรูพรุน ความจุประมาณ 50 มิลลิลิตร ล้างและเผาครูซิเบิลที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ก่อนใช้

3. ตู้อบไฟฟ้า

4. เตาเผา

5. โถดูดความชื้น

6. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

7. กรดซัลฟุริกเข้มข้นร้อยละ 1.25

8. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นร้อยละ 1.25

9. n - octanol (ใช้เป็น antifoam)

10. anhydrous (acetone)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนอย่างละเอียด ประมาณ 1 กรัม ลงในครูซิเบิล

2. วางครูซิเบิลในอุปกรณ์ฯ พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่อเย็น

3. เติมกรดซัลฟุริก (ซึ่งผ่านการให้ความร้อน) ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ลงไปในคอลัมน์ แล้วเติม n - octanol 3 - 4 หยด

4. ต้มจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที

5. ปล่อยกรดซัลฟุริกทิ้งโดยการกรอง (เปิดสวิทซ์สุญญากาศที่ตัวอุปกรณ์)

6. ล้างด้วยน้ำปราศจากอิออนซึ่งถูกทำให้ร้อนปริมาณครั้งละ 30 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง

7. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ซึ่งผ่านการทำให้ร้อน) ปริมาณ 150 มิลลิลิตร พร้อมทั้งหยด 3 - 5 หยดของ n - octanol

8. ต้ม 30 นาที แล้วกรองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 6 และ 7

9. ล้างด้วยอะซิโตน ครั้งละ 25 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง

10.นำครูซิเบิลออกจากอุปกรณ์ ไปอบแห้งในตู้อบไฟฟ้าอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมงจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่

11.นำครูซิเบิลไปเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เผาซ้ำจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณหาปริมาณสารเยื่อใยจากสูตร

$$\text{ปริมาณสารเยื่อใย (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{100 \times \text{ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบและหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

10. การหาค่าความหืน ใช้วิธีการ TBA No. (Egan, *et al.*, 1981)

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลายกรดเกลือ 4 นอร์มอล

2. สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)

3. สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก ละลาย 0.2883 กรัม ของกรดไธโอบาบิทูริกลงในกรดอะซิติกเข้มข้น ร้อยละ 90

วิธีการ

1. แช่ตัวอย่างอาหาร 10 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดกลั่นใช้น้ำ 47.5 มิลลิลิตร ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงในขวด

2. เติม 2.5 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 นอร์มัล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง

3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายใน 10 นาที

4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดสอบที่มีจุกปิด

5. เติม 5 มิลลิลิตร ของสารละลายกรดไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มิลลิลิตรของน้ำกลั่นให้ความร้อน 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน

$$\text{(มิลลิกรัมมาโลอัลดีไฮด์ / กิโลกรัมตัวอย่าง)} = \frac{7.8 \times \text{ค่าดูดกลืนแสงของ}}{\text{ตัวอย่างที่หัก blank แล้ว}}$$

11.การวัดค่าพีเอช (Collins and Post, 1981)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดพีเอช
2. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวงขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ลงในภาชนะบรรจุ 50 มล. แล้วเติมน้ำปราศจากอิออน 50 มิลลิลิตร
2. วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดพีเอช

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

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

อุปกรณ์

เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 10,000 xg

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ในภาชนะบรรจุขนาดประมาณ 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร

2. เขย่าให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้องนาน 30 นาที

3. เหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 10,000 xg นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

4. รินส่วนใสทิ้ง แล้วเอียงภาชนะบรรจุตัวอย่าง นาน 10 นาที เพื่อทิ้งส่วนใสที่ เหลือ

5. ถ่ายตัวอย่างลงภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ทำการหาความชื้นตามวิธี A.O.A.C. (1990)

การคำนวณ

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

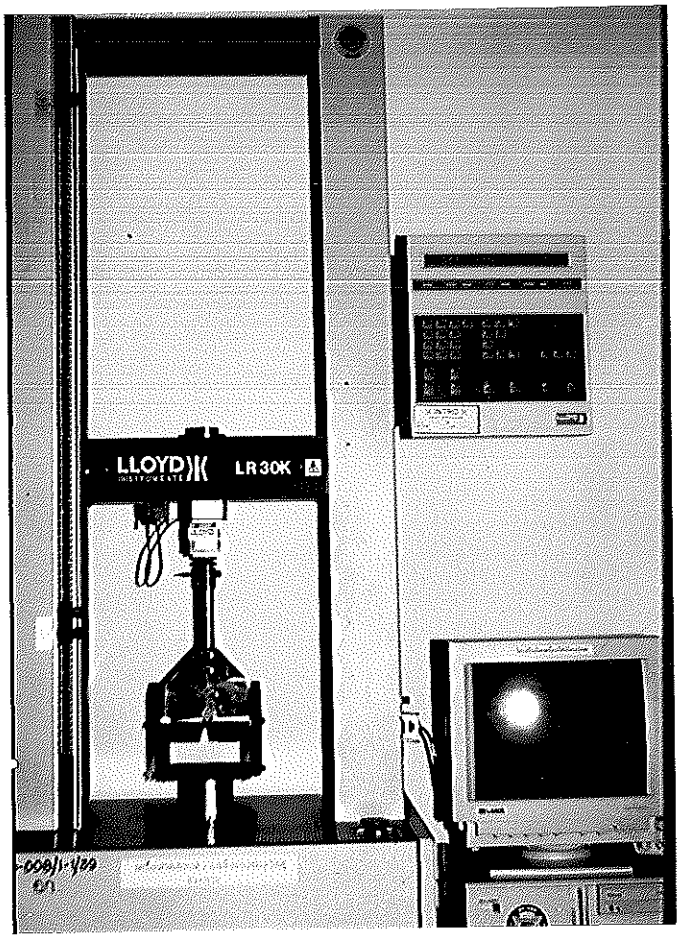
โดยที่ WHC = ความสามารถในการดูดซับน้ำ

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบหาความชื้น

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบหาความชื้น

2. การวัดค่าต้านแรงเฉือนโดยใช้เครื่อง Lloyd instrument testing

นำตัวอย่างไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ ทำการวัดพื้นที่หน้าตัดและความสูงของตัวอย่าง แล้วป้อนข้อมูลลงในเครื่อง นำตัวอย่างมาวัดค่าแรงเฉือน โดยใช้ scale range 10 Kg. Load cell, speed 50 mm./min. ทำการตัดชิ้นไส้กรอกจนขาดออกจากกัน วัดค่าแรงสูงสุดที่ใช้ รายงานผลหน่วยเป็นนิวตัน (N) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้แสดงดังภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 เครื่อง Lloyd instrument testing ติดตั้ง TG80 warner bratzler shear test cell

3. **ความสามารถในการอุ้มน้ำ** (Water - Holding Capacity) (**ดัดแปลงจาก** Hughes **และคณะ** 1997)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 10 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. นำไปให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

3. นำตัวอย่างมาวางให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วห่อด้วยผ้าขาวบางก่อนใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร

4. นำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9,000 g /นาที เป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5. นำตัวอย่างออกจากผ้าขาวบาง แล้วชั่งน้ำหนัก ก่อนนำไปคำนวณได้จากสูตร

การคำนวณ

% WHC = 1 - T/M x 100 = 1 - B - A/M x100

T = ปริมาณของเหลวทั้งหมดที่สูญเสียไประหว่างการให้ความร้อนและระหว่างการหมุนเหวี่ยง

B = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนให้ความร้อน

A = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจากผ่านให้ความร้อนและหลังจากการหมุนเหวี่ยง

M = ปริมาณน้ำทั้งหมดในตัวอ

4. **ค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุก (ดัดแปลงตามวิธีของ** Small **และคณะ** 1995)

วิธีการ

น้ำหนักอิมัลชั่นก่อนผ่านการต้มและรมควัน เปรียบเทียบกับน้ำหนักของไส้กรอกที่ผ่านกระบวนการทำให้สุก

การคำนวณ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักอิมัลชั่น} - \text{น้ำหนักไส้กรอกสุก}) \times 100}{\text{น้ำหนักอิมัลชั่น}}$$

5. การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บ (ดัดแปลงตามวิธีของวิธีของ Karel และคณะ (1997)

วิธีการ

1. นำตัวอย่างซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แกะออกจากภาชนะบรรจุวางให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง

2. ชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบเพื่อหาน้ำหนักที่หายไประหว่างการเก็บรักษา

การคำนวณ

$$\text{การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไส้กรอกหลังผ่านการเก็บรักษา} \times 100}{\text{น้ำหนักไส้กรอกก่อนการเก็บรักษา}}$$

ภาคผนวก ค

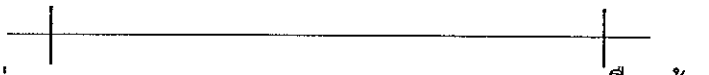
แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี QDA

ชื่อ _____ วันที่ _____ เวลา _____

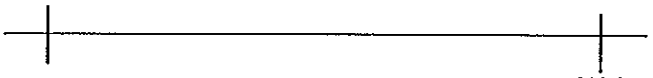
คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และประเมินลักษณะต่างๆ โดยขีดเครื่องหมาย " I " ลงบนเส้นที่กำหนดให้ตามระดับความเข้มที่ท่านรู้สึก <u>กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง</u>

1. สี

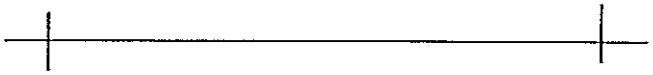


2. ความแน่นเนื้อ

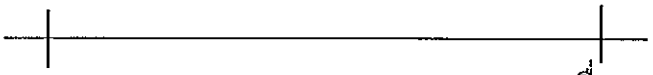
3. ความนุ่มเนื้อ



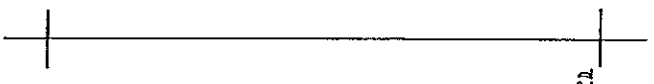
4. ความยืดเกาะตัว



5. ความรู้สึกในปาก



6. กลิ่นผิดปรกติ



2. **แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี** Hedonic scale

ชื่อ _____ วันที่_____ เวลา _____

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งประเมินความชอบรวมของแต่ละตัวอย่าง โดยขีดเครื่องหมาย " X " ตามความรู้สึกของท่าน กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง					
ชอบมากที่สุด					
ชอบมาก					
ชอบปานกลาง					
ชอบเล็กน้อย					
เฉยๆ					
ไม่ชอบเล็กน้อย					
ไม่ชอบปานลาง					
ไม่ชอบมาก					
ไม่ชอบมากที่สุด					

ข้อเสนอแนะ _____

_____

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

1. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) โดยวิธี pour plate (AOAC, 1990)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. 0.85 % normal saline solution

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ชั่งตัวอย่างไส้กรอก 10 กรัม ลงใส่ในถุงพลาสติกที่ปลอดเชื้อ

1.2 เติม 0.85 % normal saline solution จำนวน 90 มิลลิลิตร แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที จะได้อาหารเจือจาง 10^{-1}

1.3 ทำการเจือจางให้เป็น 1:100 1:1,000 และ 1:10,000 ตามลำดับ โดยใช้ 0.85% normal saline solution

2. การตรวจนับจุลินทรีย์

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 อย่างละ 1 มิลลิลิตร (ทำ 2 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2.2 เททับด้วยอาหาร PCA (Plate count agar) ประมาณ 15 มิลลิลิตร

2.3 หมุนจานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

2.4 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

CFU/g = Average no. of colonies x dilution factor

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางภาคผนวก จ1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการพัฒนาสูตรครั้งที่ 1

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Treatment	4	0.68	0.17	7.58**
	Replication	9	1.33	0.14	6.50**
	Error	36	0.81	0.02	
	Total	49	2.84		
ความแน่นเนื้อ	Treatment	4	0.87	0.21	10.00**
	Replication	9	2.07	0.23	10.52**
	Error	36	0.78	0.02	
	Total	49	3.73		
ความนุ่มเนื้อ	Treatment	4	0.36	0.09	12.34**
	Replication	9	0.31	0.03	4.70**
	Error	36	0.26	0.01	
	Total	49	0.95		
ความยึดเกาะตัว	Treatment	4	0.35	0.08	2.36^{ns}
	Replication	9	1.10	0.12	3.28**
	Error	36	1.34	0.03	
	Total	49	2.80		

ตารางภาคผนวก จ1 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ความรู้สึกในปาก	Treatment	4	0.85	0.21	5.19**
	Replication	9	2 .17	0.24	5.87**
	Error	36	1.48	0.04	
	Total	49	4.50		
ความชอบรวม	Treatment	4	0.23	0.05	1.64^{ns}
	Replication	9	0.29	0.03	3.00*
	Error	36	0.71	0.01	
	Total	49	1.24		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ตารางภาคผนวก จ2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการพัฒนาสูตรครั้งที่ 2

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
สี	Treatment	4	0.01	0.004	<1
	Replication	9	0.18	0.02	3.18**
	Error	36	0.23	0.006	
	Total	49	0.44		
ความแน่นเนื้อ	Treatment	4	0.25	0.002	3.27*
	Replication	9	0.29	0.06	1.69^{ns}
	Error	36	0.70	0.01	
	Total	49	1.25		
ความนุ่มเนื้อ	Treatment	4	0.19	0.04	2.06^{ns}
	Replication	9	0.19	0.02	<1
	Error	36	0.85	0.02	
	Total	49	1.25		
ความยึดเกาะตัว	Treatment	4	0.22	0.05	3.77*
	Replication	9	0.23	0.02	1.71^{ns}
	Error	36	0.54	0.01	
	Total	49	1.00		
ความรู้สึกในปาก	Treatment	4	0.67	0.16	8.89**
	Replication	9	0.65	0.07	3.88**
	Error	36	0.67	0.01	
	Total	49	2.00		

ตารางภาคผนวก จ2 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F
ความชอบรวม	Treatment	4	0.11	0.02	2.49**
	Replication	9	0.31	0.03	3.17**
	Error	36	0.40	0.01	
	Total	49	0.82		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

**: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางภาคผนวก จ3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

อายุการเก็บ (วัน)	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	38.20	2.55	-0.78^{ns}
	Blk. ad.j - Eb	15	0.79	0.05	
	Intra Block - Ee	65	-147.10	2.26	
	Ad.j. Tr. Total	15	172.19	11.47	
	Total	95	-108.10		
3	Trt.un	15	35.45	2.36	167.92^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	0.23	0.01	
	Intra Block - Ee	65	0.90	0.01	
	Ad.j. Tr. Total	15	35.41	2.36	
	Total	95	36.58		
6	Trt.un	15	35.20	2.34	1.82^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	28.58	1.90	
	Intra Block - Ee	65	84.20	1.29	
	Ad.j. Tr. Total	15	32.88	2.19	
	Total	95	147.99		
9	Trt.un	15	15.05	1.00	2.90^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	12.58	0.83	
	Intra Block - Ee	65	15.61	0.24	
	Ad.j. Tr. Total	15	11.38	0.75	
	Total	95	43.25		

ตารางภาคผนวก จ3 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	15.37	1.02	4.35*
	Blk. ad.j - Eb	15	8.86	0.59	
	Intra Block - Ee	65	13.45	0.20	
	Ad.j. Tr. Total	15	14.60	0.97	
	Total	95	37.69		
15	Trt.un	15	40.87	2.72	9.83*
	Blk. ad.j - Eb	15	10.71	0.71	
	InTra Block - Ee	65	14.30	0.22	
	Ad.j. Tr. Total	15	35.27	2.35	
	Total	95	65.88		
18	Trt.un	15	36.39	2.42	13.92*
	Blk. ad.j - Eb	15	4.13	0.27	
	Intra Block - Ee	65	10.27	1.58	
	Ad.j. Tr. Total	15	34.79	2.31	
	Total	95	50.80		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวก จ4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	23.42	1.56	0.03^{ns}
	Blk. ad.j - Eb	15	15.56	1.03	
	Intra Block - Ee	65	-139.4	-2.14	
	Ad.j. Tr. Total	15	-1.39	-0.09	
	Total	95	-100		
3	Trt.un	15	15.05	1.00	4.28^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	10.42	0.69	
	Intra Block - Ee	65	13.88	0.21	
	Ad.j. Tr. Total	15	14.93	0.99	
	Total	95	39.37		
6	Trt.un	15	35.03	2.33	5.52^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	33.98	2.26	
	InTra Block - Ee	65	25.53	0.39	
	Ad.j. Tr. Total	15	35.92	2.39	
	Total	95	94.54		
9	Trt.un	15	21.52	1.43	4.45^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	17.87	1.19	
	InTra Block - Ee	65	18.57	0.28	
	Ad.j. Tr. Total	15	20.89	1.39	
	Total	95	57.97		

ตารางภาคผนวก จ4 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	11.64	0.77	3.08*
	Blk. ad.j - Eb	15	10.44	0.69	
	Intra Block - Ee	65	16.36	0.25	
	Ad.j. Tr. Total	15	12.56	0.83	
	Total	95	38.45		
15	Trt.un	15	19.59	1.30	6.51*
	Blk. ad.j - Eb	15	10.91	0.72	
	Intra Block - Ee	65	13.92	0.21	
	Ad.j. Tr. Total	15	22.79	1.51	
	Total	95	44.43		
18	Trt.un	15	46.70	3.11	15.94*
	Blk. ad.j - Eb	15	3.51	0.23	
	Intra Block - Ee	65	12.51	0.19	
	Ad.j. Tr. Total	15	47.10	3.14	
	Total	95	62.74		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวก จ5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพความนุ่มเนื้อของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	15.84	1.05	3.77*
	Blk. ad.j - Eb	15	12.33	0.82	
	Intra Block - Ee	65	14.84	0.22	
	Ad.j. Tr. Total	15	14.08	0.93	
	Total	95	43.02		
3	Trt.un	15	19.53	1.30	3.49*
	Blk. ad.j - Eb	15	19.78	1.31	
	Intra Block - Ee	65	20.53	0.31	
	Ad.j. Tr. Total	15	18.11	1.20	
	Total	95	59.85		
6	Trt.un	15	29.55	1.97	4.60*
	Blk. ad.j - Eb	15	28.93	1.92	
	Intra Block - Ee	65	23.71	0.36	
	Ad.j. Tr. Total	15	27.77	1.85	
	Total	95	82.20		
9	Trt.un	15	16.76	1.11	2.55*
	Blk. ad.j - Eb	15	8.52	0.56	
	Intra Block - Ee	65	23.29	0.35	
	Ad.j. Tr. Total	15	16.54	1.10	
	Total	95	1.99		

ตารางภาคผนวก จ5 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	15.43	1.02	5.00*
	Blk. ad.j - Eb	15	20.76	1.38	
	Intra Block - Ee	65	12.88	0.19	
	Ad.j. Tr. Total	15	16.99	1.13	
	Total	95	23.31		
15	Trt.un	15	24.85	1.65	6.51*
	Blk. ad.j - Eb	15	34.33	2.28	
	Intra Block - Ee	65	16.77	0.25	
	Ad.j. Tr. Total	15	28.00	1.86	
	Total	95	75.97		
18	Trt.un	15	52.64	3.50	20.73*
	Blk. ad.j - Eb	15	8.00	0.53	
	Intra Block - Ee	65	9.13	0.14	
	Ad.j. Tr. Total	15	47.72	3.18	
	Total	95	69.78		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวก จ6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความยืดเกาะตัวของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 9 วัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	22.02	1.46	5.80*
	Blk. ad.j - Eb	15	4.40	0.29	
	Intra Block - Ee	65	15.51	0.23	
	Ad.j. Tr. Total	15	21.29	1.41	
	Total	95	41.95		
3	Trt.un	15	47.98	3.19	2.05*
	Blk. ad.j - Eb	15	26.31	1.75	
	Intra Block - Ee	65	97.15	1.49	
	Ad.j. Tr. Total	15	46.81	3.12	
	Total	95	171.45		
6	Trt.un	15	43.12	2.87	1.88*
	Blk. ad.j - Eb	15	26.11	1.74	
	InTra Block - Ee	65	95.35	1.46	
	Ad.j. Tr. Total	15	42.39	2.82	
	Total	95	164.59		
9	Trt.un	15	31.84	2.12	4.48*
	Blk. ad.j - Eb	15	26.10	1.74	
	InTra Block - Ee	65	24.96	0.38	
	Ad.j. Tr. Total	15	28.36	1.89	
	Total	95	82.91		

ตารางภาคผนวก จ6 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	21.11	1.40	1.35*
	Blk. ad.j - Eb	15	17.43	1.16	
	Intra Block - Ee	65	43.51	0.66	
	Ad.j. Tr. Total	15	16.32	1.08	
	Total	95	4.96		
15	Trt.un	15	23.86	1.59	11.91*
	Blk. ad.j - Eb	15	5.99	0.39	
	Intra Block - Ee	65	7.34	0.11	
	Ad.j. Tr. Total	15	21.99	1.46	
	Total	95	37.20		
18	Trt.un	15	38.36	2.55	20.42*
	Blk. ad.j - Eb	15	3.15	0.21	
	Intra Block - Ee	65	7.31	0.11	
	Ad.j. Tr. Total	15	36.51	2.43	
	Total	95	48.83		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวก จ7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพความรู้สึกในปากของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	14.05	0.93	2.74*
	Blk. ad.j - Eb	15	13.75	0.91	
	Intra Block – Ee	65	20.60	0.31	
	Ad.j. Tr. Total	15	14.11	0.94	
	Total	95	48.42		
3	Trt.un	15	14.05	0.93	2.74*
	Blk. ad.j – Eb	15	13.75	0.91	
	Intra Block – Ee	65	20.60	0.31	
	Ad.j. Tr. Total	15	14.11	0.94	
	Total	95	48.42		
6	Trt.un	15	27.48	1.83	3.11*
	Blk. ad.j – Eb	15	23.05	1.53	
	Intra Block – Ee	65	35.44	0.54	
	Ad.j . Tr. Total	15	27.53	1.83	
	Total	95	85.98		
9	Trt.un	15	35.85	2.39	7.25*
	Blk. ad.j – Eb	15	9.08	0.60	
	InTra Block – Ee	65	18.69	0.28	
	Ad.j. Tr. Total	15	33.35	2.22	
	Total	95	63.63		

ตารางภาคผนวก จ7 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	8.93	0.59	1.38*
	Blk. ad.j - Eb	15	34.94	2.32	
	Intra Block - Ee	65	11.25	0.17	
	Ad.j. Tr. Total	15	4.01	0.26	
	Total	95	55.12		
15	Trt.un	15	9.89	0.65	1.87*
	Blk. ad.j - Eb	15	26.42	1.76	
	Intra Block - Ee	65	17.74	0.27	
	Ad.j. Tr. Total	15	8.51	0.56	
	Total	95	54.06		
18	Trt.un	15	13.68	0.91	4.75*
	Blk ad.j - Eb	15	16.13	1.07	
	Intra Block - Ee	65	6.23	0.09	
	Ad.j. Tr. Total	15	7.33	0.48	
	Total	95	36.05		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวก จ8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านกลิ่นผิดปกติของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	30.62	2.04	1.60^{ns}
	Blk. ad.j - Eb	15	21.12	1.40	
	InTra Block - Ee	65	83.20	1.28	
	Ad.j. Tr. Total	15	31.24	2.08	
	Total	95	131.95		
3	Trt.un	15	20.29	1.35	2.73
	Blk. ad.j - Eb	15	22.89	1.52	
	Intra Block - Ee	65	30.77	0.47	
	Ad.j. Tr. Total	15	21.12	1.40	
	Total	95	73.95		
6	Trt.un	15	11.21	0.74	3.26^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	14.19	0.94	
	Intra Block - Ee	65	7.90	0.12	
	Ad.j. Tr. Total	15	6.60	0.44	
	Total	95	33.30		
9	Trt.un	15	13.90	0.92	4.70^{*}
	Blk. ad.j - Eb	15	15.53	1.03	
	Intra Block - Ee	65	7.59	0.11	
	Ad.j. Tr. Total	15	9.15	0.61	
	TOTAL	95	37.02		

ตารางภาคผนวก จ8 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	35.42	2.36	1.50*
	Blk. ad.j - Eb	15	25.77	1.71	
	Intra Block - Ee	65	98.19	1.51	
	Ad.j. Tr. Total	15	34.68	2.31	
	Total	95	159.39		
15	Trt.un	15	8.48	0.56	1.92*
	Blk. ad.j - Eb	15	30.07	2.00	
	Intra Block - Ee	65	15.87	0.24	
	Ad.j. Tr. Total	15	7.84	0.52	
	Total	95	54.42		
18	Trt.un	15	35.57	2.37	3.96*
	Blk. ad.j - Eb	15	79.00	5.26	
	Intra Block - Ee	65	22.38	0.34	
	Ad.j. Tr. Total	15	22.87	1.52	
	Total	95	136.95		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางภาคผนวก จ9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อปัจจัยคุณภาพทางด้านความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์เสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ เมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 วัน

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
0	Trt.un	15	1.73	0.11	1.50^{ns}
	Blk. ad.j - Eb	15	5.20	0.34	
	Intra Block - Ee	65	3.48	0.05	
	Ad.j. Tr. Total	15	1.67	0.11	
	Total	95	10.41		
3	Trt.un	15	1.73	0.11	1.88*
	Blk. ad.j - Eb	15	5.20	0.34	
	Intra Block - Ee	65	3.48	0.05	
	Ad.j. Tr. Total	15	1.67	0.11	
	Total	95	10.41		
6	Trt.un	15	80.82	5.38	3.26*
	Blk. ad.j - Eb	15	35.80	2.38	
	Intra Block - Ee	65	102.36	1.57	
	Ad.j. Tr. Total	15	80.31	5.35	
	Total	95	218.98		
9	Trt.un	15	52.66	3.51	8.81*
	Blk. ad.j - Eb	15	16.83	1.12	
	Intra Block - Ee	65	25.83	0.39	
	Ad.j. Tr. Total	15	56.80	3.78	
	Total	95	95.33		

ตารางภาคผนวก จ9 (ต่อ)

ปัจจัยคุณภาพ	SV	DF	SS	MS	F - test BIB
12	Trt.un	15	87.32	5.82	9.16*
	Blk. ad.j - Eb	15	5.86	0.39	
	Intra Block - Ee	65	44.96	0.69	
	Ad.j. Tr. Total	15	50.83	0.63	
	Total	95	138.15		
15	Trt.un	15	173.62	11.57	25.42*
	Blk.ad.j – Eb	15	10.62	0.70	
	Intra Block – Ee	65	28.37	0.43	
	Ad.j. Tr. Total	15	174.44	11.62	
	Total	95	212.62		
18	Trt.un	15	54.00	3.60	4.00*
	Blk. ad.j – Eb	15	12.06	0.80	
	Intra Block – Ee	65	59.93	0.92	
	Ad.j. Tr. Total	15	72.00	0.90	
	Total	95	126.00		

หมายเหตุ ^{ns}: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

*: แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางจรีพร เชื้อเจ็ดตน

วัน เดือน ปี เกิด 26 ตุลาคม 2510

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
เทคโนโลยีการเกษตรบัณฑิต	มหาวิทยาลัยแม่โจ้	2533

สถานที่ทำงาน สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช