



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์อาหาร)

ปริญญา

วิทยาศาสตรจารย์อาหาร

สาขา

วิทยาศาสตรจารย์และเทคโนโลยีการอาหาร

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาสูตรและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สเปรดจาก โปรตีนมะพร้าว

Formulation and Shelf-life Studies of Spreads from Coconut Protein

นางผู้วิจัย นางสาวนรินทร์ เจริญพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สุคนธ์ชื่น ศรีงาม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมจิต สุรพัฒน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชนะบุลย์ สัจจาอนันตกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

กณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาสูตรและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว

Formulation and Shelf-life Studies of Spreads from Coconut Protein

โดย

นางสาวนรินทร์ เจริญพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์การอาหาร)

พ.ศ. 2552

นรินทร์ เจริญพันธ์ 2552: การศึกษาสูตรและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร
ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์สุคนธ์ชนัน ศรีงาม, Ph.D. 108 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด คือ โปรตีน และกากมะพร้าว
มาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรด ซึ่งเป็นอิมัลชันกึ่งแข็งปรุงแต่งรส เริ่มศึกษาสมบัติการไหลของอิมัลชันกึ่งแข็ง
11 สูตร ด้วยแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ โดยใช้ น้ำ น้ำมันมะพร้าวสด และโปรตีนมะพร้าว ร้อยละ 40-50,
15-25 และ 25-45 ตามลำดับ พบว่า มีการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น ตามปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้น และความแข็ง
ลดลง และการแยกชั้นของน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น ทดลองแก้ปัญหาการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าในสูตรที่มี
การแยกของน้ำมันที่ผิวหน้ามากที่สุด การเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 ถึง 20 ของน้ำมัน
มะพร้าวสด พบว่า การเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 20 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ทำให้อิมัลชันกึ่งแข็งมี
ลักษณะที่แข็งเกินไปไม่เหมาะกับการปายทา ส่วนการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิดคือ ไดโซเดียมฟอสเฟต
ไตรโซเดียมซิเตรต และโซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต ร้อยละ 0 ถึง 0.6 ของอิมัลชันกึ่งแข็ง พบว่า การเติมไดโซเดียม
ฟอสเฟตร้อยละ 0.2 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด การทดลองแก้ปัญหาในสูตรที่มีการแยกชั้นน้ำมากด้วยการเติม กัวร์กัม
และแซนแทนกัม ร้อยละ 0 ถึง 1.2 ของอิมัลชันกึ่งแข็ง พบว่า แซนแทนกัมร้อยละ 0.8 มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เมื่อ
ทดลองเติมไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.1 ถึง 0.2 ร่วมกับแซนแทนกัมร้อยละ 0.4 ถึง 0.8 ในอิมัลชันกึ่งแข็งสูตรที่ให้
ลักษณะปรากฏที่ดี พบว่า การเติมไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.1 และแซนแทนกัมร้อยละ 0.6 ให้ตัวอย่างที่เรียบ
เนียน ปายทาได้ ไม่มีการแยกน้ำมันและน้ำ เหมาะแก่การใช้เป็นส่วนประกอบหลักในผลิตภัณฑ์สเปรด จึงนำไป
พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรดรสโกโก้ 3 ชนิด ชนิดเค็มโดยการเติมเกลือร้อยละ 1 ชนิดหวานโดยการเติมเกลือร้อยละ
0.5 และน้ำตาลร้อยละ 12 ส่วนชนิดไฟเบอร์สูงคือชนิดหวานที่เติมกากมะพร้าว ร้อยละ 5 พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรด
ชนิดไฟเบอร์สูงมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างหยาบและปายทาได้ยากกว่าชนิดเค็มและชนิดหวาน เนื่องจากมีกากมะพร้าว
เป็นส่วนประกอบ เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบความชอบ (Hedonic test) กับ
ผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 24 คน พบว่า ชนิดเค็มและชนิดหวานได้คะแนนความชอบด้านลักษณะการปายทา (7.3 และ
7.3) และความชอบรวม (7.0 และ 7.3) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูงกว่าชนิดไฟเบอร์สูง (6.0 และ 6.4) เมื่อ
เก็บผลิตภัณฑ์สเปรดไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ และติดตามการเปลี่ยนแปลงโดยตรวจสอบคุณภาพ
ทางเคมีกายภาพ จุลชีววิทยา และการยอมรับ พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA
มากที่สุด ชนิดหวานมีการเปลี่ยนแปลงค่าสีมากที่สุด ส่วนชนิดไฟเบอร์สูงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์
ทั้งหมดเร็วที่สุด และมีคะแนนการยอมรับลดลงเร็วที่สุด เมื่อทำนายอายุการเก็บจากการลดลงของคะแนนการยอมรับ
พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีอายุการเก็บประมาณ 77 49 และ 42 วัน
ตามลำดับ

Narin Charoenphun 2009: Formulation and Shelf-life Studies of Spreads from Coconut Protein. Master of Science (Food Science), Major Field: Food Science, Department of Food Science and Technology. Thesis Advisor: Associate Professor Sukoncheun Sringam, Ph.D. 108 pages.

The objective of this research was to develop spread products from virgin coconut oil (VCO) by-products; protein and fiber meal. The rheological properties of eleven formulas of semi solid emulsion (SSE) composed of water, coconut oil and coconut protein were studied by using Mixture Design experiment. The content ranges of water, oil and protein were 40-50%, 15-25% and 25-45%, respectively. It was found that surface oil increased with increasing oil content, while hardness decreased and water separation increased with increasing water content. Fully hydrogenated palm oil (FHPO) was added to the SSE with the most surface oil at 0-20% to observe the effect of hard fat in preventing oil separation. FHPO at 20% could eliminate surface oil, but the product was too hard, that FHPO was thus not recommended. Emulsifying salts; disodium phosphate, trisodium citrate and sodium tripoly phosphate were then tried at 0-0.6%. The results showed that disodium phosphate at 0.2% was the most efficient in surface oil decreasing. To solve water separation, 0-1.2% guar gum and xanthan gum were added to SSE with the most water separation. The results showed that xanthan gum at 0.8% was the most efficient. Disodium phosphate at 0.1-0.2% with xanthan gum at 0.4-0.8% were tried again in the potential formula of SSE. It was found that the SSE with 0.1% disodium phosphate and 0.6% xanthan gum had a smooth, spreadable texture without oil and water separation, suitable for using as a base ingredient in spread product. Three kinds of cocoa flavored spread products were developed. The salted spread product contained 1% salt, sweetened spread product contained 0.5% salt and 15% sugar, while the high fiber spread product was the sweetened one with 5% fiber meal. The high fiber spread product had coarse texture and hard spreadable than the other two. Sensory evaluation by 24 untrained panel with 9 point hedonic test showed that salted and sweetened spread products received non significantly different ($p \leq 0.05$) scores in spreadability likeness (7.3 and 7.3) and overall likeness (7.3 and 7.0) and higher than the high fiber one (6.0 and 6.4). The spread products were kept at 4 °C for 16 weeks. The chemical-physical, microbiological and sensory qualities were followed. The results showed that the salted spread product had the highest TBA value change, sweetened spread product had the highest color change and high fiber spread product had the highest microbial contents change and received lowest score in overall likeness. Predicted shelf-life by using the overall likeness score of salted, sweetened, and high fiber spread product was 77, 49 and 42 days, respectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุคนธ์ชื่น ศรีงาม ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษา แนะนำการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการตรวจและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สมจิต สุรพัฒน์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร. จิตศิริ ราชตะพนันธุ์ ประธานการสอบ และ ดร. เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสาทวิชาความรู้ทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุด และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณบริษัท เอิร์ชบอร์น จำกัด บริษัท ลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน และ บริษัท ไทยฟูด แอนด์ เคมีคอล จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์วัสดุคิบและสารเคมีในงานวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรักความเข้าใจ และเป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ คุณสุวิทย์ เพ็ชรสงวนศรี ที่ให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ในการศึกษา และคำแนะนำแนวทางด้านการดำเนินชีวิต ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับการให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือด้านต่าง ๆ รวมทั้งเป็นกำลังใจให้เสมอมา ทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลงอย่างสมบูรณ์

นรินทร์ เจริญพันธ์

ธันวาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ	81
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา	85
ภาคผนวก ค การประเมินผลทางประสาทสัมผัส	88
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ทางสถิติ	91
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	108

สารบัญญัตราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	30
2	สูตรการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด	34
3	ลักษณะปรากฏของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	38
4	ลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	39
5	ลักษณะของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งที่ระดับต่างๆ	42
6	ความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา ปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า และพีเอชของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	46
7	ค่าสีของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ ไดโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไทรโพลีฟอสเฟต และไตรโซเดียมซีเตรต ที่ระดับต่างๆ	49
8	ความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ กัวร์กัม และแซนแทนกัม ที่ระดับต่างๆ	50
9	คุณสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ถึง 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัมร้อยละ 0.40 ถึง 0.80	52
10	ค่าสีของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ถึง 0.20 ร่วมกับ แซนแทนกัมร้อยละ 0.40 ถึง 0.80	53
11	ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ถึง 0.20 ร่วมกับ แซนแทนกัมร้อยละ 0.40 ถึง 0.80	54
12	คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด	56
13	จุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อราและยีสต์ ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	64
15	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	65
16	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	66
17	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการป้าย สี กลิ่น และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	68
18	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการป้าย สี กลิ่น และ ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	68
19	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการป้าย สี กลิ่น และ ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	69
ตารางผนวกที่		
1	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร	92
2	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร	92
3	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง วอเตอร์แอกติวิตี้ของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร	92

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
4	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร	93
5	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าว	93
6	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าว	93
7	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าว	94
8	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60	94
9	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60	94
10	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60	95
11	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60	95
12	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60	95
13	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.8 และ 1.2	96
14	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.8 และ 1.2	96

สารบัญญัตินำ (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
15	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งแรงของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (A) ร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัม (B) ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร	96
16	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (A) ร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัม (B) ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร	97
17	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (A) ร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัม (B) ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร	97
18	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง วอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง	98
19	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง	98
20	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง	98
21	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง งานที่ใช้ในการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง	99
22	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง	99
23	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	99
24	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	100
25	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	100

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
26	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	100
27	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	101
28	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	101
29	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พิเอซของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	101
30	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พิเอซของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	102
31	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พิเอซของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	102
32	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	102
33	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	103
34	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	103
35	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	103
36	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	104
37	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	104

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
38	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	104
39	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	105
40	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	105
41	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	105
42	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	106
43	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	106
44	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรด ชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	106
45	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรด ชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	107
46	การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรด ชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การคัดเลือกสูตรจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	30
2	วิธีการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็ง	32
3	Contour plots แสดงความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	40
4	Contour plots แสดงค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	40
5	Contour plots แสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	41
6	Contour plots แสดงการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์	41
7	ความแข็ง เมื่อมีการใช้ไขมันมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด	43
8	ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา เมื่อมีการใช้ไขมันมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด	44
9	ปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า เมื่อมีการใช้ไขมันมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด	44
10	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และ ชนิดไฟเบอร์สูง	56
11	การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และ ชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาต่างๆ	58
12	การเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาต่างๆ	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	การเปลี่ยนแปลงพีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และ ชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	62
14	การเปลี่ยนแปลงความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	63
15	การเปลี่ยนแปลงค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	63
16	การเปลี่ยนแปลงการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	67
17	การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 ⁰ ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ	70

การศึกษาสูตรและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว

Formulation and Shelf-life Studies of Spreads from Coconut Protein

คำนำ

การบริโภคน้ำมันมะพร้าวสด (virgin coconut oil) กำลังได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่รักสุขภาพ เนื่องจากกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันขนาดกลาง มีคุณสมบัติเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็วไม่เกิดการสะสมของไขมันในร่างกาย และส่วนประกอบร้อยละ 90 ของน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ยาก จึงมีความคงตัวสูง ไม่เกิดสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้ในน้ำมันมะพร้าวยังประกอบด้วยกรดลอริกที่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย และมีวิตามินอีซึ่งช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระ (ณรงค์, 2551)

ในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดจะมีผลพลอยได้เกิดขึ้น คือ ส่วนที่เป็นโปรตีน และกากมะพร้าว ซึ่งอุดมด้วยคุณค่าทางโภชนาการ หากมีการนำผลพลอยได้มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารนอกจากสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด ยังสามารถลดภาระในการบำบัดของเสียจากโรงงานผลิต การแปรรูปผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดเป็นผลิตภัณฑ์สเปรด เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองกับวิถีชีวิตที่เร่งรีบ และต้องการความสะดวกในการรับประทานของผู้บริโภคในปัจจุบัน ได้เป็นอย่างดี

ผลิตภัณฑ์สเปรดที่มีพบได้ทั่วไปมีหลากหลายรูปแบบ อาทิ แยม (jam) ทูน่าสเปรด (tuna spread) เนยถั่ว (peanut butter) และชีสสเปรด (cheese spread) เป็นต้น ชีสสเปรดเป็นผลิตภัณฑ์กลุ่มโปรเซสชีสที่ผลิตจากโปรตีนนม มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม สามารถป้ายทาได้ง่าย มีส่วนประกอบหลักคือโปรตีน ไขมัน และความชื้น ที่รวมตัวกันเป็นอิมัลชันกึ่งแข็งชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water) ปัจจุบันมีการผลิตชีสสเปรดเทียมที่ใช้โปรตีนพืชทดแทนโปรตีนจากนม เพื่อลดต้นทุนการผลิต และเหมาะกับผู้บริโภคที่ไม่สามารถรับประทานโปรตีนนมได้ โปรตีนจากพืชที่นำมาผลิตเป็นชีสสเปรดเทียม เช่น โปรตีนถั่วเหลือง (Cipollo *et al.*, 1985) โปรตีนถั่ว (Santos and Resurreccion, 1989) และโปรตีนรำข้าว (วุฒิชัย และ วิสุทธนา, 2549)

ในการวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาแนวทางในการนำโปรตีน และกากมะพร้าวมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตผลิตภัณฑ์เลียนแบบชีสสเปรด และปรับปรุงรสชาติให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอิทธิพลของส่วนประกอบหลักต่อคุณสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง (semi-solid emulsion)
2. ปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว ตรวจสอบคุณภาพ และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาต่างๆ

การตรวจเอกสาร

มะพร้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* L. เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการแปรรูปมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภค เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาลมะพร้าว อุตสาหกรรมมะพร้าวแห้ง และอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว เราสามารถใช้ประโยชน์จากมะพร้าวได้แทบทุกส่วน อาทิ น้ำมันมะพร้าว นำไปทำวุ้นมะพร้าว เนื้อมะพร้าวนำมาปรุงอาหารทำขนมได้หลากหลายชนิด

1. ประเภทของน้ำมันมะพร้าว

1.1 น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี

น้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี คือ น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าว โดยการบีบหรือใช้ตัวทำละลาย นำมากำจัดกรดไขมันอิสระ การฟอกสีและกำจัดกลิ่น เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการบริโภค มีสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นรส (Stauffer, 1996) ปัจจุบันไม่ค่อยมีจำหน่ายเพราะโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวประเภทนี้ ส่วนใหญ่เลิกดำเนินการไปนานแล้ว (ณรงค์, 2551)

1.2 น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการบีบโดยไม่ใช้ความร้อน

น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการบีบโดยไม่ใช้ความร้อน คือ น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าว เป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ มีลักษณะใส และมีกลิ่นมะพร้าวอย่างอ่อนๆ ถึงแรง ขึ้นกับกระบวนการผลิต เรียกน้ำมันชนิดนี้ว่าน้ำมันมะพร้าวสด (virgin coconut oil) (Villarino *et al.*, 2007) ปัจจุบันนิยมนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารมากขึ้น

2. ความสำคัญของน้ำมันมะพร้าว

2.1 ไตรเอซิลกลีเซอรอลโมเลกุลสายกลาง (Medium-chain fatty acids)

สิ่งที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวแตกต่างไปจากน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ คือ ขนาดโมเลกุลของกรดไขมัน กรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นไตรเอซิลกลีเซอรอลโมเลกุลสายกลาง คือ มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 12 ถึง 14 อะตอม กรดไขมันที่สำคัญ ได้แก่ กรดคาปริก (capric acid- C_{10}) กรดลอริก (lauric acid- C_{12}) และกรดไมริสติก (myristic acid- C_{14}) น้ำมันพืชอื่นๆ ส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันขนาดยาว คือ มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 16 อะตอมขึ้นไป เช่น กรดลิโนเลอิก (linoleic acid- C_{18}) (นิธิยา, 2548) การที่โมเลกุลของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันสายกลางทำให้ร่างกายของมนุษย์สามารถเปลี่ยนน้ำมันมะพร้าวเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับกรดไขมันชนิดสายยาว (long-chain fatty acids) ไตรเอซิลกลีเซอรอลโมเลกุลสายกลางถูกย่อยในปากและกระเพาะอาหาร แต่จะเกิดอย่างสมบูรณ์ในลำไส้เล็ก โดยเอนไซม์ไลเปส (lipase) กลายเป็นกรดไขมันขนาดกลาง (medium chain fatty acid; MCFA) โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยน้ำดีจากตับอ่อนมาช่วยย่อย ผ่านเข้าสู่ระบบไหลเวียนเลือดทางหลอดเลือดดำ แต่การย่อยและการดูดซึมกรดไขมันสายยาวต้องอาศัยกรดน้ำดีและเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน ผลผลิตที่ได้จากการย่อยสลายกรดไขมันสายยาวคือ 2-โมโนกลีเซอไรด์ (2-monoglyceride) ซึ่งเมื่อผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กแล้วจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นไตรกลีเซอไรด์ได้ใหม่ หลังจากนั้นไตรกลีเซอไรด์จะรวมตัวกับคอเลสเตอรอล (cholesterol) ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และอะโปโปรตีน (apoprotein) บางชนิด เกิดเป็นอนุภาคลิโปโปรตีน (lipoprotein particle) ที่เรียกว่า ไคโลไมครอน (chylomicron) เข้าสู่ระบบน้ำเหลืองก่อนเข้าสู่ระบบไหลเวียนโลหิต ซึ่งซับซ้อนกว่ากระบวนการของกรดไขมันสายกลางมาก กรดไขมันที่ย่อยสลายจากกรดไขมันสายกลางสามารถขนส่งเข้ากระแสโลหิตโดยตรงทางระบบหลอดเลือดในตับ (hepatic portal system) โดยไม่ต้องก่อรูปเป็น ไคโลไมครอน นอกจากนี้กรดไขมันสายกลางยังสามารถถูกเผาไหม้เป็นพลังงานและสารคีโตนที่ตับ จากคุณสมบัติดังกล่าวทางการแพทย์จึงได้นำกรดไขมันสายกลางมาใช้เป็นแหล่งให้ไขมันในการบำบัดโรคและภาวะต่างๆ ที่มีความผิดปกติของการย่อยและการดูดซึมไขมัน ภาวะมีไคโลไมครอนในปัสสาวะ การสูญเสียไคโลไมครอนในระบบน้ำเหลือง (chylous fistula) และภาวะไคโลไมครอนในเลือดสูง (Kaunitz, 1979)

2.2 กรดไขมันอิ่มตัว

น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 90 โดยพันธะที่จับกันระหว่างอะตอมของคาร์บอนเป็นพันธะเดี่ยว อะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปจับได้ ทำให้มีความคงตัวสูง ไม่เกิดสารก่อมะเร็ง และการที่น้ำมันมะพร้าวมีกรดลอริกเป็นองค์ประกอบสูงประมาณร้อยละ 50 (นิธิยา, 2548) ทำให้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลายรูปแบบสามารถใช้เป็นสารเคลือบ (coating) ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ไอศกรีม เพราะน้ำมันมะพร้าวจะแข็งตัวเมื่ออยู่ในผลิตภัณฑ์ และหลอมอย่างรวดเร็วเมื่อรับประทาน กรดไขมันอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ยังช่วยให้ไขมันมะพร้าวมีความหนืดต่ำกว่าไขมันชนิดอื่น ทำให้ไม่รู้สึกเป็นมัน (greasy) เมื่อรับประทาน (Weiss, 1983) เมื่อเปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันรำข้าวพบว่า น้ำมันมะพร้าวใช้เวลาเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (induction time) มากกว่าน้ำมันรำข้าวถึง 6 เท่า และใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันให้สมบูรณ์ (complete oxidation time) นานกว่าน้ำมันรำข้าว 4.8 เท่า (สุคนธ์ชื่น และ ศิริวรรณ, 2532)

2.4 วิตามินอี

กระบวนการผลิตน้ำมันผ่านกรรมวิธีเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียวิตามินอี เช่น การกำจัดกลิ่น การเติมไฮโดรเจน ทำให้สูญเสียวิตามินอีประมาณร้อยละ 10 (Humm and Hamilton, 2000) น้ำมันมะพร้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ ฟอกสีและกำจัดกลิ่น ยังคงมีวิตามินอีเหลืออยู่ วิตามินอีเป็นสารประกอบประเภทฟีนอลิกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคโทรีโนล (tocotrienol) ซึ่งทั้งสองมีโครงสร้างพื้นฐานที่ใกล้เคียงกัน วิตามินอีทั้ง 2 กลุ่มเป็น 6-ไฮดรอกซีโครแมน (6-hydroxy chromanes) หรือโทโคล (tocol) และมีสายโซ่ข้างที่เป็นไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid) แตกต่างกัน วิตามินอีทำหน้าที่ป้องกันเซลล์ไม่ให้ถูกเติมออกซิเจนเป็นตัวต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง และวิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวมีสารโทโคโทรีโนล ซึ่งมีคุณภาพสูงกว่าวิตามินอีที่เป็นสารโทโคฟีรอล 40 ถึง 60 เท่า จึงทำให้น้ำมันมะพร้าวต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ณรงค์, 2551) วิตามินอีมีความคงตัวต่อความร้อนในสารละลายที่เป็นกรดในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน แต่เสถียรคงตัวได้ง่ายในสภาวะที่มีออกซิเจนและถูกกระตุ้นจากแสง ความร้อน สารละลายต่าง เหล็ก และเกลือของทองแดง ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Machlin, 1991)

2.4 สารประกอบฟีนอล

น้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งของสารประกอบฟีนอล Nevin and Rajamohan (2004) ศึกษาผลของสารประกอบฟีนอลในน้ำมันมะพร้าว 2 ชนิด ต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิโปโปรตีนชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ โดยเปรียบเทียบปริมาณ โคลเลสเตอรอล ไตรเอซิลกลีเซอรอล และฟอสโฟลิปิดในเลือดของหนูทดลองที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวสดจากกะทิ และจากเนื้อมะพร้าวอบแห้ง พบว่า น้ำมันมะพร้าวสดจากกะทิประกอบด้วยสารโพลีฟีนอล 80 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม สารโพลีฟีนอลทำหน้าที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำและมีทองแดง (copper-induced oxidation) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้มีปริมาณ โคลเลสเตอรอล ไตรเอซิลกลีเซอรอล และฟอสโฟลิปิดในเลือดเท่ากับ 75.72, 7.98 และ 92.41 มิลลิกรัมต่อเลือด 100 กรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวแห้งประกอบด้วยสารโพลีฟีนอล 64 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม จึงเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิโปโปรตีนที่มีความหนาแน่นต่ำ ทำให้มีปริมาณ โคลเลสเตอรอล ไตรเอซิลกลีเซอรอล และฟอสโฟลิปิดในเลือดเท่ากับ 90.43, 11.59 และ 126.01 มิลลิกรัมต่อน้ำมัน 100 กรัม ตามลำดับ

3. ผลพลอยได้จาก กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด

เนื้อมะพร้าวสดประกอบด้วย น้ำร้อยละ 35.00 ถึง 52.50 น้ำมันร้อยละ 34.70 ถึง 44.10 โปรตีนร้อยละ 2.69 ถึง 5.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 9.00 ถึง 11.29 เส้นใยร้อยละ 2.10 ถึง 3.39 และเถ้าร้อยละ 0.77 ถึง 1.30 (Salunkhe, 1992) การสกัดน้ำมันและโปรตีนจากเนื้อมะพร้าวสดสามารถทำได้โดยการใช้ น้ำชะล้างได้เป็นกะทิ (coconut milk) กะทิเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion) มีโปรตีนเชื่อมระหว่างผิวหน้าอนุภาคน้ำมันและน้ำ (Stauffer, 1996) การแยกน้ำมันออกจากกะทิทำได้โดยทำให้อิมัลชันเสียความคงตัวอย่างสมบูรณ์ (breakdown) เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็งและละลาย การหมัก การใช้กรด การใช้เอนไซม์ และการเหวี่ยงแยก ในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดมีผลพลอยได้คือ โปรตีนและกากมะพร้าว

3.1 โพรตีนมะพร้าว

โดยธรรมชาติแล้วเมื่อตั้งน้ำกะทิไว้จะเกิดการแยกชั้นเป็นหัวกะทิด้านบน และชั้นหางกะทิด้านล่าง เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก จากคุณสมบัติด้านความหนาแน่นและการละลายที่แตกต่างกันทำให้น้ำมันซึ่งมีความหนาแน่นต่ำและไม่ละลายในน้ำลอยตัวอยู่ด้านบน การแยกชั้นของน้ำกะทิสถาสามารถทำให้เกิดได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เครื่องแยกครีม ซึ่งใช้แรงหมุนเหวี่ยง โดยน้ำกะทิกถูกปั่นเข้าทางด้านบนเข้าสู่ตรงแกนกลาง แล้วจึงผ่านเข้าตัวถังหมุนที่ประกอบด้วยถ้วยแยก (disc) วางซ้อนกัน น้ำกะทิกถูกปั่นแยกด้วยแรงหมุนเหวี่ยง ส่วนที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า คือ ส่วนหัวกะทิ ซึ่งเป็นแหล่งของน้ำมัน จะออกมาทางท่อด้านในผ่านครีมสกรู (cream screw) ส่วนหางกะทิ เป็นแหล่งของโพรตีน ออกมาทางท่อด้านนอก (Hagenmaier *et al.*, 1973)

โพรตีนมะพร้าว เป็นผลพลอยได้ในกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดจากกะทิ Onsaard *et al.* (2005) ทำการแยกโพรตีนมะพร้าวจากน้ำกะทิ โดยใช้วิธีการที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ

1) การแยกโพรตีนจากชั้นครีมด้วยวิธีตกตะกอน ที่จุดไอโซอิเล็กทริก (Isoelectric point precipitation) เริ่มจากปรับพีเอชของน้ำกะทิให้มีค่าเท่ากับ 3.9 ด้วยกรดอะซิติก และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นน้ำกะทิกแยกออกเป็น 2 ชั้น ชั้นที่อยู่ด้านล่างเป็นชั้นน้ำ และชั้นที่อยู่ด้านบนเป็นชั้นครีม นำชั้นครีมที่ได้มาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 35 ถึง 40 °C ในอ่างให้ความร้อน และนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 5,500 xg เป็นเวลา 30 นาที หลังหมุนเหวี่ยงเกิดการแยกชั้นเป็น 3 ชั้นคือ น้ำมัน น้ำ และตะกอนโพรตีน โดยชั้นน้ำมันลอยอยู่ด้านบนของชั้นน้ำและตะกอนโพรตีนอยู่ชั้นล่างสุด นำส่วนที่เป็นชั้นตะกอนมาล้างด้วยเฮกเซนเพื่อแยกน้ำมันที่ยังคงเหลืออยู่ออกไป จากนั้นนำโพรตีนที่ได้มาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง สามารถแยกโพรตีนออกมาได้ร้อยละ 88.94

2) การแยกโพรตีนจากชั้นครีมด้วยวิธีแช่เยือกแข็ง-ทำละลาย (Freeze-thaw treatment) นำน้ำกะทิกมาหมุนเหวี่ยงที่อุณหภูมิห้องเพื่อแยกออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของครีมและหางกะทิ นำส่วนของครีมที่ได้ไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง และให้ความร้อนจนกระทั่งมีอุณหภูมิ 40 °C ในอ่างให้ความร้อน แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 5,500 xg เป็นเวลา 30 นาที เพื่อแยกน้ำมันออกจากสารละลายโพรตีน หลังหมุนเหวี่ยงทำให้เกิดการแยกชั้น โดยชั้นน้ำมันลอยอยู่ด้านบนของชั้นน้ำและตะกอนโพรตีนอยู่ชั้นล่างสุด นำส่วนที่เป็นชั้นตะกอนโพรตีน

มาล้างด้วยเฮกเซนเพื่อแยกน้ำมันที่ยังคงเหลืออยู่ออกไป จากนั้นนำตะกอนโปรตีนที่ได้มาทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง สามารถแยกโปรตีนออกมาได้ร้อยละ 75.27

โปรตีนมะพร้าวมีหลายชนิดและมีคุณสมบัติการละลายแตกต่างกัน โดย Kwon *et al.* (1996) สกัดโปรตีนมะพร้าวโดยใช้คุณสมบัติการละลายของโปรตีนในสารละลายที่แตกต่างกัน เริ่มจากการแยกน้ำมันออกจากเนื้อมะพร้าวแห้งบดหยาบ (coconut meal) ด้วยเฮกเซน และนำเนื้อมะพร้าวที่แยกน้ำมันออกแล้วมาทำแห้ง ได้เนื้อมะพร้าวผงปราศจากไขมัน (defatted flour) นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C จากนั้นสกัดโปรตีนด้วยสารละลาย 5 ชนิด คือ น้ำ โซเดียมคลอไรด์ 0.5 โมลาร์ ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 70 กรดอะซิติกร้อยละ 50 และ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ ตามลำดับ และพบว่า มีอัลบูมินซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำร้อยละ 21.0 โกลบูลินซึ่งละลายในโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 40.1 โปรลามีนซึ่งละลายในไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 3.3 กลูเทลินชนิดที่ 1 ซึ่งละลายในกรดอะซิติก ร้อยละ 14.4 และกลูเทลินชนิดที่ 2 ซึ่งละลายในโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 4.8

Garia *et al.* (2005) ได้ศึกษาโปรตีนโกลบูลินชนิด 11S และ 7S ซึ่งเป็นส่วนประกอบของโปรตีนมะพร้าว โดยทำให้โปรตีนมะพร้าวให้บริสุทธิ์ จากเนื้อมะพร้าวที่แยกน้ำมันออกแล้ว 5 กรัม สกัดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ 90 มิลลิลิตร ที่เตรียมจาก โซเดียมคลอไรด์ 0.4 โมลาร์ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 35 มิลลิโมล (พีเอช 7.6) ฟีนิลเมทิลซัลโฟนิล ฟลูออไรด์ (phenyl methylsulfonyl fluoride) 0.1 มิลลิโมล เบต้า-เมอร์แคปโตเอทานอล (β -mercaptoethanol) 10 มิลลิโมล และ โซเดียมอะไซด์ (sodium azide) ร้อยละ 0.02 กวนผสมให้เข้ากันในอ่างน้ำแข็งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองแล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 23,500 xg เป็นเวลา 15 นาที นำสารที่ลอยตัวอยู่ด้านบนนำมาทำไดอะไลซิส (dialysis) ด้วยน้ำกลั่นที่ผสมเบต้าเมอร์แคปโตเอทานอล 10 มิลลิโมล เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำสารละลายที่ผ่านการทำไดอะไลซิสได้ไปหมุนเหวี่ยงที่ 23,500 xg เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกอัลบูมินออกจากโกลบูลิน โปรตีนโกลบูลินซึ่งตกตะกอนอยู่ด้านล่าง มาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผสมเบต้าเมอร์แคปโตเอทานอล 10 มิลลิโมล 3 ครั้ง พบว่า มีโปรตีนโกลบูลินร้อยละ 75 และอัลบูมินร้อยละ 25 โดยโปรตีนโกลบูลินส่วนใหญ่ที่พบในมะพร้าวเป็นชนิด 11S หรือที่เรียกว่า โคโคซิน (cocosin) มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 300,000 ถึง 360,000 ดาลตัน และมีพันธะไดซัลไฟด์ในโมเลกุล นอกจากนี้ยังมีชนิด 7S และ 9S เป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 150,000 ถึง 190,000 ดาลตัน และไม่พบพันธะไดซัลไฟด์ในเนื้อมะพร้าวแห้งในโมเลกุลของโปรตีนโกลบูลินชนิด 7S

คุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนมะพร้าว โปรตีนมะพร้าวจัดเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติในน้ำกะทิ ซึ่งเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ จึงทำให้น้ำกะทิเป็นสีขาวขุ่น มีความคงตัว ไม่แยกชั้น เนื่องจากโปรตีนที่เมมเบรนของเม็ดไขมันทำหน้าที่ป้องกันการรวมตัวของหยดน้ำมัน โดยโปรตีนมีการจัดเรียงตัวใช้ส่วนที่เป็นหางยาว (tail) ซึ่งเป็นส่วนที่ชอบน้ำมันเข้ายึดกับผิวของหยดน้ำมัน และเหลือส่วนหัว (head) กับวง (loop) ซึ่งเป็นส่วนชอบน้ำ เคลื่อนไหวอิสระในน้ำ เมื่อหยดน้ำมันเข้ามาใกล้ชิดกัน จะเกิดแรงกระทำระหว่างส่วนหางและวงก่อให้เกิดแรงผลักที่เรียกว่า steric force (Parker, 1987) ทำให้ระบบอิมัลชันคงตัว โดยโปรตีนที่ทำหน้าที่อิมัลซิไฟเออร์ที่ดี คือ โปรตีนที่มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำเกลือ และโปรตีนที่แปรสภาพ (denatured) แล้ว โปรตีนนี้สามารถเกิดแผ่นฟิล์มที่แข็งแรงล้อมรอบอนุภาคไขมันได้ดี โดยเฉพาะเมื่อโปรตีนมีพีเอชใกล้เคียงกับจุดไอโซอิเล็กทริก และดูดซับบนพื้นผิวอนุภาคไขมันในสภาพแปรสภาพ

โปรตีนมะพร้าวแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่แตกต่างกัน Onsaard *et al.* (2005) ศึกษาความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนจากหางกะทิเปรียบเทียบกับโปรตีนเวย์ไอโซเลต หางกะทิที่ใช้ในการทดลองมี 2 ชนิด ชนิดแรกคือหางกะทิเข้มข้น เตรียมโดยการกรองโปรตีนจากหางกะทิด้วยเซลลูโลสเมมเบรน ซึ่งมีความสามารถในการกรองสารที่มีน้ำหนักโมเลกุล 10,000 คาลตัน (molecular weight cut off) และโปรตีนหางกะทิไอโซเลตที่เตรียมโดยการตกตะกอนด้วยกรดที่พีเอช 3.9 โดยเตรียมอิมัลชันจากการใช้น้ำมันข้าวโพดร้อยละ 10 แปรเปลี่ยนปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.1 ถึง 1 พิจารณาความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์จากขนาดอนุภาค การกระจายขนาดของอนุภาค และความคงตัวของครีม พบว่า อิมัลชันที่เตรียมจากโปรตีนเวย์ไอโซเลต และโปรตีนหางกะทิไอโซเลต ที่พีเอชเท่ากับ 7 มีขนาดของอนุภาคเล็ก การกระจายตัวของอนุภาคและความคงตัวของครีมดี เมื่อเรียงลำดับความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์พบว่า โปรตีนเวย์ไอโซเลตมีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์มากกว่าโปรตีนหางกะทิไอโซเลต และ โปรตีนหางกะทิเข้มข้นตามลำดับ

ความสามารถในการละลาย (solubility) เป็นคุณสมบัติเชิงหน้าที่ในอาหารเบื้องต้นของโปรตีน เมื่อโปรตีนมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี จะมีผลต่อเนื้อทำให้เกิดอิมัลชันฟอง และเจลดต่อไปได้ แต่ถ้าเป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ คุณสมบัติเชิงหน้าที่จะเหลือเพียงความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) และดูดน้ำเท่านั้น หากโปรตีนละลายน้ำได้น้อยจะเกิดการตกตะกอน หรือแยกชั้นของโปรตีน ความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับความสมดุล

ระหว่างความชอบน้ำ (hydrophilic interactions) และความไม่ชอบน้ำ (hydrophobic interactions) ของโปรตีน เช่น สมดุลระหว่างการเกิดพันธะไฮโดรเจน (โปรตีน-น้ำ) และการเกิดพันธะอนโพลาร์ (โปรตีน-โปรตีน) ในระหว่างการละลายของโปรตีน เป็นต้น ดังนั้นสัดส่วนของบริเวณที่มีคุณสมบัติความชอบน้ำกับความไม่ชอบน้ำของโปรตีน จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความสามารถในการละลายของโปรตีน นอกจากนี้ความสามารถในการละลายของโปรตีนยังขึ้นอยู่กับจุดไอโซอิเล็กทริก ที่พีเอชสูงหรือต่ำกว่าจุดไอโซอิเล็กทริกโปรตีนมีการละลายน้ำได้ดี โปรตีนส่วนใหญ่มีค่าการละลายต่ำสุดที่พีเอชเท่ากับจุดไอโซอิเล็กทริก ความสามารถในการละลายของโปรตีนสามารถรายงานเป็นค่าดัชนีการกระจายตัวของโปรตีน (protein dispersibility index, PDI) ระดับของความขุ่น (degree of turbidity) ร้อยละของสารที่ไม่ละลาย (percent insolubility) ปริมาณโปรตีนที่กระจายตัวในน้ำ (water dispersible protein, WDP) เป็นต้น ความสามารถในการกระจายตัวเป็นคุณสมบัติหนึ่งของโปรตีน โดยเฉพาะโปรตีนที่มีความสามารถในการละลายต่ำ โปรตีนที่เหลือจากการทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในอิมัลชันจะกระจายตัวอยู่ในน้ำและสามารถเกาะตัวกันแล้วตกตะกอนได้ หากโปรตีนเกาะตัวกันแน่นจะมีการกระจายตัวน้อย Ye *et al.* (1999) กล่าวว่า การกระจายตัวของโปรตีนขึ้นกับพันธะไอออนิก พันธะไฮโดรฟอบิก ประจุรวมของโปรตีน พีเอช และอุณหภูมิ เป็นต้น โดยผลจากการให้ความร้อนทำให้โปรตีนเสียสภาพโดยการคลายเกลียว ช่วยในการกระจายตัวของโปรตีน (ปาริฉัตร, 2548)

ปัจจุบันมีการนำโปรตีนมะพร้าวที่แยกได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด มาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร โดยอาศัยคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนมะพร้าว เช่น นำโปรตีนมะพร้าวซึ่งเป็นผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสดมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มโปรตีนมะพร้าว (วรวรรณ, 2550) น้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมัน (เสาวคนธ์, 2550) เป็นต้น วรวรรณ (2550) ศึกษาความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์และความสามารถในการกระจายตัวของโปรตีนมะพร้าวจากส่วนเหลือจากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด เพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม การทดลองเริ่มจากการเตรียมน้ำกะทิโดยใช้เนื้อมะพร้าวชูดต่อน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 แล้วคั้นโดยใช้เครื่องบีบน้ำกะทิชนิดไฮดรอลิก นำกะทิที่ได้ไปเข้าเครื่องแยกครีม ซึ่งแยกออกได้เป็นหัวกะทิ (coconut cream) หางกะทิ (coconut skim milk) และของแข็งที่ติดผนังด้านในเครื่องแยกครีม เป็นโปรตีนชนิดไม่ละลายน้ำ (โปรตีน 1) และนำหางกะทิตกตะกอนด้วยกรด (โปรตีน 2) นำโปรตีนทั้งสองชนิดไปทำแห้งแบบระเหิด และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 67.27 และ 72.81 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ และนำโปรตีนที่ได้ไปศึกษาคุณสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในด้านการรักษาความคงตัวและการแยกชั้นน้ำมันของอิมัลชัน แสดงเป็น

ปริมาณน้ำมันสูงสุดเป็นมิลลิลิตร ที่โปรตีน 1 กรัม สามารถทำให้เกิดอิมัลชันได้ ใช้โปรตีน 1 และ 2 ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) แปรผันปริมาณน้ำมันเมล็ดทานตะวันร้อยละ 2.5, 5.0, 7.5 และ 10 (w/v) พบว่า โปรตีน 1 และ โปรตีน 2 มีความสามารถในการรักษาความคงตัวดีที่ทำให้น้ำมันเมล็ดทานตะวันเกิดอิมัลชันเท่ากับ 3.5 และ 7.0 มิลลิลิตรน้ำมันต่อกรัมโปรตีน ตามลำดับ และศึกษาอิทธิพลของการให้ความร้อนต่อการกระจายตัวของโปรตีน โดยเตรียมสารละลายผสมระหว่างโปรตีน 1 และ โปรตีน 2 ในสัดส่วนตามธรรมชาติของกะทิ ให้ความเข้มข้นของโปรตีนรวมร้อยละ 3 จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่ 90 °ซ เป็นเวลา 0 5 และ 10 นาที พบว่า โปรตีนมะพร้าวมีคุณสมบัติด้านการกระจายตัว ดีขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 5 นาที

3.2 กากมะพร้าว

กากมะพร้าว (Coconut meal หรือ Fiber meal) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด มีโปรตีนประมาณร้อยละ 4 ถึง 4.5 (Salunkhe, 1992) กากมะพร้าวจากการคั้นกะทิมีโปรตีนต่ำมากประมาณร้อยละ 1.2 ส่วนกากมะพร้าวที่เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันมะพร้าว ของโรงงานผลิตน้ำมันมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 18 ถึง 21 กากมะพร้าวที่มีคุณภาพดีควรมีสีขาว หากเป็นกากมะพร้าวที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูงจะมีสีน้ำตาลแดง มีการนำกากมะพร้าวมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร อาทิ นำมาคั่วให้เหลืองสำหรับทำคุกกี้ กวนกับน้ำตาลทรายทำขนมหน้ากระฉิก หรือเอามาควบกับมะพร้าวชูดผสมกับน้ำตาลเคี้ยวให้เข้ากันสำหรับทำไส้ขนมใส่ไส้ ทำขนมต้มแดง ต้มขาว นอกจากนี้ยังนำมาโรยบนถ่านที่กำลังติดไฟ ใช้ปิ้งไส้กรอกหมู ทำให้ไส้กรอกหมูมีกลิ่นหอม (นิรนาม, 2550)

เพลินจิต และคณะ (2538) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของคุกกี้ที่มีใยอาหารสูง โดยผสมกากมะพร้าว กากถั่วเหลืองผสมเปลือกถั่วเหลือง เห็ดหูหนู วิทเจอร์ม (wheat germ) และเมล็ดทานตะวันในปริมาณร้อยละ 20 ถึง 70 ของน้ำหนักแป้งสาลี พบว่า ผลิตภัณฑ์คุกกี้ผสมใยอาหารชนิดต่างๆ มีความหนาแน่นลดลง การขยายตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรปกติ ยกเว้นคุกกี้ผสมกากมะพร้าว และคุกกี้กากถั่วเหลืองผสมเปลือกถั่วเหลือง มีการขยายตัวลดลง ค่าการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Index, WAI) ของคุกกี้ทุกชนิดเพิ่มมากกว่าคุกกี้สูตรปกติ ความแข็งของคุกกี้ที่วัดโดยเครื่อง Instron ลดลง ผลิตภัณฑ์ที่ผสมใยอาหาร มีปริมาณใยอาหารอยู่ระหว่าง 7.76 ถึง 20.82 กรัมต่อ 100 กรัม การเติมวัตถุดิบชนิดต่างๆ ที่เป็นแหล่งของใยอาหารลงในส่วนผสมของ

คุกกี้ ทำให้คะแนนการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ปานกลางนั่นคือ การเติมกากมะพร้าว กากถั่วเหลือง ผสมเปลือกถั่วเหลือง เห็ดหูหนู วิตามิน และเมล็ดทานตะวันในปริมาณร้อยละ 50 60 30 70 และ 70 ของน้ำหนักแป้งสาลีตามลำดับ ปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง เช่นการเติมกากมะพร้าวร้อยละ 50 ของน้ำหนักแป้งสาลี คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับปานกลาง แต่ถ้าเติมกากมะพร้าวร้อยละ 60 ของน้ำหนักแป้งสาลี คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับต่ำ

4. ระบบอิมัลชันในอาหาร

4.1 ความหมายของอิมัลชัน

Petrowski (1976) ให้ความหมายของอิมัลชันว่า เป็นลักษณะที่ของเหลวชนิดหนึ่ง กระจายตัวเป็นอนุภาคเหลวเล็กๆ อยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ของเหลวที่กระจายตัวเป็นอนุภาคเหลวเล็กๆ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 ถึง 100 ไมโครเมตร เรียกว่า เฟสกระจายตัว (dispersed phase) ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งที่อนุภาคเหลวเล็กๆ กระจายตัวอยู่ เรียกว่า เฟสต่อเนื่อง (continuous phase) อิมัลชันส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับน้ำและน้ำมัน ในกรณีของเหลวที่เป็นเฟสต่อเนื่องคือน้ำ และของเหลวที่เป็นเฟสกระจายตัวคือน้ำมัน จะเรียกระบบอิมัลชันนี้ว่า เป็นอิมัลชันชนิด “น้ำมันในน้ำ” (oil-in-water, O/W) เช่น นำนม น้ำสลัด ซุป มายองเนส และน้ำกะทิ เป็นต้น ในทางกลับกัน หากของเหลวที่เป็นเฟสต่อเนื่องคือน้ำมัน และของเหลวที่เป็น เฟสกระจายตัวคือน้ำ จะเรียกอิมัลชันชนิด “น้ำในน้ำมัน” (water-in-oil, W/O) เช่น มาการีน ฟีนทสเปรด และเนยสด นอกจากนี้ลักษณะของอิมัลชันอาจเป็นแบบ อิมัลชันเชิงซ้อน หรืออิมัลชันเชิงคู่ (multiple emulsion; oil-in-water-in-oil emulsion, O/W/O หรือ water-in-oil-in-water emulsion, W/O/W) เป็นระบบที่มีเฟสกระจายตัวเป็นหยดอิมัลชันขนาดเล็ก (microemulsion) กระจายตัวอยู่ในเฟสต่อเนื่องของระบบอิมัลชันรวม (macroemulsion) เช่น อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W) ประกอบด้วยอนุภาคของน้ำขนาดเล็กๆ หลายอนุภาคกระจายตัวอยู่ใน อนุภาคน้ำมันที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งการกระจายตัวอยู่ในน้ำที่เป็นส่วนต่อเนื่อง อิมัลชันชนิดนี้ เหมาะสำหรับการควบคุมการปลดปล่อยกลิ่นรส หรือเพิ่มลดปริมาณน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหาร ประเภทอิมัลชันบางชนิด

4.2 การรักษาความคงตัวของอิมัลชันในอาหาร

ผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูปอิมัลชันเหลวหรืออิมัลชันกึ่งแข็งกึ่งเหลว โดยผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีกลไกการเกิดอิมัลชันและการรักษาความคงตัวแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น นมดิบซึ่งยังไม่ผ่านการแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น เนื่องจากโปรตีนที่เมมเบรนของเม็ดไขมัน (fat globule) ทำหน้าที่ป้องกันการรวมตัวของเม็ดไขมัน เมื่อนำนมดิบมาผ่านการให้ความร้อนในระดับพาสเจอร์ไรซ์และทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ในระหว่างกระบวนการแปรรูป เม็ดไขมันจะแตกออกมีขนาดเล็กลง ระบบอิมัลชันจะถูกทำให้คงตัวต่อไปโดยโปรตีนเคซีนหรือโปรตีนเวย์ ซึ่งเกิดการคลายเกลียวหรือเสียสภาพธรรมชาติ และถูกดูดซับที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ โปรตีนทั้งสองชนิดทำหน้าที่หลักในการรักษาความคงตัวของนมแปรรูปแทนโปรตีนที่เมมเบรนของเม็ดไขมัน ผลิตภัณฑ์เนยและมาการีนเป็นอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน มีความคงตัวเนื่องจากผลึกของไขมันเกาะตัวกันเป็นร่างแหทำให้ความหนืดของเฟสต่อเนื่องเพิ่มขึ้น จนหยดน้ำเคลื่อนที่มาชนกันและรวมตัวกันน้อยมาก ผลิตภัณฑ์เนื้อเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ที่มีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ซึ่งถูกสกัดโดยเกลือโซเดียมคลอไรด์ ทำหน้าที่เป็นโมเลกุลกีดขวางการรวมตัวของหยดน้ำมัน ร่วมกับการเกิดเจลของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ในระหว่างการทำให้สุก (ปาริฉัตร, 2549)

การเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ในขณะที่ทำให้เกิดเป็นอิมัลชันจะช่วยลดแรงตึงผิวของเฟสกระจายตัวและเฟสต่อเนื่อง ทำให้เกิดเป็นอิมัลชันได้ง่ายขึ้น และมีความคงตัว สารอิมัลซิไฟเออร์เป็นสารประกอบที่สามารถละลายได้ทั้งในเฟสกระจายตัวและเฟสต่อเนื่อง เนื่องจากสามารถละลายได้ และกระจายตัวได้ทั้งในน้ำและน้ำมัน เรียกว่า โมเลกุลแอมฟิฟิลิก (amphiphilic) (Stephen *et al.*, 2006)

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของอิมัลชัน

4.3.1 โพรตีน

โพรตีนเป็นสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ นอกจากจะให้คุณค่าทางอาหารแล้ว บางชนิดสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ด้วย ตัวอย่างอาหารที่มีโพรตีนเป็นอิมัลซิไฟเออร์ คือน้ำมัน (Petrowski, 1976) โพรตีนทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัวได้เนื่องจากขณะที่โมเลกุลโพรตีนซึ่งเสียดสภาพคล้ายตัวจากการถูกคูดซ์อยู่ระหว่างผิวของน้ำมันและน้ำ ทำหน้าที่กีดขวางไม่ให้เม็ดไขมันรวมตัวกันในระบบอิมัลชัน การเสียดสภาพเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการผลิต เช่น การให้แรงเฉือนในระหว่างการโฮโมจิไนซ์ การให้ความร้อนในระหว่างการฆ่าเชื้อ เป็นต้น ทำให้โพรตีนส่วนที่กระจายตัวในน้ำมันได้ดี หันเข้าหาพื้นผิวของเม็ดไขมัน ในขณะที่ส่วนที่กระจายตัวในน้ำได้ดี หันเข้าหาเฟสของน้ำ ดังนั้นเม็ดไขมันที่ถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของโพรตีนจะกระจายตัวอยู่ในเฟสของน้ำได้ โพรตีนที่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดีต้องคลายเกลียวได้ง่ายที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ การที่โพรตีนคลายเกลียวได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโพรตีนที่มีอยู่ในระบบ พื้นที่ผิวของเม็ดไขมัน ระยะเวลาที่โพรตีนสัมผัสที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ และโครงสร้างระดับโมเลกุลของโพรตีนก่อนการคูดซ์ที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ (Stephen *et al.*, 2006)

4.3.2 สารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก

สารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็ก เช่น เลซิทีน โมโนและไดกลีเซอไรด์ ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อิมัลชันส่วนใหญ่ เพื่อลดแรงตึงผิวของเม็ดไขมันในระหว่างการโฮโมจิไนซ์ หน้าที่หลักของอิมัลซิไฟเออร์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กภายหลังจากที่เกิดเป็นอิมัลชัน คือ การควบคุมภาวะรูปร่างหลายแบบ (polymorphisms) ของเฟสของไขมัน การป้องกันการเกิดรีโทรเกรด (retrograde) ของแป้งในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และการทำให้เม็ดไขมันเกิดการรวมตัวบางส่วนในระหว่างอัดอากาศและแช่แข็งในกระบวนการทำไอศกรีม (Stephen *et al.*, 2006) สารอิมัลซิไฟเออร์เหล่านี้มีขนาดเล็กจึงแข่งขันกับโพรตีนในการถูกคูดซ์ที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ ทำให้ความหนาแน่นของโพรตีนที่ผิวร่วมลดลง ประสิทธิภาพของโพรตีนในการเป็นกีดขวางที่ผิวร่วมจึงลดลง

4.3.3 พอลิแซ็กคาไรด์

โดยทั่วไปแล้วพอลิแซ็กคาไรด์ไม่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ เนื่องจากไม่มี หมุ่นอนโพลาร์เพียงพอที่จะดูดซับที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ แต่พอลิแซ็กคาไรด์สามารถเพิ่มความคงตัวของระบบอิมัลชันได้โดยการเพิ่มความหนืด หรือทำให้เฟสของน้ำซึ่งเป็นเฟสต่อเนื่อง เปลี่ยนเป็นเจล กลไกนี้ช่วยลดการเคลื่อนที่และการชนกันของเม็ดไขมัน พอลิแซ็กคาไรด์บางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนและเพิ่มความหนาแน่นของชั้นกีดขวางที่ผิวร่วม พอลิแซ็กคาไรด์ในกลุ่มนี้ได้แก่ ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีประจุลบ ซึ่งสามารถเกิดพันธะเชิงไอออนกับโปรตีนที่มีประจุบวก ในกรณีที่โปรตีนมีประจุลบ ถ้าอาหารมีไอออนที่มีประจุบวกมากกว่าหนึ่ง ซึ่งเพียงพอที่จะเกิดพันธะเชิงไอออนกับประจุลบของโปรตีนที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ และประจุลบของไฮโดรคอลลอยด์ในเฟสของน้ำ อิมัลชันจึงมีความคงตัวเพิ่มขึ้น ดังในกรณีการเชื่อมข้าม (cross-linking) ระหว่างแคปทาเคซิน กับกัมการาจีแนน โดยแคลเซียมไอออนในผลิตภัณฑ์นม (Dalgleish and Morris, 1988)

4.3.4 สภาพที่ใช้ในการแปรรูปและการเก็บรักษา

ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีน โปรตีนกับสารอิมัลซิไฟเออร์ขนาดเล็ก และโปรตีนกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผิวร่วมระหว่างน้ำมันกับน้ำ สามารถควบคุมได้โดยการปรับเปลี่ยนสภาวะการผลิตให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และระดับความคงตัวที่ต้องการ เพราะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พีเอช ชนิดและความเข้มข้นของไอออน ตลอดจนความดันของเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ จะทำให้คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของโปรตีน สารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีขนาดเล็ก และพอลิแซ็กคาไรด์เปลี่ยนไป เช่น ทำให้ประจุรวมลดลงเนื่องจากการเติมไอออน หรือการปรับพีเอชให้เข้าใกล้จุดไอโซอิเล็กทริก เป็นต้น (ปาริฉัตร, 2549)

4.3.5 การปรับสูตรอาหาร

การปรับสูตรอาหารเพื่อให้มีคุณภาพตามต้องการ เช่น มีปริมาณไขมันหรือให้พลังงานลดลงโดยการใช้สารทดแทนไขมัน (fat substitutes) หรือสารเลียนแบบคุณสมบัติทางเคมีกายภาพบางประการของไขมัน (fat mimetics) การลดปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ด้วยวัตถุประสงค์ทางโภชนาการ การเติมสารอาหารบางชนิด เช่น แคลเซียม ผู้ผลิตอาหารจึงจำเป็นต้องเข้าใจบทบาทของสารผสมในอาหารแต่ละชนิด เพื่อให้สามารถทำนายคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส การไหล การอุ้มน้ำ ความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลายน้ำแข็ง และคุณสมบัติเชิงหน้าที่อื่นๆ ที่ขาดหายไปจากการปรับสูตร (ปาริฉัตร, 2549) ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการศึกษาเกี่ยวกับการปรับสูตรอาหาร การลดปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในไส้กรอก แฮม เนื้อขึ้นรูป (restructured meat) เกลือโซเดียมคลอไรด์ทำหน้าที่สกัดโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ เช่น ไมโอซิน แอคติน แอคโตไมโอซิน และโปรตีนอื่นๆ ซึ่งจำเป็นในการยึดเกาะของชิ้นเนื้อในผลิตภัณฑ์ และช่วยรักษาน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังการหุงต้ม แต่แนวโน้มการบริโภคอาหารในปัจจุบันต้องการปริมาณเกลือลดลงเพราะเหตุผลด้านสุขภาพ ดังตัวอย่างงานวิจัยที่มีการศึกษาการปรับสูตรเบคเตอร์เนื้อไก่่งวงด้วยการทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ด้วยไตรโพลีฟอสเฟต พบว่า การให้ความร้อนกับเบคเตอร์เนื้อไก่่งวงที่มีการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.5 ที่อุณหภูมิ 50 °ซ ทำให้ได้เบคเตอร์สุกที่มีร่างแหโปรตีนค่อนข้างหนา เมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่มีการทดแทนเกลือด้วยไตรโพลีฟอสเฟตและผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน การลดความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์เป็นร้อยละ 1.5 ทำให้เบคเตอร์มีความแน่นเนื้อลดลง เนื่องจากมีโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ถูกสกัดน้อยลง แต่การใช้ไตรโพลีฟอสเฟตเสริมและการทำให้เบคเตอร์สุกที่อุณหภูมิสูงประมาณ 70 °ซ สามารถรักษาเนื้อสัมผัสของเบคเตอร์ได้ใกล้เคียงกับเบคเตอร์ที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 2.5 เนื่องจากไตรโพลีฟอสเฟตเป็นสารที่ช่วยให้เกิดการละลายของโปรตีน (Barbut *et al.*, 1996; ปาริฉัตร, 2549)

5. ผลิตภัณฑ์สเปรด

ผลิตภัณฑ์สเปรด เป็นของผสมกึ่งแข็งที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม สามารถป้ายทาได้ มีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด (Ockerman, 1991) ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรดออกมามากหลายรูปแบบ อาทิ แยม (jam) เนยถั่วลิสง (peanut butter) และ โพรเซสชีสสเปรด (processed cheese spread) เป็นต้น

5.1 แยม

แยม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบผลไม้ซึ่งอาจเป็นผลไม้ทั้งผล ผลไม้เป็นชิ้น เนื้อผลไม้ หรือผลไม้ปั่น ผสมกับน้ำตาล หรือน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้น และทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2543) สมบัติ (2528) กล่าวว่า แยมจัดเป็นอาหารกึ่งของแข็งหรืออาหารกึ่งแข็ง และเป็น High solid-high acid food ที่ได้จากการผสมส่วนของผลไม้ 45 ส่วน กับน้ำตาล 55 ส่วน โดยน้ำหนัก แล้วนำส่วนผสมนี้ไปทำให้เข้มข้นมากขึ้นจนได้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 65 โดยเติมสารให้กลิ่นรสและสีลงไปเพื่อดึงดูดใจ มีการเติมเพคติน และกรดเพื่อให้ลักษณะของเจลที่ดี

5.2 เนยถั่วลิสง

เนยถั่วลิสง เป็นผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสง ซึ่งเตรียมจากถั่วลิสงคั่วบดละเอียด มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันสีน้ำตาล มีความหนืดความคงตัวสูงส่วนใหญ่ใช้ทาขนมปัง แครกเกอร์ และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบ ของหวาน ไอศกรีม และของว่างอื่นๆ เนยถั่วลิสงแบบดั้งเดิมประกอบด้วยถั่วลิสงเท่านั้น หรืออาจเติมเกลือเล็กน้อย เนยถั่วลิสงชนิดนี้มีอายุการเก็บสั้นเนื่องจากน้ำมันแยกชั้นออกมาและเกิดการหืนขึ้น ปัจจุบันการผลิตเนยถั่วลิสงทางการค้าได้มีการเติมส่วนผสมอื่น เช่น สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว และ อิมัลซิไฟเออร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกลิ่นรส ป้องกันการแยกชั้นของน้ำมัน และทำให้ความสามารถในการป้ายทาเพิ่มขึ้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศ สหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานเนยถั่วลิสง โดยกำหนดให้มีถั่วลิสงคั่วและบดละเอียดอย่างน้อยร้อยละ 90 ปริมาณไขมันทั้งหมดของเนยถั่วลิสงต้องไม่เกินร้อยละ 55 และเติมส่วนผสมอื่นๆ ไม่เกินร้อยละ 10 ได้แก่ สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว และห้ามเติม สี กลิ่น วิตามินเอ บี ซี ดี และวิตามินอี ผลิตภัณฑ์ที่เติมส่วนผสมอื่นๆ เกินร้อยละ 10 เรียกว่า ฟีนัทสเปรด (peanut spread) ทั้งเนยถั่วลิสงและฟีนัทสเปรดที่ได้ต้องมีคุณค่าทางโภชนาการตามที่กำหนด ถ้าไม่ตรงตามข้อกำหนดจะเรียกว่าเนยถั่วลิสงเทียม (imitation peanut butter) (Weiss, 1983)

5.3 โพรเซสชีสสเปรด

ผลิตภัณฑ์โพรเซสชีส หมายถึง หมายถึงผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่นำมาแปรรูปหรือผลิตภัณฑ์ทำจากเนยแข็งมาแปรรูปโดยมีส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป ทำให้มีคุณสมบัติแตกต่างกันแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ โพรเซสชีส (processed cheese) ทำมาจากชีสหนึ่งชนิดหรือมากกว่านั้น นำมาบดและผสมจนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน มีการให้ความร้อนช่วยในการหลอม และมีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ โพรเซสชีสฟู๊ด (processed cheese food) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกับโพรเซสชีส ซึ่งนอกจากมีการเติมชีสหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งชนิดจะต้องมีส่วนประกอบของนมที่สามารถเลือกใช้ในการผลิตดังนี้ cream, milk, nonfat milk, buttermilk, cheese whey, anhydrous milk fat, dehydrate cream หรือ skim milk cheese โพรเซสชีสฟู๊ดต้องประกอบด้วยส่วนผสมของชีสอย่างน้อยร้อยละ 51 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์สุดท้าย และโพรเซสชีส สเปรด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากชีสหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งชนิดมาบดผสม ให้ความร้อนช่วยในการหลอมรวมกัน ส่วนประกอบหลักของโพรเซสชีสสเปรดคือ โปรตีน ไขมัน และความชื้น ที่รวมตัวกันเป็นอิมัลชันกึ่งแข็ง (semi-solid emulsion) ชนิดน้ำมันในน้ำ คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีการเติมอิมัลซิไฟเออร์ได้ไม่เกินร้อยละ 3 ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 44 ถึง 60 มีการเติมส่วนผสมที่ช่วยในการเก็บรักษาน้ำในผลิตภัณฑ์ เช่น กัม เจลาติน และ คาราจีแนน ไม่เกินร้อยละ 0.8 ของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์สุดท้าย สามารถเลือกใส่สารให้ความหวานเป็นส่วนผสมได้ เช่น น้ำตาล เด็กโทรส มอลโตส และน้ำเชื่อมข้าวโพด และอาจเติม ผลไม้ ผัก เนื้อสัตว์ หรือส่วนผสมอื่นๆ (Anonymous, 2004) ปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการผลิตโพรเซสชีสในรูปแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคและเพื่อลดต้นทุนการผลิต จึงทำให้มีผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรดที่หลากหลายขึ้น อาทิ โพรเซสชีสสเปรดเทียม (imitation processed cheese spread) โพรเซสชีสสเปรดไขมันต่ำ (reduced-fat processed cheese spread) และโพรเซสชีสสเปรดปราศจากไขมัน (fat-free processed cheese spread) เป็นต้น

Swenson *et al.* (2000) ศึกษาอิทธิพลของส่วนประกอบต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโพรเซสชีสสเปรดปราศจากไขมันเปรียบเทียบกับโพรเซสชีสสเปรดธรรมดา โดยพิจารณาจากสมบัติเชิงหน้าที่ ความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา และความสามารถในการหลอม ส่วนประกอบของโพรเซสชีสปราศจากไขมันประกอบด้วย hard skim-milk cheese ร้อยละ 59.8 น้ำ ร้อยละ 26.8 dried sweet whey ร้อยละ 5.3 nonfat dry milk ร้อยละ 4.1 เกลือร้อยละ 1 และเกลืออิมัลซิไฟเออร์ (ไตรโซเดียมซิเตรท และไดโซเดียมฟอสเฟต) ร้อยละ 3 ส่วนโพรเซสชีส

สเปรดธรรมดาประกอบด้วย hard skim-milk cheese ร้อยละ 59.8 น้ำร้อยละ 26.8 dried sweet whey ร้อยละ 5.3 full fat dry milk ร้อยละ 4.1 เกลือร้อยละ 1 และไดโซเดียมฟอสเฟต ดูโอไฮเดรต (disodium phosphate duohydrate) ร้อยละ 3 วิธีการผลิตเริ่มจากการปั่นผสมส่วนผสมทั้งหมดรวมกันในเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 1 นาที ก่อนเติมน้ำ กวนผสมและให้ความร้อนที่ 75°C เป็นเวลา 8 นาที หยดให้ความร้อน และกวนผสมต่อเป็นเวลา 5 นาที หลังการทดสอบ พบว่า เกลือไตรโซเดียมซิเตรต และเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต ทำให้โพรเซสชีสสเปรดปราศจากไขมันมีความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการป้ายทาสูงกว่าโพรเซสชีสสเปรดธรรมดา เกลือไตรโซเดียมซิเตรตทำให้ความสามารถในการหลอมสูงกว่า ในขณะที่เกลือไดโซเดียมฟอสเฟตให้ความสามารถในการหลอมที่ต่ำกว่าโพรเซสชีสสเปรดธรรมดา

การผลิตโพรเซสชีสสเปรดเทียมอาจนำโปรตีนอื่นมาแทนเคซีนซึ่งเป็นโปรตีนในน้ำนมโดยตรง เช่น เคซีนที่มีอยู่หลายชนิด อาทิ โซเดียมเคซีนท แคลเซียมเคซีนท แมกนีเซียมเคซีนท และอลูมิเนียมเคซีนท เป็นต้น โปรตีนเหล่านี้แม้ว่าเป็นอนุพันธ์ของเคซีน แต่ไม่ถือว่าเป็นส่วนประกอบของน้ำนม (nondairy ingredient) (Zwiercam *et al.*, 1985) นอกจากนี้อาจแทนเคซีนทด้วยโปรตีนจากพืชได้เช่น โปรตีนถั่วเหลือง (Cipollo *et al.*, 1985) โปรตีนถั่วลิสง (Santos *et al.*, 1989) โปรตีนข้าว (วลัยรุจิ, 2540) โปรตีนรำข้าว (วุฒิชัย และ วิสุทธนา, 2549) ปัจจุบันการผลิตโพรเซสชีสสเปรดเทียมเป็นไปอย่างกว้างขวางและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีราคาถูกและมีคุณภาพใกล้เคียงกับโพรเซสชีสสเปรด (Lee *et al.*, 2004)

6. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด

6.1 น้ำ

ในระหว่างกระบวนการผลิตโพรเซสชีสสเปรดมีการเติมน้ำเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์อ่อนตัวลงและเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น (Berger *et al.*, 1993) น้ำมีบทบาทในการละลายเกลือ ทำปฏิกิริยากับโปรตีน และช่วยในการกระจายตัวของสารประกอบต่างๆ น้ำมีผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรดในการลดความแข็งหรือความแน่นเนื้อ และปริมาณน้ำในอาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์สเปรดจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจำพวกอาหารกึ่งแห้ง (Intermediate Moisture Food, IMF) มีค่า water activity (a_w) อยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.9 (Lee *et al.*, 2004)

6.2 ไขมัน

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา สหรัฐอเมริกา กำหนดมาตรฐาน โพรเซสชีส สเปรดว่าต้องมีความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 44 ถึง 60 และปริมาณไขมันอย่างน้อยร้อยละ 20 และ โพรเซสชีสสเปรดไขมันต่ำในทางการค้ามีความชื้นประมาณร้อยละ 73 มีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง ร้อยละ 10 ถึง 24 (Lee *et al.*, 2004) ไขมันมีบทบาทในการเป็นโครงสร้างให้กับผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อ เนื้อสัมผัส เช่น ความแน่นเนื้อ ความสามารถในการหลอม เป็นต้น ปัจจุบันมีการผลิตโพรเซสชีส ปราศจากไขมัน ซึ่งใช้ส่วนประกอบอื่นๆ มาช่วยในการรักษาโครงสร้างแทนไขมัน เช่น มีการเติม สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์ต่างๆ (Swenson *et al.*, 2000) ไขมันมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มโพรเซสชีส ดังรายงานของอริสตรา (2549) ซึ่งศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติด้าน เนื้อสัมผัสของเนยแข็งเทียมที่ผลิตจากเคซีน โดยใช้ไขมันปาล์มตัดแปลงตรา ไวท์แคป แปรเปลี่ยน ส่วนประกอบของน้ำ 3 ระดับคือ ร้อยละ 51 36 และ 47 และไขมันร้อยละ 40 43 และ 44 และ โขเคียมเคซีนปริมาณร้อยละ 2.22 ถึง 2.75 ต่อแคลเซียมเคซีนปริมาณร้อยละ 8.25 ถึง 8.80 ที่ 2 ระดับ คือ 1 : 3 และ 1 : 4 กรดแลคติกร้อยละ 0.35 โพรแตสเซียมซอร์เบทร้อยละ 0.10 เกลือร้อยละ 0.75 และ กลิ่นเนยร้อยละ 0.30 เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C โดยตรวจสอบความแน่นเนื้อ และความสามารถ ในการหลอมของเนยแข็งเทียม พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณไขมันและลดปริมาณน้ำ ค่าความแน่นเนื้อของ ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ส่วนความสามารถในการหลอมซึ่งวัดจากการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างที่ 232 °C เป็นเวลา 5 นาที และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น พบว่า เมื่อปริมาณไขมันในส่วนผสมเพิ่มขึ้น ความสามารถในการหลอมของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เป็นผลจากการเสีรูปร่างของโครงสร้าง โปรตีน ที่ล้อมรอบเม็ดไขมันในขณะที่ไขมันได้รับความร้อน ทำให้โครงสร้างของโปรตีนมีการเคลื่อนตัว เกิดการหลอมของเนยแข็ง เนยแข็งที่มีไขมันต่ำสามารถหลอมไม่ดีเท่ากับเนยแข็งที่มีไขมันสูง เนื่องจากมีจำนวนเม็ดไขมันอิสระ (free lipid droplets) ที่มีขนาดใหญ่อยู่ในโครงสร้างของโปรตีน น้อย เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนจึงเสีรูปร่างน้อยกว่า

6.3 ฟิเอช

ฟิเอช เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสสเปรด เนื่องจาก ฟิเอชเป็นตัวกำหนดปริมาณแคลเซียมที่จับยึดบริเวณผิวของเคซีนไมเซลล์ แคลเซียมฟอสเฟต คอลลอยด์ (Colloidal Calcium Phosphate, CCP) ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (cementing agent) ยึดสับ ไมเซลล์ (submicells) ให้รวมเป็นไมเซลล์ด้วยแรงดึงดูดไฮโดรโฟบิกและพันธะของแคลเซียม

ฟอสเฟต (Lucey and Fox, 1993) ในสภาวะปกติโมเลกุลของโปรตีนนมมีประจุสุทธิเป็นลบ สามารถเกิดพันธะกับแคลเซียมได้ โครงสร้างของโปรตีนที่แข็งแรง ถ้าพีเอชลดลง ประจุสุทธิของโปรตีนเข้าใกล้ศูนย์ ทำให้สูญเสียแคลเซียมจากโมเลกุลโปรตีน ที่พีเอชน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.0 ปริมาณแคลเซียมภายในโมเลกุลโปรตีนคงเหลือน้อยมากหรือไม่มีเลย ทำให้โครงสร้างของโปรตีนไม่แข็งแรง (Whitney, 1988)

Shimp (1985) รายงานผลการเปลี่ยนแปลงของพีเอชจากการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ต่อเนื้อสัมผัสของโพรเซสชีสไว้ดังนี้ การเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ส่งผลต่อพีเอชของโพรเซสชีสทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสองประการคือ โปรตีนเปลี่ยนแปลงรูปร่างทำให้โปรตีนเกิดการละลาย และทำให้เกิดการจับตัวระหว่างเกลืออิมัลซิไฟเออร์กับแคลเซียม โครงสร้างของโปรตีนมีทั้งประจุบวกและประจุลบ ประจุที่เหมือนกันจะผลักกัน และเมื่อพีเอชของโปรตีนมีค่ามากกว่าค่าไอโซอิเล็กทริกโปรตีนจะมีประจุเป็นลบ โดยเนยแข็งมีค่าไอโซอิเล็กทริกประมาณ 5.0 เมื่อพีเอชของเนยแข็งลดลงประมาณ 5.0 ผลึกไขมันจะมีเนื้อสัมผัสร่วนและเริ่มสูญเสียสภาพการเป็นอิมัลชันของไขมัน และเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นพันธะระหว่างโมเลกุลโปรตีนแข็งแรงขึ้น ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้เพิ่มขึ้น ผลึกไขมันมีความยืดหยุ่นดีขึ้นและเป็นอิมัลชันที่ดี แต่ที่พีเอชมากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้มากเกินไป ส่งผลให้โพรเซสชีสมีลักษณะนุ่มเกินไป

6.4 เกลืออิมัลซิไฟเออร์ (emulsifying salt)

Kosikowski (1982) รายงานว่าเกลืออิมัลซิไฟเออร์สามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์โพรเซสชีสเปรด เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์ช่วยเพิ่มการละลาย (solubility) ของโปรตีนและการเกิดอิมัลชันของโปรตีนส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่เนียนและมีความสม่ำเสมอ

อิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้โดยมากเป็นเกลือฟอสเฟต เช่น เกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (Na_2HPO_4) ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) โซเดียมโพลิฟอสเฟต (NaPO_3)_n โซเดียมไตรโพลิฟอสเฟต ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) และไตรโซเดียมซิเตรต ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) เป็นต้น

เกลือเหล่านี้มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น พีเอช การละลาย และความสามารถในการจับ (chelating) กับแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ตัวอย่างการทำงานของเกลืออิมัลซิไฟเออร์ที่มีสารฟอสเฟต (PO_4^{2-}) เป็นส่วนประกอบ ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ได้จากการที่ฟอสเฟตเข้าไปจับกับแคลเซียมไอออนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน เช่น เกลือโซเดียมฟอสเฟต ไดโซเดียมฟอสเฟต และไตรโซเดียมฟอสเฟต มีพีเอช 4.2 9.5 และ 13 ตามลำดับ

นิยมใช้เกลือโซเดียมฟอสเฟตกับผลิตภัณฑ์เนยแข็งที่มีลักษณะแข็งและแตกง่าย เกลือไตรโพลีฟอสเฟตใช้กับเนยแข็งที่มีความชื้นสูง และมีความยืดหยุ่น ส่วนใดโซเดียมฟอสเฟตใช้กับเนยแข็งที่มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว

Gupta *et al.* (1984) รายงานว่าผู้ชิมยอมรับโคลด์โพรเซสชีสสเปรด (cold processed cheese spread) ที่มีลักษณะคล้ายเม็ดที่ขบคละเอียดย (slightly mealy) และเป็นเส้นใย (fibrous) ซึ่งเกิดจากเกลือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตดึงแคลเซียมออกจากโมเลกุลโปรตีนได้ดี สามารถลดขนาดของโมเลกุลของพาราเคซีนได้โดยการเกิด peptidization ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่แน่นแต่สามารถป้ายได้ดี ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของเกลือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต สอดคล้องกับรายงานของ Shimp (1985) ที่กล่าวว่าเกลือเตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต และโซเดียมฟอสเฟต นิยมใช้กับเนยแข็งโพรเซสชนิดแข็ง (hard processed cheese) เช่น เนยแข็งโพรเซสเชดคาร์ ส่วนใดโซเดียมฟอสเฟต ไตรโซเดียมซิเตรต และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต มักใช้กับเนยแข็งที่มีเนื้อสัมผัสนุ่ม เช่น โพรเซสชีสสเปรด เป็นต้น

Shimp (1985) ศึกษาคุณสมบัติของเกลืออิมัลซิไฟเออร์ 5 ชนิด คือ ใดโซเดียมฟอสเฟต เตตระโซเดียมไพโรฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียมโพลีฟอสเฟต และโซเดียมซิเตรต พบว่า สารละลายเกลือทั้ง 5 ชนิดมีพีเอชเป็นต่าง ยกเว้นโซเดียมโพลีฟอสเฟตที่มีพีเอชเป็นกรดคือ 6.0 ซึ่งเมื่อนำมาใช้ผลิตเนยแข็งเทียม พบว่า เกลือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตเพียงชนิดเดียวที่ทำให้พีเอชของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปน้อยที่สุด เนื่องจากพีเอชของเกลือชนิดนี้ใกล้เคียงกับพีเอชของเนยแข็งเทียม เกลือโซเดียมโพลีฟอสเฟตและโซเดียมซิเตรตสามารถละลายได้ดีกว่าเกลือชนิดอื่น เกลือโซเดียมโพลีฟอสเฟตและโซเดียมซิเตรตสามารถจับแคลเซียมได้ดีกว่าเกลือชนิดอื่น ดังนั้น การที่เกลืออิมัลซิไฟเออร์เหล่านี้สามารถดึงแคลเซียมออกจากโมเลกุลของโปรตีน จึงเป็นการเพิ่มการละลายและความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีน

วัลย์รุจี (2540) รายงานการใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์ในการผลิตเนยแข็งเทียมจากเคซีนทและโปรตีนข้าว โดยการทดลองมีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ ใดโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมซิเตรต ในปริมาณร้อยละ 0.2 ของอัตราส่วนผสมทั้งหมด ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้านความแน่นเนื้อ และความสามารถในการหลอมของชีสสเปรดเทียม พบว่า เกลืออิมัลซิไฟเออร์ส่งผลต่อความแน่นเนื้อ และความสามารถในการหลอมของชีสสเปรดเทียมที่ผลิตได้ ใกล้เคียงกับชีสสเปรดที่ทำจากโปรตีนนม

Swenson *et al.* (2000) ศึกษาผลการใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์ คือ ไตรโซเดียมซีเตรต และไดโซเดียมฟอสเฟต ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 ต่อเนื้อสัมผัสของโพเรสเซสเปรด ปราศจากไขมันเปรียบเทียบกับโพเรสเซสเปรดไขมันสูงที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ โดยตรวจสอบความสามารถในการป้ายทา พบว่า ไตรโซเดียมซีเตรต และไดโซเดียมฟอสเฟต ทำให้โพเรสเซสเปรดปราศจากไขมันมีค่าความสามารถในการป้ายทาดี ให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มไม่แข็งเกินไป

6.5 ไฮโดรคอลลอยด์

สารประกอบไฮโดรคอลลอยด์หรือกัม คือ สารที่สามารถกระจายตัวได้ในน้ำ แล้วให้สารละลายที่หนืดหรือสามารถทำให้เกิดเจลได้ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนพอลิแซคคาไรด์ โดยกัมชนิดต่างๆ มีความสามารถในการกระจายตัว การละลาย การให้ความหนืด ทำให้เกิดเจลหรือการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ต่างกันไป (Glicksman, 1982) ในระบบอิมัลชันของอาหาร มักใช้กัมเพื่อทำให้เกิดความคงตัวโดยป้องกันไม่ให้เกิดการแยกชั้นของอนุภาคน้ำมันจากเฟสต่อเนื่องซึ่งมักเป็นน้ำ ลักษณะโดยทั่วไปของกัมคือสามารถละลายได้ในน้ำ เมื่อกัมกระจายตัวอยู่ในสารละลายสามารถคูดน้ำในปริมาณมากและพองตัวอย่างรวดเร็ว ถ้าอนุภาคของกัมกระจายไม่สม่ำเสมอหรือรวมตัวกันเป็นก้อน ทำให้อนุภาคภายในไม่สามารถคูดน้ำได้ เกิดเป็นลักษณะคล้ายเม็ดสา구 (fish eyes) ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการใช้กัมจึงต้องให้อนุภาคของกัมกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยผสมกัมกับวัตถุดิบอื่นๆ ที่เป็นผงแห้ง เช่น น้ำตาลเป็นต้น นอกจากนี้กัมเป็นสารให้ความหนืดหรือความสามารถในการเกิดเจลแล้ว หน้าที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ป้องกันการสูญเสียน้ำ (syneresis) ของผลิตภัณฑ์ขณะที่เก็บรักษา (Kosikowski, 1982; Sanderson, 1996) ตัวอย่างกัมที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์กลุ่มโพเรสเซสเปรดเช่น กัวร์กัม และแซนแทนกัม

กัวร์กัม เป็นพอลิเมอร์สายยาวของกาแลคโตแมนแนนมีน้ำหนักโมเลกุล 220,000 ถึง 250,000 ดาลตัน โมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะ β -(1-4) และมีแขนงของน้ำตาลกาแลคโตสหนึ่งโมเลกุลต่อทุกๆ 2 โมเลกุลของน้ำตาลแมนโนส เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -(1-6) อัตราส่วนของน้ำตาลแมนโนสต่อกาแลคโตสจึงเป็น 2 ต่อ 1 ทำให้กัวร์กัมสามารถคูดน้ำ ให้ความหนืดสูง และให้ความหนืดสูงสุดหลังจากคูดน้ำนาน 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสูงขึ้น (ต่ำกว่า 80°C) จะสามารถละลายได้มากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย (Fox, 1999) กัวร์กัมใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด เพิ่มความคงตัว และช่วยอุ้มน้ำ ความหนืดของสารละลายกัวร์กัมขึ้นกับ อุณหภูมิ พีเอช เวลา ความ

เข้มข้น การกวน และขนาดของอนุภาค เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นความหนืดของสารละลายกัวร์กัมเพิ่มขึ้นด้วย (นิธิยา, 2545)

แซนแทนกัม เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีน้ำตาลกลูโคส แมนโนส และกรดกลูควิโรนิก ในอัตราส่วน 2.8 ต่อ 3.2 มีหมู่อะซิติลร้อยละ 4.7 และกรดไพรูวิกประมาณร้อยละ 3 โดยน้ำตาลกลูโคสต่อแมนโนสด้วยพันธะ β -(1-4) และน้ำตาลแมนโนสที่เป็นสายแขนงต่อกับสายหลักด้วยพันธะ β -(1-2) และ β -(1-3) ส่วนกรดกลูควิโรนิกต่อกันด้วยพันธะ β -(1-2) สารละลายแซนแทนกัมมีความคงตัวสูงต่อความร้อน ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 100 °C ความหนืดมีค่าลดลงมากเมื่อให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้น เช่นจากการกวน สารละลายแซนแทนกัมมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่แบบชั่วคราว และผันกลับได้อย่างสมบูรณ์ (Urlacher and Noble, 1997)

Brummel and Lee (1990) ศึกษาผลของกัมต่อลักษณะของโพเรสซิสสเปรดที่ลดปริมาณไขมัน กัมที่ใช้คือ แซนแทนกัม แลมดาคาราจีแนน เพคตินชนิดเมธอกซิลสูง อาร์จินเทท และกัวร์กัม พบว่า เมื่อปริมาณไขมันลดลงร้อยละ 40 และ 50 ของปริมาณปกติ และเพิ่มน้ำเป็นร้อยละ 62 และ 68 ตามลำดับ (จากชุดควบคุมมีปริมาณไขมันและน้ำมันร้อยละ 25 และ 48 ตามลำดับ) และเติมกัมร้อยละ 0.18 ถึง 4.1 (น้ำหนักเปียก) ตัวอย่างที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเหมือนชุดควบคุมคือตัวอย่างที่ใช้ แลมดาคาราจีแนนร้อยละ 2.2 เพคตินชนิดเมธอกซิลสูงร้อยละ 1.7 ถึง 2.2 และ กัวร์กัมร้อยละ 1.7 กลิ่นและรสชาติของโพเรสซิสสเปรดที่ได้อ่อนกว่าชุดควบคุม เมื่อความเข้มข้นของกัมเพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อของโพเรสซิสสเปรดเพิ่มขึ้นแต่ความสามารถในการหลอมลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบความหนืดของกัมชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า อาร์จินเททให้ความหนืดต่ำมาก และความแข็งแรงน้อยกว่าแซนแทนกัม กัวร์กัมและแลมดาคาราจีแนน ที่ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกัน จึงต้องใช้อาร์จินเททในปริมาณสูงกว่ากัมอื่นๆ เพื่อให้โพเรสซิสสเปรดมีความแข็งเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกัวร์กัมและแซนแทนกัม พบว่าความเข้มข้นของกัวร์กัมและแซนแทนกัมเพิ่มขึ้น ความสามารถในการหลอมของเนยแข็งเทียมลดลง แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

วัลลภรุจิ (2540) ศึกษาการผลิตชีสสเปรดเทียมที่แทนที่เคซีนทด้วยโปรตีนข้าว การทดลองใช้โปรตีนข้าวแทนเคซีนทปริมาณร้อยละ 10 20 และ 35 มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ แซนแทนกัม และกัวร์กัม ในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ในปริมาณร้อยละ 0.25 และ 0.5 ของ

ลดลง ชัดแย้งกับผลการทดลองของ Brummel and Lee (1990) ที่ศึกษาผลของกัมต่อการลดปริมาณไขมันของโพสเซสซิสเปรด พบว่า เมื่อปริมาณกัมเพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อของโพสเซสซิสเปรดเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างแซนแทนกัมและกัวร์กัม พบว่า แซนแทนกัมทำให้ซิสเปรดเทียมมีความแน่นเนื้อสูงกว่ากัวร์กัม

Swenson *et al.* (2000) ศึกษาผลการใช้กัม 4 ชนิด คือ กัวร์กัม เจลาติน คาราจีแนน และโลคัสบินกัม ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 ต่อเนื้อสัมผัสของโพสเซสซิสเปรดปราศจากไขมันเปรียบเทียบกับโพสเซสซิสเปรดไขมันสูงที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ โดยตรวจสอบความสามารถในการป้ายทา พบว่า กัวร์กัม ทำให้โพสเซสซิสเปรดปราศจากไขมันมีค่าความสามารถในการป้ายทาดีที่สุด ให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มไม่เหนียวเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับ เจลาติน คาราจีแนน และโลคัสบินกัม ที่ให้ค่างานที่ใช้ในการป้ายที่ค่อนข้างสูง และมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างเหนียว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 โปรตีนมะพร้าว ชนิดไม่ละลายน้ำ (บริษัท เอิร์ธบอร์น จำกัด)
- 1.2 กากมะพร้าวอบแห้ง
- 1.3 น้ำมันมะพร้าวสด (บริษัท เอิร์ธบอร์น จำกัด)
- 1.4 ไขมันปาล์มชนิดแข็ง (fully hydrogenated palm oil) จุดหลอมเหลว 51 °ซ (บริษัท ลำสูง (ประเทศไทย) จำกัด มหาชน)
- 1.5 เกลือป่น (ตรา ปรุณทิพย์)
- 1.6 น้ำตาลทรายขาว (ตรา มิตรผล)
- 1.7 ผงโกโก้

2. สารเคมี

2.1 สารเคมีสำหรับผลิตสเปรด

2.1.1 เกลืออิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ ไดโซเดียมฟอสเฟต (Disodium phosphate) โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate) และ ไตรโซเดียมซิเตรต (Trisodium citrate) (บริษัท ไทยฟูด แอนด์ เคมีคอล จำกัด)

2.1.2 ไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ กัวร์กัม (Guar gum) และ แซนแทนกัม (Xanthan gum) (บริษัท ไทยฟูด แอนด์ เคมีคอล จำกัด)

2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้า

2.2.1 ปีโตรเลียมอีเทอร์ จุดเดือด 35 ถึง 60 °ซ (J.T.Baker, สหรัฐอเมริกา)

2.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาค่า Thiobarbituric acid number (TBA)

- 2.3.1 บีเอชเอ (Fluka, สวิตเซอร์แลนด์)
- 2.3.2 บีเอชที (Fluka, สวิตเซอร์แลนด์)
- 2.3.3 ทีบีเอ (Fluka, สวิตเซอร์แลนด์)
- 2.3.4 อีดีทีเอ (Mallinckrodt, สหรัฐอเมริกา)
- 2.3.5 ทวิน 20 (Ajax Finechem, ออสเตรเลีย)
- 2.3.6 โพรพิลีนไกลคอล (Merck, เยอรมนี)
- 2.3.7 กรดไตรคลอโรอะซิติก (Merck, เยอรมนี)
- 2.3.8 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Merck, เยอรมนี)
- 2.3.9 คลอโรฟอร์ม (Merck, เยอรมนี)
- 2.3.10 กรดไฮโดรคลอริก (J.T.Baker, สหรัฐอเมริกา)
- 2.3.11 ก๊าซไนโตรเจน (BIG, ไทย)

2.4 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีสำหรับวิเคราะห์จุลินทรีย์

- 2.4.1 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ (Himedia, อินเดีย)
- 2.4.2 อาหารเลี้ยงเชื้อราและยีสต์ (Himedia, อินเดีย)
- 2.4.3 เป็ปโตน (Himedia, อินเดีย)
- 2.4.4 กรดทาร์ทาริก (Merck, เยอรมนี)
- 2.4.5 ทวิน 80 (Ajax Finechem, ออสเตรเลีย)

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, Micro Stable System รุ่น TA-XT Plus, สหรัฐอเมริกา)
- 3.2 เครื่องวัดสี (Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d, ญี่ปุ่น)
- 3.3 เครื่องวัดค่าความชื้นแอกติวิตี (Precision Humidity Measuring Instrument ยี่ห้อ Testo รุ่น 650, จีน)

- 3.4 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer ยี่ห้อ Genesys™ 10 Series, สหรัฐอเมริกา)
- 3.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge ยี่ห้อ Hermle รุ่น Z200A, เยอรมนี)
- 3.6 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (Microcomputer pH-Vision ยี่ห้อ Jenco รุ่น 6071, จีน)
- 3.7 เครื่องปั่นผสมแบบตะกร้อ (Hand Stand Mixer ยี่ห้อ Imarflex® รุ่น IF-309, ไทย)
- 3.8 เครื่องกวนผสมแบบควบคุมอุณหภูมิ (Hot Plate Stirrer ยี่ห้อ VELP Scientifdica รุ่น T.Are 2, อิตาลี)
- 3.9 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (รุ่น Soxtec System HT บริษัท Tecator, สวีเดน)
- 3.10 เครื่องวิเคราะห์โปรตีน วิธี Kjeldahl
 Digestion Unit ยี่ห้อ Buchi รุ่น K-435 สวิตเซอร์แลนด์
 Distillation Unit ยี่ห้อ Buchi รุ่น B-316 สวิตเซอร์แลนด์
- 3.11 เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Fibertec system รุ่น 1020 Hot Extractor, สวีเดน)
- 3.12 เครื่องโฮโมจิไนซ์ (Dispersing T25 Basic รุ่น S25N-10G, เยอรมนี)
- 3.13 เครื่องเขย่า (Vortex ยี่ห้อ Genie รุ่น G-560E, สหรัฐอเมริกา)
- 3.14 เตาเผาถ้ำ (Muffle Furnace รุ่น FSE-621 Series บริษัท Sanyo Gallen Kamp, อังกฤษ)
- 3.15 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven ยี่ห้อ Memmert รุ่น 854-Schwabach, เยอรมนี)
- 3.16 ตู้แช่เย็นอุณหภูมิ 4 ± 2 °ซ (ยี่ห้อ Mitsubishi Electric รุ่น MR-F33T-SL, ไทย)
- 3.17 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.18 ขวดแก้วฟาส์ฟอไรต์สำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์
- 3.19 ถ้วยพลาสติกปิดสนิทสำหรับบรรจุอิมัลชันกึ่งแข็ง
- 3.20 อุปกรณ์การทดสอบทางประสาทสัมผัส
- 3.21 อุปกรณ์เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ

วิธีการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็งแสดงในภาพที่ 2 เริ่มจากการผสมส่วนผสมตามสูตรที่คัดเลือกมาปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นผสมแบบตะกร้อความเร็วระดับ 1 (ความเร็วรอบเท่ากับ 776 ± 2 rpm) เป็นเวลา 1 นาที กวนผสมร่วมกับความร้อนในอ่างให้ความร้อนที่ 75°C เป็นเวลา 8 นาที หยุดให้ความร้อนและกวนผสมต่อเป็นเวลา 5 นาที บรรจุในถ้วยพลาสติกปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) เป็นเวลา 1 วัน ทำการทดลอง 2 ชั่วโมง ก่อนนำตัวอย่างมาทำการวัดค่าต่าง ๆ ต้องทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิตัวอย่างเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นสังเกตลักษณะปรากฏของตัวอย่าง วัดความแข็ง (hardness) และค่างานที่ใช้ในการปายทา (work of shear) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer วัดการแยกตัวของน้ำมันที่ผิวหน้าโดยตัดแปลงวิธีการของ Duran *et al.* (2007) และวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ตามวิธีในภาคผนวก ก และปรับปรุงสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็งเอาสูตรที่มีปัญหา และสูตรที่มีแนวโน้มที่ดีพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรดในขั้นตอนต่อไป

1.2 การปรับปรุงสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง

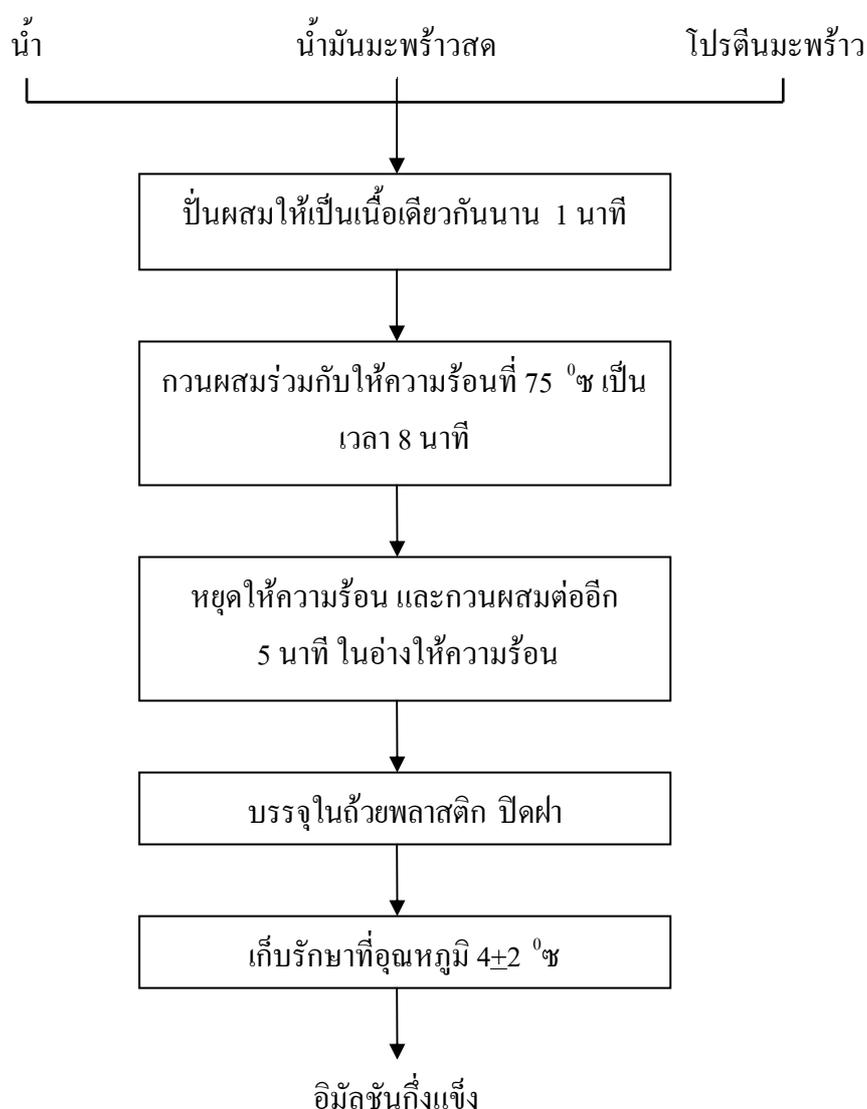
1.2.1 การลดการแยกน้ำมันในสูตรที่มีน้ำมันมากโดยใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็ง

นำสูตรที่มีการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้ามากแต่มีเนื้อสัมผัสดีไม่แข็งจนเกินไป มาศึกษาบทบาทของไขมันปาล์มชนิดแข็งต่อการแยกน้ำมันของอิมัลชันกึ่งแข็งเพื่อการปรับปรุง ทดลองเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด วิธีการทดลองเริ่มจากการนำไขมันปาล์มชนิดแข็งไปละลายในอ่างให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 51°C เป็นเวลา 1 นาที ก่อนนำไปกับผสมส่วนผสมอื่น ๆ ในเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นดำเนินการผลิตตามขั้นตอนการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็งในข้อ 1.1 สังเกตลักษณะปรากฏวัดความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการปายทา และการแยกตัวของน้ำมันที่ผิวหน้า ตามวิธีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

1.2.2 การลดการแยกน้ำมันในสูตรที่มีน้ำมันมากโดยใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์

นำสูตรที่มีการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้ามากแต่มีเนื้อสัมผัสดีไม่แข็งจนเกินไป มาศึกษาบทบาทของเกลืออิมัลซิไฟด์เออร์ต่อการแยกน้ำมันของอิมัลชันกึ่งแข็งเพื่อการปรับปรุง ทดลองใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ ไคโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลี-

ฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรต โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของเกลืออิมัลซิไฟเออร์เป็น 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.05 0.1 0.2 0.4 และ 0.6 ของอิมัลชันกึ่งแข็ง วิธีการทดลองเริ่มจากการละลายเกลืออิมัลซิไฟเออร์ในน้ำ แล้วนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ ในเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นดำเนินการผลิตตามขั้นตอนการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็งในข้อ 1.1 สังเกตลักษณะปรากฏ วัดค่าความแข็ง วัดค่างานที่ใช้ในการปั่นทา และวัดการแยกตัวของน้ำมันที่ผิวหน้าตามวิธีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และวัดพีเอชด้วยเครื่อง pH Meter วัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer แสดงในภาคผนวก ก



ภาพที่ 2 วิธีการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็ง

หมายเหตุ ดัดแปลงจาก Swenson *et al.* (2000)

1.2.3 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสในสูตรที่มีน้ำมากโดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์

นำสูตรที่มีการแยกชั้นของน้ำมากมีเนื้อสัมผัสที่เหลวมาศึกษาบทบาทของไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ กัวร์กัม และแซนแทนกัม ต่อการแยกน้ำของอิมัลชันกึ่งแข็งเพื่อการปรับปรุง โดยการแปรผันปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ ทั้ง 2 ชนิด เป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.4 0.8 และ 1.2 ของอิมัลชันกึ่งแข็ง วิธีการทดลองเริ่มจากการละลายไฮโดรคอลลอยด์ในน้ำ ในเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 1 นาที ก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ จากนั้นดำเนินการผลิตตามขั้นตอนการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็งในข้อ 1.1 สังเกตลักษณะปรากฏ วัดความแข็ง และวัดค่างานที่ใช้ในการป้ายทาด้วยเครื่อง Texture Analyzer ตามวิธีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สเปรตจากโปรตีนมะพร้าว

2.1 การพัฒนาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

นำสูตรของอิมัลชันกึ่งแข็งซึ่งมีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสค่อนข้างดี และมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรตที่ดีได้ ที่คัดเลือกได้จากข้อ 1.1 มาปรับปรุงลักษณะปรากฏ โดยเลือกใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็งจากการทดลองที่ 1.2.1 หรือเกลืออิมัลซิไฟเออร์จากการทดลองที่ 1.2.2 ที่ได้ผลดีกว่า ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์จากการทดลองที่ 1.2.3 จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล 3 x 3 แปรผันความเข้มข้นของสารปรับปรุงลักษณะปรากฏทั้งสอง 3 ระดับให้ครอบคลุมระดับที่ให้คุณภาพที่ดีที่สุดจากการทดลองในข้อ 1.1 โดยมีการเติมผงโกโก้ร้อยละ 0.1 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสที่น่ารับประทาน วิธีการทดลองเริ่มจากการละลายสารปรับปรุงลักษณะปรากฏทั้งสองชนิด และผงโกโก้ในน้ำก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ ในเครื่องปั่นผสม เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นดำเนินการผลิตตามขั้นตอนการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็งในข้อ 1.1 สังเกตลักษณะปรากฏ วัดพีเอช วัดความแข็ง วัดค่างานที่ใช้ในการป้ายทา และวัดค่าสี ตามวิธีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสเหมาะกับการป้ายทาเพื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรตต่อไป

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด

นำสูตรที่คัดเลือกได้ในข้อ 2.1 ซึ่งเป็นสูตรที่มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสที่ดีมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง โดยการเติมเกลือ น้ำตาล และกากมะพร้าว ตามสูตรดังแสดงในตารางที่ 2 วิธีการทดลองเริ่มจากการละลายไฮโดรคอลลอยด์ น้ำตาล เกลือ เกลืออิมัลซิไฟเออร์หรือไขมันปาล์มชนิดแข็ง และโกโก้ในน้ำในเครื่องปั่นผสมก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมอื่นๆ เวลา 1 นาที จากนั้นดำเนินการผลิตตามขั้นตอนการผลิตอิมัลชันกึ่งแข็งในข้อ 1.1 สังเกตลักษณะปรากฏ วัดพีเอช วัดความแข็ง วัดค่างานที่ใช้ในการป้ายทา วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ตามวิธีดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น และประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะปรากฏ ลักษณะการป้ายทา ความเค็ม ความหวาน และการยอมรับรวม ด้วยวิธีการทดสอบความชอบ (Hedonic test) ระดับคะแนน 9 (1 = ไม่ชอบมากพิเศษ ถึง 9 = ชอบมากพิเศษ) แสดงแบบฟอร์มในภาคผนวก ก โดยใช้ตัวแทนผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 24 คน

ตารางที่ 2 สูตรการพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด

ส่วนประกอบ (ร้อยละของอิมัลชันกึ่งแข็ง)	ผลิตภัณฑ์สเปรด		
	ชนิดเค็ม	ชนิดหวาน	ชนิดไฟเบอร์สูง
ไดโซเดียมฟอสเฟต	0.1	0.1	0.1
แซนแทนกัม	0.6	0.6	0.6
ผงโกโก้	0.1	0.1	0.1
เกลือ	1.0	0.5	0.5
น้ำตาล	-	12	12
กากมะพร้าว	-	-	5

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์สเปรดระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์สเปรดในขวดแก้วปิดสนิท 3 ชนิดที่ได้จากการทดลองข้อ 2 มาทดสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ ทุก 2 สัปดาห์เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ตรวจสอบค่า Thiobarbituric acid value (TBA) ของผลิตภัณฑ์ (Shibata and Kinumaki, 1979) ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000) แสดงในภาคผนวก ข

วัดพีเอช วัดความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา ค่าสี การแยกตัวของน้ำมันที่ผิวหน้า และประเมินการยอมรับทางประสาทด้าน ลักษณะปรากฏ ลักษณะการป้ายทา สี กลิ่น และการยอมรับรวม ด้วยวิธีการทดสอบความชอบ โดยใช้ตัวแทนผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 24 คน ก่อนนำตัวอย่างมาวัดค่าต่างๆ ต้องทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25⁰ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.1 อิทธิพลของส่วนประกอบต่อคุณสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็งใช้แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์

4.2 การปรับปรุงสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง โดยใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็ง เกลืออิมัลซิไฟเออร์ และไฮโดรคอลลอยด์ ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD)

4.3 การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว โดยการพัฒนาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ใช้แผนการทดลองแบบ CRD จัดการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial) 3x3

4.4 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์สเปรด ใช้แผนการทดลองแบบ CRD

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. สถานที่ทำการวิจัย

ห้องวิจัยปริญญาโท ห้องปฏิบัติการเคมีทางอาหาร ห้องทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส และห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ

6. ระยะเวลาทำการวิจัย

การทดลองเริ่มเดือน เมษายน 2550 สิ้นสุดเดือน พฤษภาคม 2551

ผลและวิจารณ์

1. อิทธิพลของส่วนประกอบต่อสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง

1.1 อิทธิพลของส่วนประกอบต่อสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง

จากการสังเกตลักษณะปรากฏของอิมัลชันกึ่งแข็งทั้ง 11 สูตร แสดงข้อมูลใน ตารางที่ 3 พบว่า สูตรที่ 1 มีลักษณะเหลวมากคล้ายน้ำเชื่อมเข้มข้น เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องสังเกตเห็นการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมันได้อย่างชัดเจน สูตรที่ 2 มีความข้นเพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรที่ 1 เล็กน้อย เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องสังเกตเห็นการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมันได้ สูตรที่ 3 มีความข้นเพิ่มขึ้นมากกว่าสูตรที่ 2 สังเกตเห็นการแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมันแต่ช้ากว่า 2 สูตร เนื่องจากเป็น 3 สูตรแรกที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงถึงร้อยละ 50 ทำให้มีลักษณะเป็นของเหลวข้น และ ความข้นเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนมะพร้าวเพิ่มขึ้น สูตรที่ 4 มีความข้นมากกว่า 3 สูตรแรกมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น การแยกชั้นระหว่างน้ำกับน้ำมันน้อยมากเพราะส่วนประกอบของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ประกอบด้วยน้ำทำหน้าที่เป็นเฟสต่อเนื่อง น้ำมันมะพร้าวทำหน้าที่เป็นเฟสกระจายตัว และ โปรตีนมะพร้าวทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์กีดขวางการรวมตัวของเม็ดไขมัน (Parker, 1987) สูตรที่ 1 2 และ 3 มีส่วนประกอบของน้ำค่อนข้างสูง เมื่อโปรตีนละลายในน้ำจึงดูดซับน้ำไว้มีลักษณะเหลวคล้ายโคลน การปั่นผสมส่วนประกอบทั้ง 3 ช่วยลดขนาดทำให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กลง โปรตีนกระจายตัวเป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ดี ทำให้ระบบเสถียรในระยะเวลาหนึ่ง แล้วเกิดการแยกชั้น เนื่องจากโปรตีนมีปริมาณน้อยเกินไปการทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์กีดขวางการรวมตัวของเม็ดไขมันไม่ทั่วถึง ส่งผลให้เม็ดไขมันบางส่วนสามารถรวมตัวกันได้เมื่อตั้งทิ้งไว้ เปรียบเทียบกับสูตรที่ 4 ซึ่งมีปริมาณโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นความข้นของอิมัลชันกึ่งแข็งเพิ่มขึ้นความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนก็สูงขึ้น การแยกชั้นของอิมัลชันกึ่งแข็งจึงลดลง สูตรที่ 5 6 และ 7 มีปริมาณน้ำร้อยละ 45 ลดลงจากสี่สูตรแรก มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน ส่งผลให้ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์และการกระจายตัวของโปรตีนดีขึ้น เนื่องจากอยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม สังเกตการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้าลดลง สูตรที่ 8 มีความข้นหนืดสูงกว่าสูตรที่ 7 เป็นเนื้อเดียวกันดีมีความสามารถในการป้ายทาค่อนข้างดี สูตรที่ 9 เหลวกว่าสูตรที่ 8 สามารถป้ายทาได้ จากการสังเกตสูตรที่ 4 ถึง สูตรที่ 8 มีความเหลวปานกลาง การรักษาความคงตัวของระบบอิมัลชันสูงกว่า 3 สูตรแรก เนื่องจากเป็นสูตรที่มีอัตราส่วนของส่วนประกอบ น้ำ น้ำมัน และ โปรตีนในระดับที่เหมาะสม ทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวสูง

สูตรที่ 10 มีความข้นหนืดสูง มีน้ำมันเยิ้มที่ผิวหน้า สูตรที่ 11 มีความข้นหนืดสูงมากเป็นก้อนคล้ายดินน้ำมันมีน้ำมันเยิ้มที่ผิวหน้า เนื่องจากสูตรที่ 10 และ 11 เป็นสูตรที่มีโปรตีนค่อนข้างสูงทำให้อิมัลชันกึ่งแข็งมีลักษณะที่แข็ง ปริมาณโปรตีนสูงเกินไปจึงส่งผลต่อความข้น การกระจายตัวของโปรตีนในน้ำและน้ำมันไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ความสามารถในการทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์กีดขวางการรวมตัวของเม็ดไขมันลดลง โปรตีนจับตัวกันเป็นก้อนเกิดการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้าสูงขึ้น

ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้เมื่อนำส่วนผสมทั้ง 3 ส่วนคือ น้ำ น้ำมันมะพร้าว และโปรตีนมะพร้าว มาควนผสมทำให้เม็ดไขมันมีขนาดลดลง โปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์มีการกระจายตัวได้ดีขึ้น และผลจากการให้ความร้อนช่วยให้โปรตีนที่ได้รับความร้อน มีการคลายตัวของโครงสร้างเป็นสายยาว มีความหนืดเพิ่มขึ้นและโมเลกุลสายยาวไปกีดขวางไม่ให้โปรตีนเกาะตัวกันแน่น (นิธิยา, 2545) ทำให้ระบบอิมัลชันคงตัว อัตราส่วนผสมที่ต่างกันทำให้ระบบของอิมัลชันกึ่งแข็งทั้ง 11 สูตร เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสต่างกัน หากมีปริมาณโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในปริมาณที่เหมาะสมระบบอิมัลชันจะเสถียร ถ้ามีปริมาณมากเกินไป ความข้นของอิมัลชันสูง การกระจายตัวของโปรตีนไม่ดีเท่าที่ควร โปรตีนที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์จะรวมตัวกันและตกตะกอนทำให้เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าได้ หรือถ้ามีปริมาณโปรตีนน้อยเกินไปส่งผลให้ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ไม่มากพอต่อการจับกับอนุภาคของเม็ดไขมันเกิดการแยกชั้นของน้ำและน้ำมัน ปัญหาสำคัญ 2 ประการที่พบ คือ การแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้า และการแยกชั้นของน้ำ สูตรที่มีการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้ามากที่สุดคือ สูตรที่ 10 ประกอบด้วย น้ำมันร้อยละ 20 โปรตีนร้อยละ 40 และน้ำร้อยละ 40 ส่วนสูตรที่มีการแยกชั้นของน้ำมากที่สุดคือ สูตรที่ 1 ประกอบด้วยน้ำมันร้อยละ 25 โปรตีนร้อยละ 25 และน้ำร้อยละ 50 แต่มีบางสูตรที่มีการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าและมีการแยกของชั้นน้ำในระดับที่ต่ำสุด และสามารถป้ายทาได้ดีในระดับหนึ่งคือ สูตรที่ 7 ประกอบด้วย น้ำมันร้อยละ 15 โปรตีนร้อยละ 40 และ น้ำ ร้อยละ 45

ผลที่ได้จากการสังเกตลักษณะปรากฏด้วยตาเปล่าสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการวัดลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันกึ่งแข็งดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 4 อิมัลชันกึ่งแข็งมีค่าความแข็งอยู่ระหว่าง 11.26 ถึง 495.95 กรัม ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาอยู่ระหว่าง 15.11 ถึง 913.71 กรัม×วินาที ค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ระหว่าง 0.892 ถึง 0.904 และปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าต่อน้ำหนักตัวอย่างอยู่ระหว่างร้อยละ 0.034 ถึง 2.152 และปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าต่อน้ำหนักตัวอย่างอยู่ระหว่างร้อยละ 0.034 ถึง 2.152

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์

สูตร	อัตราส่วนของผสม (ร้อยละ) น้ำ : น้ำมัน : โปรตีน	ลักษณะปรากฏ
1	50 : 25 : 25	ความข้นหนืดต่ำมีลักษณะเหลวคล้ายน้ำเชื่อม ไม่สามารถป้ายทาได้ เกิดการแยกชั้นน้ำและน้ำมันสูงมาก
2	50 : 20 : 30	ความข้นหนืดต่ำมีลักษณะเหลวคล้ายน้ำเชื่อม ไม่สามารถป้ายทาได้ เกิดการแยกชั้นน้ำและน้ำมันสูง
3	50 : 15 : 35	ความข้นหนืดต่ำมีลักษณะเหลวคล้ายน้ำเชื่อม ไม่สามารถป้ายทาได้ เกิดการแยกชั้นน้ำและน้ำมัน
4	47 : 22 : 31	ความข้นหนืดปานกลาง สามารถป้ายทาได้แต่ไม่ดีมาก เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า
5	45 : 25 : 30	ความข้นหนืดปานกลาง สามารถป้ายทาได้แต่ไม่ดีมาก เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า
6	45 : 20 : 35	ความข้นหนืดปานกลาง สามารถป้ายทาได้แต่ไม่ดีมาก เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า
7	45 : 15 : 40	ความข้นหนืดปานกลาง สามารถป้ายทาได้ดีมาก เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าน้อย
8	43 : 18 : 39	ความข้นหนืดปานกลาง สามารถป้ายทาได้ดีมาก เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าน้อย
9	40 : 25 : 35	ความข้นหนืดปานกลาง สามารถป้ายทาได้แต่ไม่ดีมาก เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า
10	40 : 20 : 40	ความข้นหนืดสูง ไม่สามารถป้ายทาได้ เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้ามาก
11	40 : 15 : 45	ความข้นหนืดสูงจับตัวเป็นก้อนคล้ายดินน้ำมัน ไม่สามารถป้ายทาได้ เกิดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้ามาก

สูตรที่มีส่วนผสมของน้ำมันมากมีค่าความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาต่ำ สังเกตได้ในสูตรที่ 1 ซึ่งเป็นสูตรที่มีการแยกของชั้นน้ำมันมากที่สุด มีลักษณะเหลว ทำให้ค่าความแข็ง และค่างานที่ใช้การป้ายทาต่ำ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี และปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าสูง และสูตรที่ 9 และ 10 เป็นสูตรที่มีการแยกของน้ำมันมาก มีค่าความแข็ง ค่างานในการป้ายทา และปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าสูง

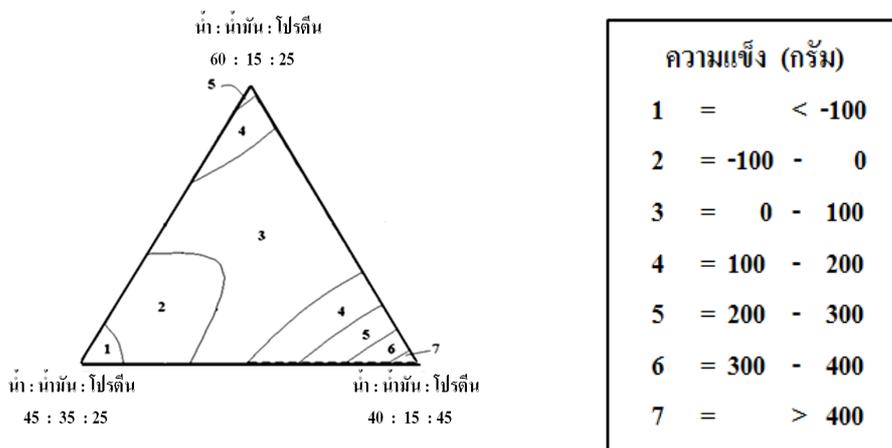
ตารางที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์

สูตร	ความแข็ง (กรัม)	ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา (กรัม×วินาที)	วอเตอร์แอกติวิตี	ปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้า (%)
1	11.26 ^a	15.11 ^a	0.904 ^c	1.524 ^g
2	13.63 ^b	19.79 ^b	0.900 ^{cde}	0.483 ^e
3	42.98 ^e	74.81 ^c	0.898 ^{bcd}	0.034 ^a
4	27.64 ^c	45.30 ^c	0.901 ^{de}	0.131 ^d
5	40.90 ^d	70.76 ^d	0.896 ^a	0.100 ^c
6	71.85 ^g	137.48 ^g	0.894 ^{ab}	0.060 ^b
7	133.70 ⁱ	257.38 ⁱ	0.896 ^{abc}	0.035 ^a
8	120.99 ^h	232.43 ^h	0.894 ^{ab}	0.056 ^b
9	70.40 ^f	126.80 ^f	0.897 ^{bcd}	0.582 ^f
10	300.67 ^j	573.33 ^j	0.892 ^b	2.152 ^h
11	495.95 ^k	913.71 ^k	0.896 ^{abc}	1.525 ^g

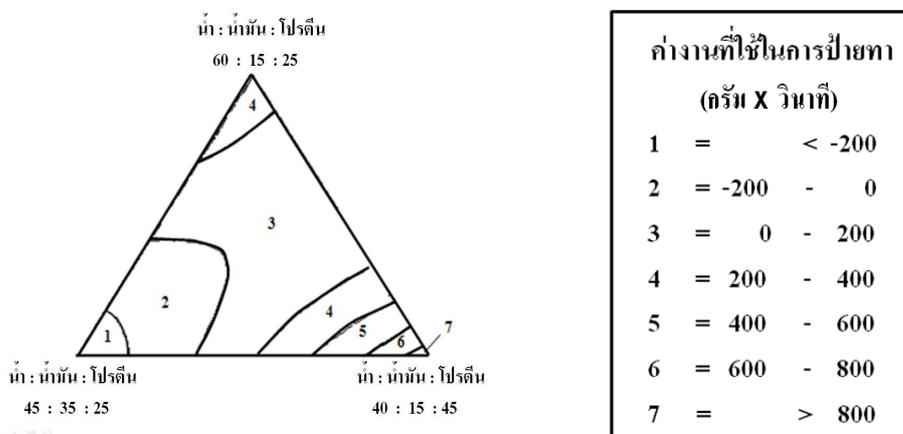
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาอิทธิพลของส่วนผสมทั้ง 3 ส่วนคือ น้ำ น้ำมัน และ โปรตีนมะพร้าว โดยใช้ Contour plots ที่แสดงบริเวณค่าความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการป้ายทาต่างกัน (ภาพที่ 3 และ 4) พบว่า ความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทามีลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราส่วนผสมเป็นสำคัญ กล่าวคือ เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นค่าความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาเพิ่มขึ้น และค่าความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาแปรผกผันกับการ

เพิ่มปริมาณน้ำและปริมาณน้ำมัน สังเกตได้จากบริเวณ 1 ใน ภาพที่ 3 และ 4 ซึ่งเป็นบริเวณที่มีระดับน้ำมันสูงให้ค่าความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาต่ำ โดยตัวอย่างเปลี่ยนจากลักษณะที่คล้ายของแข็งเป็นลักษณะคล้ายของเหลวมากขึ้น

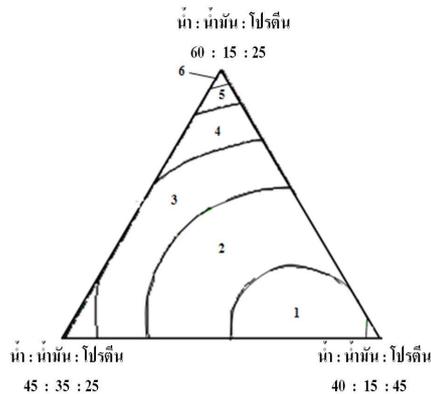


ภาพที่ 3 Contour plots แสดงความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์



ภาพที่ 4 Contour plots แสดงค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์

Contour plots แสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ในภาพที่ 5 พบว่า ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอกติวิตี้จะเพิ่มสูงขึ้น และจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณ โปรตีน

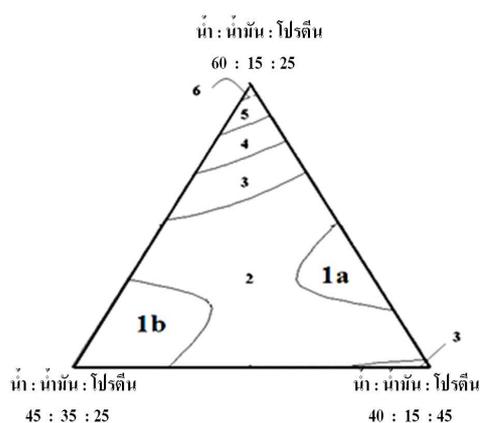


วอเตอร์แอกติวิตี

1	=	< 0.895
2	=	0.895 - 0.900
3	=	0.900 - 0.905
4	=	0.905 - 0.910
5	=	0.910 - 0.915
6	=	> 0.915

ภาพที่ 5 Contour plots แสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตีของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบ มิกเจอร์ดีไซน์

การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็ง (ภาพที่ 6) พบว่า บริเวณที่ 1a และ 1b มีปริมาณการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าต่ำสุด โดยบริเวณที่ 1a มีอัตราส่วนผสมของน้ำมันต่ำ โพรตีน และน้ำในระดับปานกลาง และบริเวณที่ 1b มีอัตราส่วนผสมของน้ำมันสูง โพรตีนและน้ำต่ำ อาจเนื่องมาจากบริเวณที่ 1b มีอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำ น้ำมัน และ โพรตีนที่เหมาะสม โพรตีนส่วนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอสามารถกีดขวางการรวมตัวของเม็ดไขมันได้อย่างทั่วถึง ทำให้ระบบอิมัลชันเกิดความคงตัว ไม่เกิดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้า



ปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้า (%)

1	=	< 0.0
2	=	0.0 - 1.5
3	=	1.5 - 3.0
4	=	3.0 - 4.5
5	=	4.5 - 6.0
6	=	> 6.0

ภาพที่ 6 Contour plots แสดงการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งจากแผนการทดลองแบบ มิกเจอร์ดีไซน์

ข้อมูลที่ได้ในการศึกษาอิทธิพลของส่วนประกอบต่อสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง พบ ปัญหาการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้า และการแยกชั้นของน้ำ ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงสมบัติของ อิมัลชันกึ่งแข็งในการทดลองขั้นต่อไป

1.2 การปรับปรุงสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง

1.2.1 การลดการแยกน้ำมันในสูตรที่มีน้ำมันมากโดยใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็ง

การเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งที่ระดับต่างๆ ในสูตรที่ 10 ซึ่งประกอบด้วยน้ำ น้ำมันมะพร้าวสด และ โปรตีนมะพร้าวร้อยละ 40 20 และ 40 ตามลำดับ ทำให้ค่าความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการปายทา และปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งเกิดการ เปลี่ยนแปลงดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 5 โดยไขมันปาล์มชนิดแข็งสามารถลดปริมาณการแยก ของน้ำมันที่ผิวหน้าได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

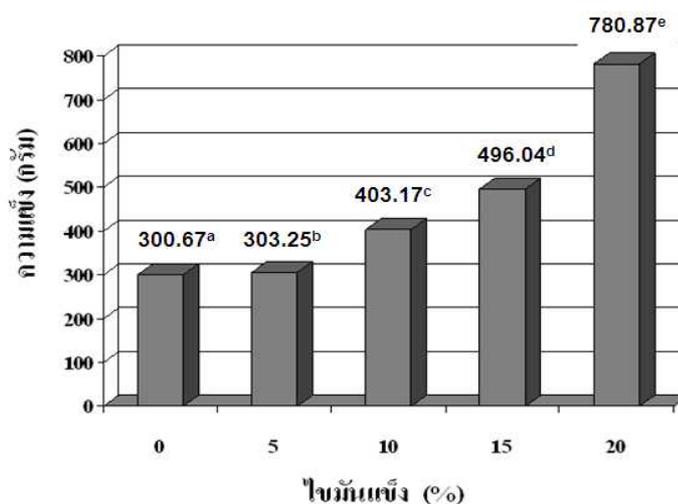
ตารางที่ 5 ลักษณะของอิมัลชันกึ่งแข็งเมื่อมีการเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งที่ระดับต่างๆ

ปริมาณไขมันปาล์ม (% ของน้ำมันมะพร้าว)	ความแข็ง (กรัม)	ค่างานที่ใช้ในการปายทา (กรัม×วินาที)	ปริมาณน้ำมัน ที่ผิวหน้า (%)
0	300.67 ^a	573.33 ^a	2.152 ^c
5	305.25 ^b	594.20 ^b	1.000 ^d
10	403.17 ^c	850.63 ^c	0.840 ^c
15	496.04 ^d	1000.93 ^d	0.680 ^b
20	780.87 ^c	1395.45 ^c	0.520 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

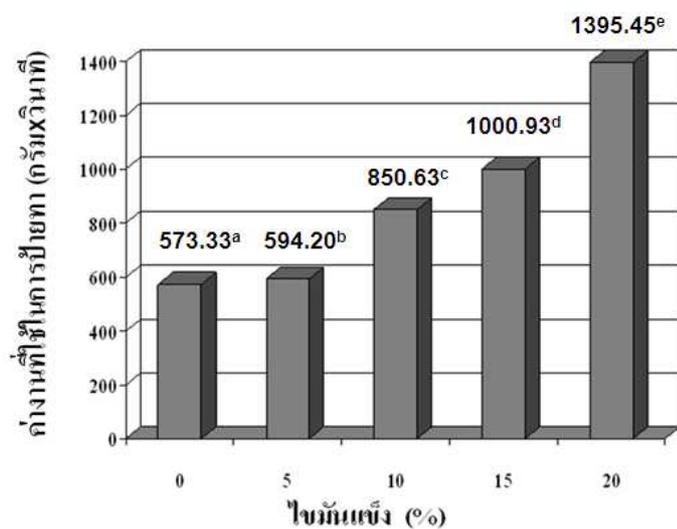
เมื่อเพิ่มปริมาณไขมันปาล์มชนิดแข็งทำให้ค่าความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 7 และ 8) ในทางปฏิบัติถ้าค่างานที่ใช้ในการป้ายทามาก แสดงว่าทาได้ยาก บทบาทของไขมันปาล์มชนิดแข็งในการลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าสอดคล้องกับการรายงานของ Woodroof(1983) ซึ่งกล่าวถึงการใช้ไขมันชนิดแข็งลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าของเนยถั่ว กลไกการรักษาความคงตัวเกิดจากการที่ผลึกของไขมันแข็งมีแรงดึงซึ่งกันและกัน เมื่อมีปริมาณผลึกมากเพียงพอ แรงดึงคูดยึดให้ผลึกทั้งหมดอยู่กับที่เป็นโครงสร้างที่ตรึงเม็ดไขมันไว้ภายในระหว่างผลึก เม็ดไขมันจึงไม่สามารถเคลื่อนที่รวมกันได้ แต่ถ้าปริมาณไขมันแข็งน้อย จะเกิดช่องว่างระหว่างผลึกทำให้น้ำมันเหลวเคลื่อนไหวได้เกิดการรวมตัวกันได้ส่งผลให้เกิดการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้า

ผลจากการใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็ง (ภาพที่ 9) ลดการแยกน้ำมันในสูตรที่มีน้ำมันมาก พบว่า การใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็งที่ร้อยละ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด สามารถลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าได้ดีที่สุด แต่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนประกอบของโปรตีนมะพร้าวมีลักษณะที่แข็งเกินไปไม่เหมาะสำหรับการป้ายทา เนื่องจากไขมันแข็งมีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ประกอบกับน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่แข็งตัวได้เร็วที่อุณหภูมิต่ำ ส่งผลให้อิมัลชันกึ่งแข็งมีโครงสร้างที่เกาะตัวกันแน่นและใช้เวลานานในการละลายของน้ำแข็งในโครงสร้าง

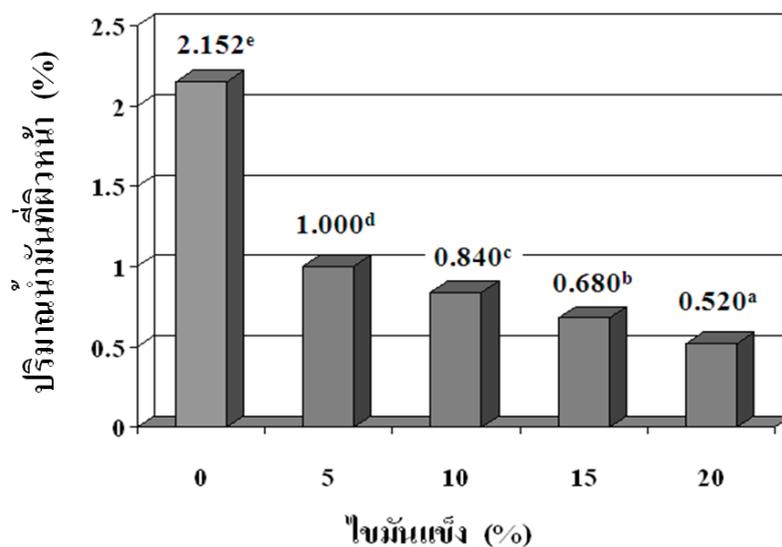


ภาพที่ 7 ความแข็งเมื่อมีการใช้ไขมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน

โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด



ภาพที่ 8 ค่างานที่ใช้ในการป่ายทาเมื่อมีการใช้ไขมันมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด



ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้าเมื่อมีการใช้ไขมันมันปาล์มชนิดแข็งทดแทนน้ำมันมะพร้าวสดบางส่วน โดยการแปรผันปริมาณร้อยละของไขมันปาล์มชนิดแข็งเป็น 5 ระดับ คือร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสด

1.2.2 การลดการแยกน้ำมันในสูตรที่มีน้ำมันมากโดยใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์

การทดลองใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ ไดโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรต ในอิมัลชันกึ่งแข็งสูตรที่ 10 ซึ่งประกอบด้วยน้ำ น้ำมันมะพร้าวสด และ โปรตีนมะพร้าวร้อยละ 40 20 และ 40 ตามลำดับ โดยแปรผันปริมาณร้อยละของเกลืออิมัลซิไฟเออร์ เป็น 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.05 0.1 0.2 0.4 และ 0.6 ของอิมัลชันกึ่งแข็ง ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 6

จากผลการทดลอง พบว่า เกลืออิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 3 ชนิด สามารถลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าได้ สังเกตได้ว่าเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้า รองลงมาคือ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมซิเตรต ตามลำดับ เกลือไดโซเดียมฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.20 มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้า อย่างไรก็ตามการใช้เกลืออิมัลซิไฟเออร์ที่ระดับต่างๆ สามารถลดปริมาณการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกลืออิมัลซิไฟเออร์ทำให้พีเอชเปลี่ยนแปลงส่งผลต่อความสามารถในการละลายของโปรตีน Samson *et al.* (1971) ได้ศึกษาความสามารถในการละลายของโปรตีนมะพร้าวที่พีเอชต่างๆ และพบว่า ที่พีเอช 3.9 มีการละลายต่ำที่สุด การละลายเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอชน้อยกว่าหรือมากกว่าที่พีเอช 3.9 ซึ่งเป็นค่า isoelectric point (pI) ของโปรตีนมะพร้าว เมื่อโปรตีนมะพร้าวละลายได้ดีขึ้น โปรตีนส่วนที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์จะทำหน้าที่กีดขวางการรวมตัวของเม็ดไขมัน ได้ดีขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าลดลง

การใช้เกลือไดโซเดียมฟอสเฟตมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้า เพราะโปรตีนมะพร้าวที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นโปรตีนชนิดไม่ละลายน้ำ เกลืออิมัลซิไฟเออร์มีคุณสมบัติช่วยให้โปรตีนมะพร้าวละลายน้ำได้ดีขึ้น เนื่องจากเกลืออิมัลซิไฟเออร์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช เมื่ออิมัลชันกึ่งแข็งมีพีเอชที่เหมาะสม ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น โปรตีนมะพร้าวส่วนใหญ่เป็นโปรตีนโกลบูลิน ซึ่งละลายได้ดีในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ สอดคล้องกับการรายงานของ Garcia (2005) ที่ศึกษาคุณลักษณะของโปรตีนมะพร้าว และพบว่ามะพร้าวมีโปรตีนโกลบูลินเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 75 และโปรตีนอัลบูมินร้อยละ 25 จากคุณสมบัติด้านการละลายทำให้

โปรตีนมะพร้าวชนิดไม่ละลายน้ำที่นำมาใช้ในการทดลองนี้สามารถกระจายตัวได้ดีขึ้นเมื่อมีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต

ตารางที่ 6 ความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการปายทา ปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้า และพีเอช ของอิมัลชันกึ่งแข็งเมื่อมีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 3 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ชนิดของเกลืออิมัลซิไฟเออร์	ความเข้มข้น (%)	ความแข็ง (กรัม)	ค่างานที่ใช้ในการปายทา (กรัม×วินาที)	ปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้า (%)	พีเอช
ไม่เติม	0	300.67 ^b	573.33 ^b	0.323 ^c	5.80 ^a
ไดโซเดียมฟอสเฟต	0.05	90.20 ^a	179.63 ^a	0.020 ^{ab}	6.00 ^a
	0.10	132.06 ^a	278.49 ^a	0.040 ^b	6.17 ^b
	0.20	162.82 ^a	288.93 ^a	0.001 ^a	6.26 ^c
	0.40	238.72 ^b	453.69 ^b	0.002 ^a	6.34 ^d
	0.60	456.15 ^c	958.88 ^c	0.007 ^{ab}	6.46 ^e
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	0.05	75.82 ^a	123.52 ^a	0.062 ^{ab}	5.94 ^a
	0.10	86.86 ^a	171.20 ^a	0.061 ^b	6.11 ^b
	0.20	116.24 ^a	219.93 ^a	0.003 ^a	6.31 ^c
	0.40	367.55 ^b	674.42 ^b	0.010 ^{ab}	6.47 ^d
	0.60	735.87 ^c	1213.93 ^c	0.011 ^{ab}	6.66 ^e
ไตรโซเดียมซิเตรต	0.05	70.24 ^a	113.60 ^a	0.053 ^{ab}	5.96 ^a
	0.10	102.35 ^a	244.87 ^a	0.069 ^b	6.05 ^b
	0.20	152.46 ^a	249.15 ^a	0.045 ^a	6.20 ^c
	0.40	389.39 ^b	606.69 ^b	0.080 ^{ab}	6.30 ^d
	0.60	684.05 ^c	1657.45 ^c	0.069 ^{ab}	6.54 ^e

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สอดคล้องกับการทดลองของ Kwon และ Rhee (1996) ที่ศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และเกลือโคโซเดียมฟอสเฟต ต่อความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนมะพร้าว การทดลองใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0 และ 2 และโคโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.07 และ 0.9 ตรวจสอบค่าความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนมะพร้าวจากค่า emulsion capacity (EC) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความสามารถสูงสุดในการทำให้เกิดอิมัลชัน พบว่า โปรตีนมะพร้าวจะมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ดีที่สุดเมื่อใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0 มีค่า EC 92.82 มิลลิลิตรของน้ำมันต่อ 100 มิลลิกรัมโปรตีนมะพร้าว ส่วนโคโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.9 ให้ค่า EC สูงที่สุดคือ 88.85 มิลลิลิตรของน้ำมันต่อ 100 มิลลิกรัมโปรตีนมะพร้าว ผู้วิจัยอธิบายผลที่เกิดขึ้นว่าฟอสเฟตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอช ส่งผลต่อความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนมะพร้าว ซึ่งน่าจะเป็นช่วงที่มีพีเอชที่เหมาะสมทำให้โปรตีนมะพร้าวทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ดี ส่งผลให้ระบบอิมัลชันเสถียรขึ้น

เมื่อมีการเพิ่มระดับความเข้มข้นของเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ค่าความแข็งและค่างานที่ใช้ในการปายทาของอิมัลชันก็ยิ่งเพิ่มสูงขึ้นด้วย อาจเกิดจากเดิมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ที่เดิมทำให้โปรตีนมะพร้าวละลายได้ดีขึ้น ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น เมื่อพิจารณาพีเอช พบว่าความเข้มข้นของเกลืออิมัลซิไฟเออร์แปรผันตรงกับการเปลี่ยนแปลงพีเอช กล่าวคือเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลืออิมัลซิไฟเออร์ทำให้พีเอชเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงพีเอชทำให้ลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันก็ยิ่งเกิดการเปลี่ยนแปลง ทั้งในส่วนของความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการปายทา ทั้งนี้เพราะโปรตีนมะพร้าวซึ่งส่วนใหญ่จะละลายได้ดีในสภาวะที่พีเอชน้อยกว่าหรือมากกว่าพีเอช 3.9 ซึ่งเป็นค่า isoelectric point (pI) ของโปรตีนมะพร้าว (Samson *et al.*, 1971) เมื่อโปรตีนละลายได้ดีขึ้นจึงทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ดี การแทรกตัวของโปรตีนระหว่างอนุภาคของน้ำและน้ำมันเกิดได้ดี ทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรงขึ้น ส่งผลให้ความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการปายทาเพิ่มขึ้นด้วย

นอกจากนี้การเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ทำให้อิมัลชันก็ยิ่งมีสีเปลี่ยนแปลงไป ดังข้อมูลในตารางที่ 7 แสดงค่าต่างๆ คือ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่าโครมาหรือค่าแสดงความเข้มของสี (C) ค่ามุมของอิหรือค่าแสดงโทนของสี (h) และ ค่า ΔE หรือความแตกต่างของสี โดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ เมื่อพิจารณาค่า L^* พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ได้เติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์มีค่าความสว่างมากที่สุด และค่า L^* ลดลงเมื่อระดับของอิมัลซิไฟเออร์เพิ่มสูงขึ้น ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมีแนวโน้ม

เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ค่า C บอกระดับความเข้มข้นของสีอยู่ในช่วง 8.70 ถึง 10.73 และเมื่อดูจากค่ามุมของสีลดลง (0 องศา หมายถึง สีแดง 90 องศา หมายถึง สีเหลือง) ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นทำให้สีของอิมัลชันถึงแข็งเข้มข้นโดยค่อยๆ เปลี่ยนจากสีน้ำตาลอ่อนเป็นสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ไม่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ (ΔE) แสดงว่าเกลืออิมัลซิไฟเออร์มีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงสีของอิมัลชัน อาจเนื่องจากการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในกลุ่มฟีนอลเอส ร่วมกับออกซิเจนในอากาศ เมื่อพีเอชเพิ่มสูงขึ้นทำให้สารประกอบฟีนอลิก และกรดอะมิโนต่างๆ ในโปรตีนมะพร้าวละลายออกมา

Baldiviano *et al.* (1999) ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกของมะพร้าวในประเทศฟิลิปปินส์ พบสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิด อาทิ gentisic acid, p-coumaric acid และ syringic acid เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิก และกรดอะมิโนต่างๆ ในมะพร้าว ถูกเปลี่ยนเป็นสารโมโนฟีนอลเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและมีเอนไซม์กลุ่มฟีนอลเอส ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็นออร์โทไดฟีนอล (o-diphenol) สารนี้ถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็นออร์โทควิโนน (o-quinone) ซึ่งรวมตัวกันเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เอนไซม์กลุ่มฟีนอลเอสทำงานได้ดีในช่วงพีเอช 5 ถึง 7 และถูกทำลายด้วยความร้อน (นิธิยา, 2545) โปรตีนมะพร้าวมีทั้งกรดอะมิโน และสารประกอบฟีนอลิก ในการสกัดน้ำมันมะพร้าวสควใช้ความร้อนไม่สูงมากและมีการแช่แข็งโปรตีนไว้ซึ่งไม่สามารถทำลายเอนไซม์แต่ช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ ดังนั้นขั้นตอนการผสมส่วนผสมที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนสูงมากอาจทำให้เอนไซม์หลงเหลืออยู่สามารถทำงานได้ดี เมื่อมีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลขึ้นได้ สังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็วระหว่างการผสม แต่เมื่อมีการให้ความร้อนสูงขึ้นสีเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ กระทั่งอุณหภูมิถึง 75 °C ความเข้มข้นของสีจึงเปลี่ยนแปลงช้าลง อาจเนื่องจากเอนไซม์ถูกทำลายด้วยความร้อน

ตารางที่ 7 ค่าสีของอิมัลชันกึ่งแข็งเมื่อมีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ 3 ชนิด คือ ไคโซเดียม ฟอสเฟต ไซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรต ที่ระดับต่างๆ

ชนิดของเกลืออิมัลซิไฟเออร์	ความเข้มข้น (%)	ค่าสี					
		L*	a*	b*	C	h	ΔE
ไม่เติม	0	69.35 ^o	2.86 ^d	8.83 ^k	9.28 ^j	72.05 ^o	0.00 ^a
ไคโซเดียมฟอสเฟต	0.05	68.30 ^p	2.15 ⁱ	8.33 ^l	9.01 ^l	71.04 ^m	1.36 ^d
	0.10	67.19 ^j	2.91 ^e	8.28 ^d	8.78 ^d	70.62 ⁱ	2.23 ⁱ
	0.20	67.12 ⁱ	3.24 ^k	8.57 ⁱ	9.16 ⁱ	69.30 ^c	2.28 ^j
	0.40	66.79 ^h	3.26 ^l	8.45 ^h	9.06 ^h	68.93 ^b	2.62 ^k
	0.60	65.30 ^f	3.28 ^m	8.14 ^a	8.77 ^c	68.06 ^a	4.13 ^m
ไซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	0.05	68.53 ^d	3.44 ⁿ	9.58 ^o	10.18 ^o	70.23 ^g	1.25 ^c
	0.10	68.06 ^m	3.16 ^j	9.39 ⁿ	9.91 ⁿ	71.41 ⁿ	1.44 ^f
	0.20	67.95 ^l	3.09 ^g	8.82 ^j	9.34 ^k	70.71 ^j	1.42 ^e
	0.40	65.17 ^e	3.12 ^h	8.39 ^g	8.95 ^g	69.62 ^f	4.21 ⁿ
	0.60	61.36 ^b	3.48 ^o	9.24 ^m	9.87 ^m	69.36 ^d	8.02 ^p
ไตรโซเดียมซิเตรต	0.05	68.97 ^a	3.77 ^p	10.05 ^p	10.73 ^p	69.46 ^e	1.57 ^g
	0.10	68.24 ⁿ	2.70 ^a	8.35 ^f	8.78 ^c	72.08 ^p	1.22 ^b
	0.20	67.50 ^k	2.84 ^b	8.22 ^b	8.70 ^a	70.93 ^l	1.95 ^h
	0.40	66.15 ^g	2.85 ^c	8.23 ^c	8.71 ^b	70.92 ^k	3.26 ^l
	0.60	63.50 ^c	2.94 ^f	8.30 ^e	8.80 ^f	70.49 ^h	5.87 ^o

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของเกลืออิมัลซิไฟเออร์ในการลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้า การเปลี่ยนแปลงพีเอช ค่าสี ความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการปั่นทา และการสังเกตลักษณะปรากฏ พบว่า เกลือไคโซเดียมฟอสเฟตที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.20 มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้า นอกจากนี้เกลือไคโซเดียมฟอสเฟตยังให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไม่

แข็งเกินไป และทำให้สีของอิมัลชันกึ่งแข็งเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับเกลือโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรต ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน

1.2.3 การปรับปรุงเนื้อสัมผัสในสูตรที่มีน้ำมากโดยการใช้ไฮโดรคอลลอยด์

การทดลองใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ กัวร์กัม และ แซนแทนกัม ในอิมัลชันกึ่งแข็งสูตรที่ 1 ประกอบด้วยน้ำ น้ำมันมะพร้าวสด และ โปรตีนมะพร้าว ร้อยละ 50 25 และ 25 ตามลำดับ โดยแปรผันปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ ทั้ง 2 ชนิดเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.4 0.8 และ 1.2 ของอิมัลชันกึ่งแข็ง พบว่า การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในระดับต่างๆ ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเพิ่มระดับไฮโดรคอลลอยด์ทำให้อิมัลชันมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้นและค่างานที่ใช้ในการปายทาสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้น ดังข้อมูลในตารางที่ 8 ตัวอย่างอิมัลชันกึ่งแข็งที่ไม่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าความแข็ง 11.256 กรัม เมื่อเติมไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 1.2 ตัวอย่างที่มีการเติมกัวร์กัม และแซนแทนกัมมีค่าความแข็งเป็น 126.379 กรัม และ 88.376 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการปายทาของอิมัลชันกึ่งแข็ง เมื่อมีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดคือ กัวร์กัม และแซนแทนกัม ที่ระดับต่างๆ

ไฮโดรคอลลอยด์ (% ของอิมัลชันกึ่งแข็ง)	ความเข้มข้น (%)	ความแข็ง (กรัม)	ค่างานที่ใช้ในการปายทา (กรัม×วินาที)
ไม่เติม	0	11.26 ^a	15.11 ^a
กัวร์กัม	0.4	32.99 ^b	48.57 ^b
	0.8	85.70 ^c	160.03 ^c
	1.2	126.38 ^g	232.68 ^g
แซนแทนกัม	0.4	35.33 ^c	59.26 ^c
	0.8	64.30 ^d	123.78 ^d
	1.2	88.38 ^f	194.78 ^f

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพของไฮโดรคอลลอยด์ในการลดการแยกชั้นของน้ำ ในด้านความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา เกิดจากสมบัติด้านความคงตัวของไฮโดรคอลลอยด์ และสังเกตจากลักษณะปรากฏ พบว่า การเติมแซนแทนกัมที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.80 ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนเหมาะกับการป้ายทาดีที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเข้มข้นเท่ากัน แซนแทนกัมให้เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนเหมาะกับการป้ายทามากกว่ากัวร์กัม ซึ่งมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างเหนียว อาจเนื่องจากโครงสร้างของกัวร์กัมเป็นพอลิเมอร์สายยาวที่สามารถดูดน้ำ ให้ความหนืดสูงและให้ความหนืดสูงสุดหลังจากดูดน้ำนาน 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสูงขึ้น (ต่ำกว่า 80°C) สามารถละลายได้มากขึ้นและมีความหนืดเพิ่มขึ้นด้วย (Fox, 1999) ในการทดลองมีการให้ความร้อน 75°C ส่งผลให้อิมัลชันกึ่งแข็งที่เติมกัวร์กัมมีลักษณะที่เหนียวหนืดกว่าแซนแทนกัม จากลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Urlacher และ Noble (1997) ที่กล่าวว่าสารละลายแซนแทนกัมมีความคงตัวสูงต่อความร้อน ความหนืดของสารละลาย แซนแทนกัมคงที่ถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง 100°C ความหนืดมีค่าลดลงมากเมื่อให้แรงเฉือนเพิ่มขึ้น เช่นจากการกวน สารละลายแซนแทนกัมมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างทำให้เกิดการจัดเรียงตัวใหม่แบบชั่วคราว และผันกลับได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ แซนแทนกัมยังมีสมบัติด้านความคงตัวต่อการแช่เย็น ทำให้แซนแทนกัมเหมาะสมที่จะนำไปเติมในผลิตภัณฑ์สเปรดที่ต้องมีการเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้ดี

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว

2.1 การพัฒนาลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำสูตรของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าวร้อยละ 15 โปรตีนมะพร้าวร้อยละ 40 และน้ำร้อยละ 45 มาปรับปรุงคุณสมบัติโดยศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต และแซนแทนกัม โดยใช้ไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 กับแซนแทนกัม ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร มีการเติมผงโกโก้ร้อยละ 0.1 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีและกลิ่นรสที่น่ารับประทาน นำตัวอย่างของอิมัลชันกึ่งแข็งไปวัดค่าความแข็ง ความสามารถในการป้ายทา พีเอช และค่าสี แสดงข้อมูลในตารางที่ 9 และ 10 เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตกับแซนแทนกัม พบว่า การเติมเกลือไดโซเดียมและแซนแทนกัมในอัตราส่วนที่แตกต่างกันส่งผลให้ความแข็ง งานที่ใช้ในการป้ายทา และพีเอช ทั้ง 9 สูตรที่แตกต่างกัน โดยเกลือ

ไดโซเดียมฟอสเฟตช่วยลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้า ส่วนแซนแทนกัมช่วยอุ้มน้ำ เพิ่มเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 9 คุณสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็งเมื่อมีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ถึง 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัมร้อยละ 0.40 ถึง 0.80

ไดโซเดียมฟอสเฟต	แซนแทนกัม	ความแข็ง (กรัม)	ค่างานที่ใช้ในการปั่นทา (กรัม×วินาที)	พีเอช
0.10	0.40	322.11 ^g	660.81 ^g	5.78 ^c
0.10	0.60	289.11 ^c	592.47 ^f	5.95 ^f
0.10	0.80	403.17 ^h	868.63 ^h	5.73 ^a
0.15	0.40	139.03 ^b	266.53 ^b	6.18 ^b
0.15	0.60	250.42 ^d	497.44 ^d	5.97 ^f
0.15	0.80	514.33 ⁱ	965.16 ⁱ	5.80 ^d
0.20	0.40	127.10 ^a	217.99 ^a	6.09 ^g
0.20	0.60	217.30 ^f	563.95 ^c	5.92 ^e
0.20	0.80	185.86 ^c	331.84 ^c	6.09 ^g

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 ค่าสีของอิมัลชันกึ่งแข็งเมื่อมีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ถึง 0.20 ร่วมกับ แชนแทนกัมร้อยละ 0.40 ถึง 0.80

ร้อยละของส่วนประกอบ		ค่าสี					
ไดโซเดียมฟอสเฟต	แชนแทนกัม	L*	a*	b*	C	h	E
0.10	0.40	69.26 ^h	3.29 ^b	8.86 ^b	9.45 ^b	69.60 ^c	69.90 ^b
0.10	0.60	69.25 ^g	3.12 ^a	8.64 ^a	9.18 ^a	70.13 ^g	69.86 ^b
0.10	0.80	68.33 ^b	3.52 ^d	9.12 ^c	9.78 ^c	68.89 ^c	69.03 ^b
0.15	0.40	69.18 ^f	3.55 ^f	9.44 ^f	10.08 ^f	69.41 ^d	69.91 ^b
0.15	0.60	68.44 ^c	3.60 ^h	9.60 ^g	10.25 ^g	69.43 ^d	69.20 ^b
0.15	0.80	67.70 ^a	3.58 ^g	9.24 ^e	9.91 ^c	68.83 ^b	68.42 ^a
0.20	0.40	68.60 ^e	3.30 ^c	9.91 ⁱ	10.59 ⁱ	69.36 ^f	69.39 ^b
0.20	0.60	69.58 ⁱ	3.53 ^c	9.13 ^d	9.79 ^d	68.89 ^c	70.27 ^c
0.20	0.80	68.52 ^d	3.90 ⁱ	9.63 ^h	10.93 ^h	67.97 ^a	69.30 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบลักษณะปรากฏทั้ง 9 สูตร ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 11 พบว่าการเติมไดโซเดียมฟอสเฟต ร้อยละ 0.10 กับแชนแทนกัม ร้อยละ 0.60 ให้ลักษณะปรากฏที่ดีที่สุดคือมีสีที่ไม่เข้มจนเกินไป เนื้อสัมผัสเรียบเนียนเหมาะแก่การป้ายทา ไม่แข็งหรืออ่อนตัวจนเกินไป เหมาะที่จะนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์สเปรดที่ดีได้

ตารางที่ 11 ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ของอิมัลชันกึ่งแข็งเมื่อมีการเติมเกลือโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ถึง 0.20 ร่วมกับ แซนแทนกัมร้อยละ 0.40 ถึง 0.80

ร้อยละของส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏที่สังเกตได้
โซเดียมฟอสเฟต	แซนแทนกัม	
0.10	0.40	ความหนืดต่ำ ไม่เหนียวขาดจากกันได้ง่าย ป้ายทายาก มีสีน้ำตาล
0.10	0.60	ความหนืดปานกลาง ความเหนียวพอเหมาะ ป้ายท่าง่าย มีสีน้ำตาล
0.10	0.80	ความหนืดสูง เหนียวเป็นสายยืด ป้ายทายาก มีสีน้ำตาล
0.15	0.40	ความหนืดต่ำ ไม่เหนียวขาดจากกันได้ง่าย ป้ายทายาก มีสีน้ำตาลเข้ม
0.15	0.60	ความหนืดปานกลาง ความเหนียวพอเหมาะ ป้ายท่าง่าย มีสีน้ำตาล
0.15	0.80	ความหนืดสูง เหนียวเป็นสายยืด ป้ายทายาก มีสีน้ำตาลเข้ม
0.20	0.40	ความหนืดต่ำ ไม่เหนียวมากขาดจากกันได้ง่าย ป้ายทายาก มีสีน้ำตาลเข้มออกดำ
0.20	0.60	ความหนืดปานกลาง ไม่เหนียวมากขาดจากกันง่าย ป้ายทายาก มีสีน้ำตาล
0.20	0.80	ความหนืดปานกลาง ไม่เหนียวมากขาดจากกันง่าย ป้ายทายาก มีสีน้ำตาลเข้ม

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สเปรดที่ผลิตได้ทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็มมีลักษณะผิวสัมผัสเรียบเนียน สีน้ำตาลอ่อน ชนิดหวานมีลักษณะผิวสัมผัสเรียบเนียน สีน้ำตาลเข้ม และชนิดไฟเบอร์สูงมีลักษณะผิวสัมผัสหยาบขรุขระ เกิดจากการเติมกากมะพร้าว สีน้ำตาล (ภาพที่ 10) การทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สเปรดได้ข้อมูลแสดงในตารางที่ 12 พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดที่ผลิตได้มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี และพีเอชใกล้เคียงกับ โพรเซสชีสสเปรดที่ผลิตได้ทั่วไป ซึ่งมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ระหว่าง 0.968 ถึง 0.978 และพีเอชอยู่ระหว่าง 5.6 ถึง 6.1 (Briozzo *et al.*, 1983) ผลิตภัณฑ์สเปรดมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี และพีเอชค่อนข้างสูง เหมาะแก่การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อช่วยยืดอายุผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการป้ายทาจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ชนิดไฟเบอร์สูงมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือชนิดเค็ม และชนิดหวาน ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่สูงที่สุด รองลงมาคือ ชนิดเค็ม และชนิดไฟเบอร์สูงซึ่งไม่แตกต่างกัน สำหรับคะแนนความชอบในด้านลักษณะการป้าย ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม และชนิดหวาน มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสูงกว่าชนิดไฟเบอร์สูง ด้านความเต็มผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีคะแนนความชอบสูงที่สุด รองลงมาคือชนิดหวานและชนิดไฟเบอร์สูงตามลำดับ ด้านความหวาน ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานและชนิดไฟเบอร์สูงมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คะแนนความชอบรวมผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีคะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูงตามลำดับ ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม และชนิดหวาน มีคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และสูงกว่าชนิดไฟเบอร์สูง



ภาพที่ 10 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์สปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และ ชนิดไฟเบอร์สูง

ตารางที่ 12 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์สปรด 3 ชนิด

คุณสมบัติ	ผลิตภัณฑ์สปรด		
	ชนิดเค็ม	ชนิดหวาน	ชนิดไฟเบอร์สูง
วอเตอร์แอกติวิตี	0.865 ^c	0.851 ^a	0.860 ^b
พีเอช	6.54 ^b	6.38 ^a	6.37 ^a
ความแข็ง (กรัม)	640.99 ^b	466.27 ^a	672.87 ^c
ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา (กรัม x วินาที)	1194.02 ^b	877.57 ^a	1241.82 ^c
คะแนนความชอบ			
ลักษณะปรากฏ	6.08 ^a	6.67 ^b	5.96 ^a
ลักษณะการป้าย	7.33 ^b	7.30 ^b	6.00 ^a
ความเค็ม	7.33 ^a	6.58 ^c	6.50 ^b
ความหวาน	-	7.30 ^a	7.25 ^a
ความชอบรวม	7.30 ^b	7.04 ^b	6.38 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลักษณะการป้ายทา ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ผู้ทดสอบใช้ในการตัดสินใจการให้คะแนน ความชอบรวมมากกว่าปัจจัยด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ เปรียบเทียบได้จากผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานและชนิดไฟเบอร์สูงซึ่งเป็นสูตรที่มีรสหวานเหมือนกัน ต่างกันที่ชนิดไฟเบอร์สูงมีการเติมกากมะพร้าว มีคะแนนความชอบด้านรสหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ชนิดไฟเบอร์สูงมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ และลักษณะด้านการป้ายทาต่ำกว่าชนิดหวาน อาจเนื่องจากมีส่วนประกอบของกากมะพร้าว ทำให้เนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน ส่งผลให้การป้ายทายากกว่าชนิดอื่น และให้มีคะแนนความชอบรวมต่ำที่สุด

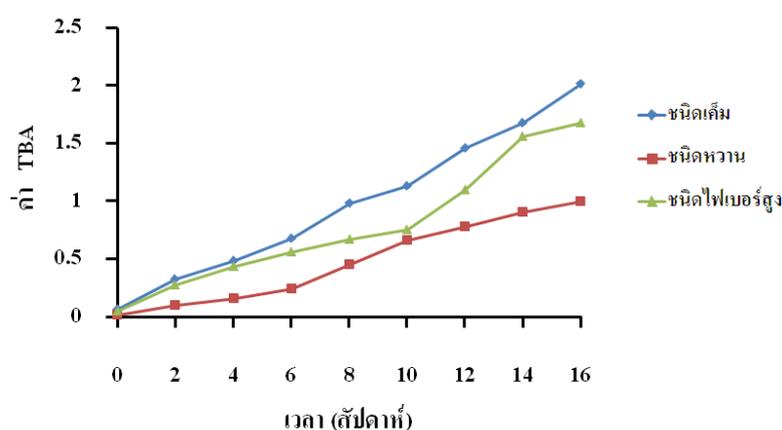
เมื่อวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานและชนิดเค็ม มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อใช้ผู้ทดสอบ พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดมีคะแนนความชอบด้านลักษณะการป้ายทาไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเนื่องจากในช่วงแรงระดับนี้แม้ว่ามีความแตกต่างในด้านความสามารถในการป้ายทา แต่อยู่ในช่วงที่ผู้ทดสอบยอมรับในระดับเดียวกัน ส่วนชนิดไฟเบอร์สูงที่มีการเติมกากมะพร้าวทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้ลักษณะการป้ายทาได้ยากขึ้น สอดคล้องกับค่างานที่ใช้ในการป้ายทาที่สูงกว่าอีก 2 ชนิด จึงทำให้คะแนนความชอบต่ำกว่า 2 ชนิดแรก

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์สเปรดระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อผลิตผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดคือชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง บรรจุในขวดแก้วปิดสนิทและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ระหว่างการเก็บรักษาทำการสุ่มตัวอย่างมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ ตรวจสอบค่า Thiobarbituric acid value (TBA) จุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และรา พีเอช ความแข็ง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทา วัดสี การแยกตัวของน้ำมันที่ผิวหน้า และการยอมรับทางประสาทสัมผัสคือ ลักษณะปรากฏ ลักษณะการป้าย สี กลิ่น และการยอมรับรวม โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ (Hedonic test) ระดับคะแนน 1 ถึง 9

ผลการทดสอบความหืนของผลิตภัณฑ์สเปรดโดยค่า TBA ดังแสดงในภาพที่ 11 พบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานขึ้น ค่า TBA มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 2.01 ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีน้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบ แม้น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณน้อย แต่สามารถ

เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างออกซิเจนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไตรเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนและตัวเร่ง เช่น ความร้อน แสง รังสีที่มีพลังงานสูง โลหะหนัก และเอนไซม์ไลพอกซิเดส (lipoxidase) เป็นต้น (นิธิยา, 2548) เมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์สเปรดที่ผลิตได้ทั้ง 3 ชนิด กับชีสสเปรดเทียมจากโปรตีนข้าวของวัลย์รุจี (2540) ซึ่งมีการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 สัปดาห์ ตรวจสอบค่า TBA พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้นค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และในสัปดาห์ที่ 10 มีค่า TBA ประมาณ 0.7 ซึ่งใกล้เคียงกับค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นระยะเวลาต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีค่า TBA สูงที่สุด รองลงมาคือ ชนิดไฟเบอร์สูง และชนิดหวาน ตามลำดับ เนื่องจากสเปรดชนิดเค็มมีส่วนประกอบของเกลือในปริมาณที่สูงกว่าสูตรอื่นๆ สอดคล้องกับการรายงานของ Woodroof (1983) เกี่ยวกับการเกิดกลิ่นเหม็นหืนของเนยถั่วว่าเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนยถั่วที่มีการเติมเกลือเกิดกลิ่นเหม็นหืนอย่างรวดเร็ว เกลือที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีการเสริมไอโอดีน ความไม่บริสุทธิ์ของเกลือจากอนุภาคโลหะปนเปื้อน ช่วยเร่งออกซิเดชันให้เกิดกลิ่นเหม็น (Gray and Crackel, 1992)

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สเปรดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 16 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 13 พบว่า จุลินทรีย์เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง คือ 0.55×10^2 , 2.00×10^2 และ 2.50×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ เชื้อราและ

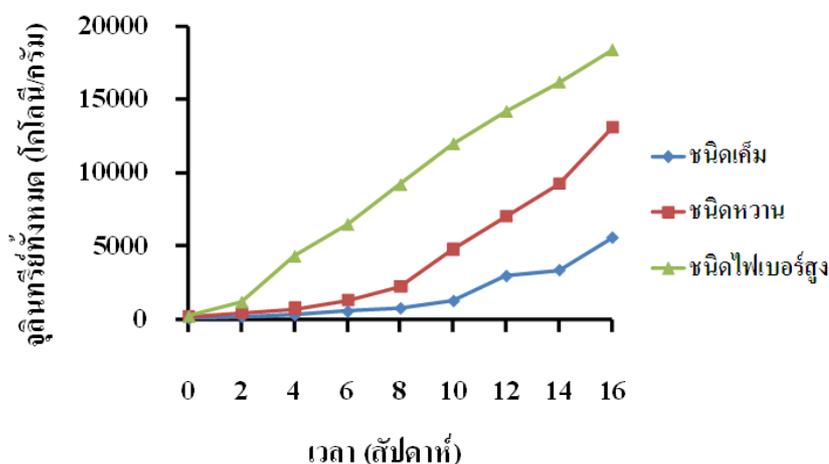
ยีสต์ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด มีจำนวนน้อยกว่า 10 โคลิฟอร์มต่อกรัม อย่างไรก็ตามเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มสเปรดในแต่ละประเภทแตกต่างกัน อาทิ โพรเซสชีสสเปรด โดยมาตรฐานในประเทศฟิลิปปินส์กำหนดให้โพรเซสชีสสเปรดที่ทำจากนมมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^4 โคลิฟอร์มต่อกรัม (Anonymous, 2001) และ เนยถั่วตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดให้ จุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 10^4 โคลิฟอร์มต่อกรัม ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคลิฟอร์มต่อกรัม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2548)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเป็นระยะเวลาในการเก็บรักษาเท่ากันผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือชนิดหวาน และชนิดเค็ม ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 12 ชนิดไฟเบอร์สูงมีการเติมกากมะพร้าว ซึ่งผ่านกระบวนการเตรียมหลายขั้นตอนทำให้โอกาสในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์สูงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าชนิดหวาน และชนิดเค็มซึ่งไม่มีการเติมกากมะพร้าว นอกจากนั้นมีส่วนประกอบที่เป็นน้ำตาลเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน น้ำตาลเป็นแหล่งของสารอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญได้เป็นอย่างดี ส่วนผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีเกลือเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 1 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงพอที่ช่วยชะลอหรือยับยั้งการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดได้ (บุษกร, 2545) ทำให้ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ช้ากว่าชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง จากการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ อาจคาดได้ว่าผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงจะเสื่อมเสียได้เร็วที่สุด รองลงมาคือ ชนิดหวานและชนิดเค็ม

ตารางที่ 13 จุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อราและยีสต์ ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

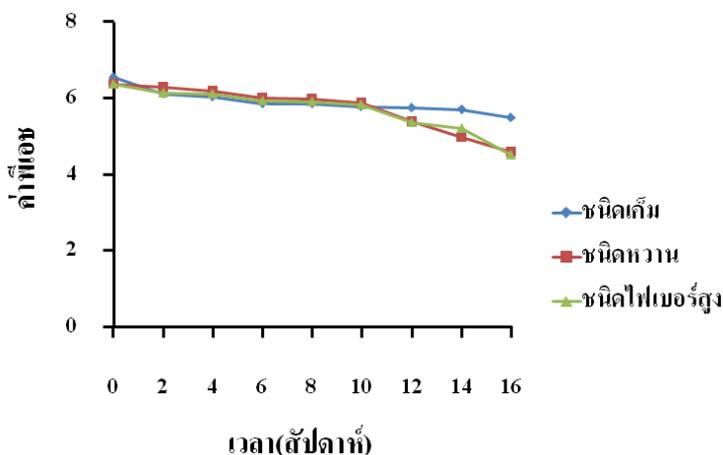
ระยะเวลา (สัปดาห์)	ชนิดเต็ม		ชนิดหวาน		ชนิดไฟเบอร์สูง	
	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	เชื้อราและยีสต์ (โคโลนี/กรัม)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	เชื้อราและยีสต์ (โคโลนี/กรัม)	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)	เชื้อราและยีสต์ (โคโลนี/กรัม)
0	0.55×10^2 ^a	น้อยกว่า 10 ^a	2.00×10^2 ^a	น้อยกว่า 10 ^a	2.50×10^2 ^a	น้อยกว่า 10 ^a
2	1.77×10^2 ^b	น้อยกว่า 10 ^a	4.56×10^2 ^b	น้อยกว่า 10 ^a	1.20×10^3 ^b	น้อยกว่า 10 ^a
4	2.80×10^2 ^c	น้อยกว่า 10 ^a	7.34×10^2 ^c	น้อยกว่า 10 ^a	4.32×10^3 ^c	น้อยกว่า 10 ^a
6	5.33×10^2 ^d	น้อยกว่า 10 ^a	1.28×10^3 ^d	น้อยกว่า 10 ^a	6.50×10^3 ^d	น้อยกว่า 10 ^a
8	7.50×10^2 ^e	น้อยกว่า 10 ^a	2.25×10^3 ^e	น้อยกว่า 10 ^a	9.20×10^3 ^e	น้อยกว่า 10 ^a
10	1.25×10^3 ^f	น้อยกว่า 10 ^a	4.78×10^3 ^f	น้อยกว่า 10 ^a	1.22×10^4 ^f	น้อยกว่า 10 ^a
12	2.95×10^3 ^g	น้อยกว่า 10 ^a	7.06×10^3 ^g	น้อยกว่า 10 ^a	1.42×10^4 ^g	น้อยกว่า 10 ^a
14	3.35×10^3 ^h	น้อยกว่า 10 ^a	9.25×10^3 ^h	น้อยกว่า 10 ^a	1.62×10^4 ^h	น้อยกว่า 10 ^a
16	5.56×10^3 ⁱ	น้อยกว่า 10 ^a	1.31×10^4 ⁱ	น้อยกว่า 10 ^a	1.84×10^4 ⁱ	น้อยกว่า 10 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



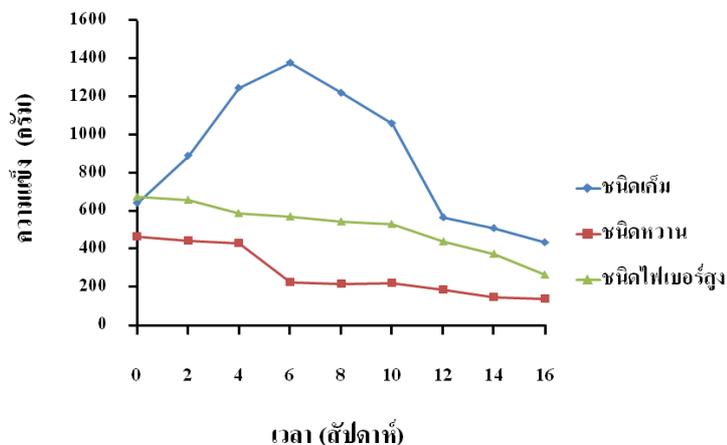
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงจูลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเต็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลาต่างๆ

การวัดพีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลาต่างๆ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อพีเอชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพีเอชเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเต็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีค่าเท่ากับ 6.54 6.38 และ 6.37 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพีเอชมีแนวโน้มลดลงจากพีเอชเริ่มต้น จนกระทั่งถึง สัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาพีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเต็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีค่าเท่ากับ 5.49 4.60 และ 4.50 ตามลำดับ ดังแสดงข้อมูลในภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นสังเกตได้ชัดในสัปดาห์ที่ 10 พีเอชลดลงอย่างรวดเร็วสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณจูลินทรีย์ ที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยสเปรดชนิดหวานและชนิดไฟเบอร์สูงเริ่มมีการเสื่อมเสีย ส่วนชนิดเต็มมีการเสื่อมเสียที่ช้ากว่า 2 ชนิดแรก การลดลงของพีเอชเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา เพิ่มขึ้น เนื่องจากจูลินทรีย์มีการใช้สารอาหาร และสร้างกรดขึ้น (สุมณฑา, 2545) ทำให้พีเอช ลดลงเร็วกว่าชนิดเต็มซึ่งมีเกลือเป็นส่วนประกอบ และช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจูลินทรีย์ได้

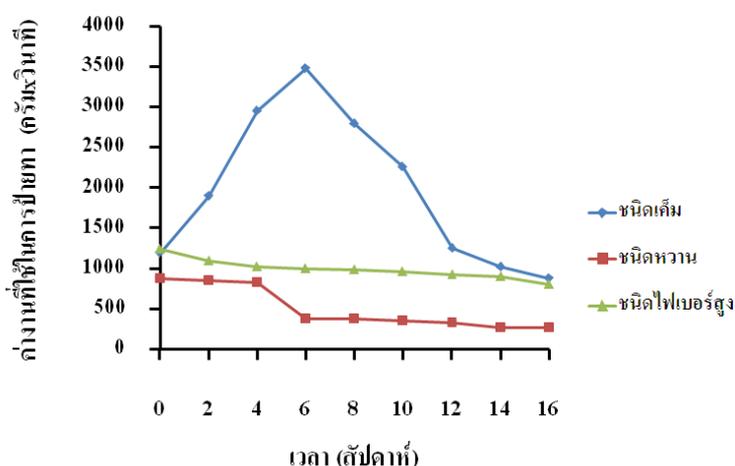


ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงพีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเต็ม ชนิดหวาน และ ชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาแสดงในภาพที่ 14 และ 15 ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาการเก็บต่างๆ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยความแข็งเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเต็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีค่าเท่ากับ 640.99 466.27 และ 672.87 กรัม ตามลำดับ และมีค่างานที่ใช้ในการป้ายทาเป็น 1194.02 877.57 และ 1241.82 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงความแข็งและค่างานที่ใช้ในการป้ายทา ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเต็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 6 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และมีแนวโน้มลดลงในระยะเวลาต่อมา อาจเนื่องมาจากชนิดเต็มเป็นสูตรที่มีความเข้มข้นของเกลือในปริมาณสูงทำให้เกิดสะพานเกลือ (salt bridge) เชื่อมระหว่างประจุที่ผิวของเกลือกับประจุที่ผิวของโปรตีน โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย ทำให้อนุภาคเข้ามายึดเกาะกันแน่นขึ้นเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงทำให้ผลิตภัณฑ์สเปรดมีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเวลาผ่านไปความแข็งแรงของโครงสร้างลดลงสังเกตได้จากค่าความแข็งที่ลดลง อาจเนื่องมาจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเข้าไปย่อยสลายอาหาร ทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างลดลง และสังเกตเห็นค่าความแข็งลดลงอย่างชัดเจนเมื่อพีเอชลดลง แสดงถึงความสัมพันธ์กันเพราะการเปลี่ยนแปลงของพีเอชส่งผลให้ความแข็งแรงของสะพานเกลือที่เชื่อมอยู่เปลี่ยนไปได้ (Missimer, 2007) ส่วนผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่วนหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจเกิด การย่อยสลายของจุลินทรีย์ทำให้ระบบอิมัลชันเสียความคงตัวเมื่อระยะเวลาผ่านไป



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงความเข้มของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลาต่างๆ



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าที่ใช้ในการป้ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลาต่างๆ

การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง แสดงในตารางที่ 14 15 และ 16 ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นระยะเวลาการเก็บต่างๆ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อค่าสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่าโครมาหรือค่าแสดงความเข้มของสี (C) ค่ามุมของฮิวหรือค่าแสดงโทนของสี (h) และ ความแตกต่างของสี (ΔE) เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เริ่มต้น พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มที่ผลิตได้มีสีอ่อนกว่าชนิดหวานและชนิด

ไฟเบอร์สูง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มสูงขึ้น มีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ค่าสีแดง (a*) ค่าสีเหลือง (b*) ค่าความเข้มของสี (C) ค่ามุมของฮิว (h) และ ความแตกต่างของสี (ΔE) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่าสี ΔE ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มมีการเปลี่ยนแปลงของค่า ΔE ซ้ำกว่า ชนิดหวานและชนิดไฟเบอร์สูง การเปลี่ยนแปลงของสีน่าจะเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เนื่องจากผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีกรดอะมิโนเป็นส่วนประกอบ ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานและชนิดไฟเบอร์สูงมีการเติมน้ำตาล เมื่อน้ำตาลถูกย่อยเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) จะรวมตัวกับหมู่อะมิโนเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาล

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
	L*	a*	b*	C	h	ΔE
0	64.23 ^h	3.62 ^a	9.61 ^a	10.28 ^a	68.70 ^a	0.00 ^a
2	64.24 ^h	3.65 ^b	9.64 ^b	10.30 ^b	68.71 ^a	0.04 ^b
4	61.91 ^j	4.12 ^c	10.15 ^c	11.12 ^c	68.72 ^b	2.43 ^c
6	61.54 ^f	4.35 ^d	10.79 ^d	11.55 ^d	68.86 ^c	3.03 ^d
8	60.99 ^e	4.36 ^e	11.25 ^e	12.07 ^e	69.11 ^d	3.71 ^e
10	60.94 ^d	4.44 ^f	11.50 ^f	12.30 ^f	69.22 ^e	3.88 ^f
12	60.47 ^c	4.48 ^g	11.57 ^g	12.36 ^g	69.29 ^f	4.33 ^g
14	59.57 ^b	4.70 ^h	12.10 ^h	12.98 ^h	69.38 ^g	5.39 ^h
16	58.61 ^a	4.71 ⁱ	12.16 ⁱ	13.04 ⁱ	69.40 ^h	6.27 ⁱ

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
	L*	a*	b*	C	h	ΔE
0	47.50 ⁱ	6.65 ^a	13.99 ^a	15.55 ^a	63.83 ^a	0.00 ^a
2	46.34 ^h	6.70 ^b	14.00 ^a	15.57 ^b	64.45 ^b	18.68 ^b
4	46.14 ^g	6.84 ^c	15.27 ^b	15.59 ^c	65.57 ^c	19.23 ^c
6	46.10 ^f	6.88 ^d	15.32 ^c	16.68 ^d	65.70 ^d	19.29 ^d
8	45.48 ^e	7.23 ^e	15.55 ^d	16.70 ^e	65.84 ^e	20.00 ^e
10	43.81 ^d	7.23 ^e	16.03 ^e	17.61 ^f	65.86 ^f	21.71 ^f
12	43.45 ^c	7.28 ^f	16.12 ^f	17.67 ^g	66.32 ^g	22.08 ^g
14	43.33 ^b	7.28 ^f	16.12 ^f	17.68 ^h	66.55 ^h	22.19 ^h
16	42.20 ^a	7.31 ^g	16.13 ^g	17.69 ⁱ	66.99 ⁱ	23.27 ⁱ

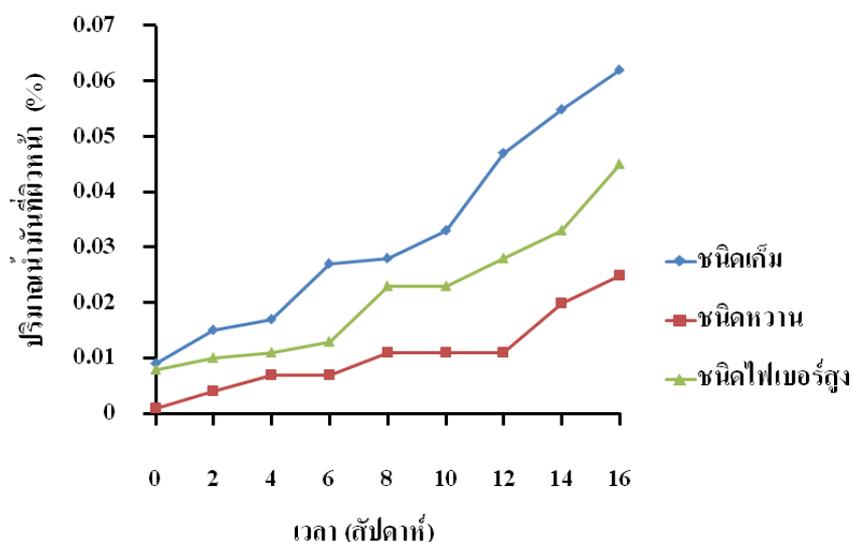
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
	L*	a*	b*	C	h	ΔE
0	53.45 ⁱ	5.89 ^a	14.32 ^a	15.51 ^a	64.55 ^a	0.00 ^a
2	52.67 ^h	5.96 ^b	14.54 ^b	15.68 ^b	64.68 ^b	12.78 ^b
4	51.88 ^g	6.12 ^c	14.86 ^c	16.10 ^c	65.01 ^c	13.65 ^c
6	50.22 ^f	6.68 ^d	15.00 ^d	16.23 ^d	65.56 ^d	15.32 ^d
8	47.01 ^e	6.72 ^e	15.09 ^e	16.53 ^e	65.73 ^e	18.33 ^e
10	45.81 ^d	6.74 ^f	15.23 ^f	16.65 ^f	65.89 ^f	19.51 ^f
12	44.25 ^c	7.04 ^g	15.62 ^g	17.13 ^g	65.94 ^g	21.14 ^g
14	43.97 ^b	7.33 ^h	15.72 ^h	17.34 ^h	66.20 ^h	21.48 ^h
16	42.51 ^a	7.55 ⁱ	15.87 ⁱ	17.57 ⁱ	67.40 ⁱ	22.94 ⁱ

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การตรวจสอบการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาการเก็บต่างๆ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลต่อการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.009 0.001 และ 0.008 ของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปริมาณเริ่มต้น จนกระทั่งถึงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.062 0.025 และ 0.045 ของผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังแสดงข้อมูลในภาพที่ 16 การเพิ่มของปริมาณการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากระบบอิมัลชันมีความคงตัวลดลงจากการที่โปรตีนซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์เสื่อมเสียจากการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ลดลง ปริมาณการแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้าจึงมีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการป่าย สี กลิ่น และ ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ ทุกๆ 4 สัปดาห์ แสดง ในตารางที่ 17 18 และ 19 พบว่า คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดสอบคุณภาพ ทางกายภาพ และทางจุลินทรีย์ กล่าวคือผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มในสัปดาห์ที่ 12 เริ่มมีกลิ่นเหม็น หืน และมีกลิ่นชัดเจนมากในสัปดาห์ที่ 16 ทำให้มีคะแนนความชอบต่ำ สัมพันธ์กับค่า TBA ที่ เพิ่มขึ้น ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์สังเกตได้จากคะแนนความชอบที่ลดลงเมื่อ ค่า TBA ประมาณ 1 ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานเริ่มมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวในสัปดาห์ที่ 14 และมีกลิ่น เหม็นเปรี้ยวที่ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 16 เมื่อป่ายทาบนขนมปังสังเกตเห็นยางเหนียวเกิดขึ้น ทำให้ คะแนนความชอบต่ำ สัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่สูงขึ้น ส่วนผลิตภัณฑ์ ชนิดไฟเบอร์สูงเริ่มมีกลิ่นเปรี้ยวในสัปดาห์ที่ 8 และมีกลิ่นชัดเจนมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 10 เมื่อป่าย ทาสังเกตเห็นยางเหนียว แสดงถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการปายทา สี กลิ่น และ ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบ				
	ลักษณะปรากฏ	ลักษณะการปายทา	สี	กลิ่น	ความชอบรวม
0	6.08 ^e	7.33 ^c	6.88 ^e	6.85 ^c	7.30 ^c
4	6.00 ^d	6.75 ^d	6.53 ^d	5.67 ^d	6.71 ^d
8	5.75 ^c	5.29 ^c	6.13 ^c	4.67 ^c	6.58 ^c
12	5.25 ^b	5.08 ^b	5.38 ^b	3.96 ^b	4.58 ^b
16	3.33 ^a	4.45 ^a	5.00 ^a	1.33 ^a	2.23 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการปายทา สี กลิ่น และ ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบ				
	ลักษณะปรากฏ	ลักษณะการปายทา	สี	กลิ่น	ความชอบรวม
0	6.67 ^c	7.30 ^c	6.35 ^c	6.75 ^c	7.04 ^c
4	5.88 ^d	6.04 ^d	5.71 ^d	5.46 ^d	6.67 ^d
8	5.21 ^c	5.42 ^c	5.65 ^c	4.67 ^c	4.30 ^c
12	4.50 ^b	4.30 ^b	5.33 ^b	3.63 ^b	3.71 ^b
16	3.03 ^a	3.58 ^a	4.35 ^c	1.34 ^a	2.33 ^a

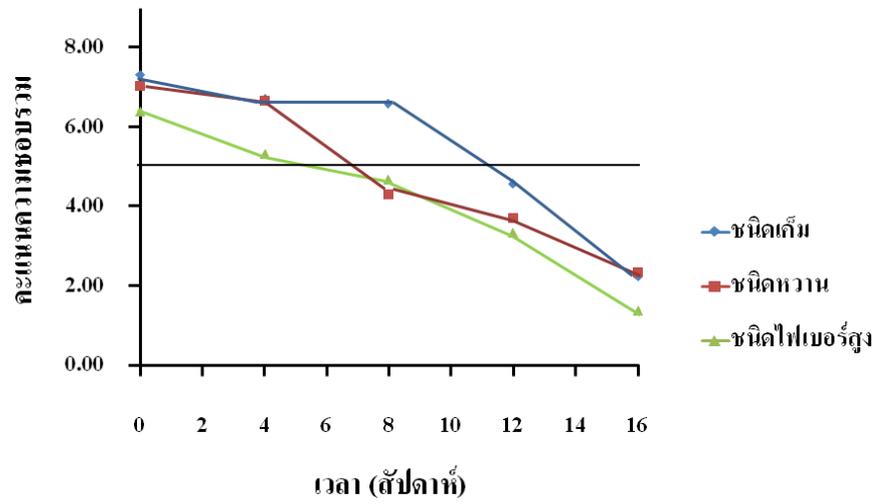
หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ลักษณะการปายทา สี กลิ่น และ ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	คะแนนความชอบ				
	ลักษณะปรากฏ	ลักษณะการปายทา	สี	กลิ่น	ความชอบรวม
0	5.96 ^c	6.00 ^c	6.01 ^c	6.72 ^c	6.38 ^c
4	5.63 ^d	5.46 ^d	5.13 ^d	5.50 ^d	5.33 ^d
8	4.63 ^c	4.63 ^c	5.04 ^c	3.67 ^c	4.67 ^c
12	3.17 ^b	3.17 ^b	5.00 ^b	2.92 ^b	3.33 ^b
16	1.13 ^a	2.25 ^a	4.23 ^a	1.25 ^a	1.37 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด แสดงในภาพที่ 17 สามารถทำนายอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ได้ โดยใช้ค่าจากคะแนนความชอบรวมของผู้บริโภคเป็นเกณฑ์ตัดสิน เมื่อกำหนดให้คะแนนต่ำกว่า 5 ถือว่าไม่ยอมรับ พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์มีอายุ 77 49 และ 42 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อกำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อกรัม เป็นเกณฑ์การพิจารณาอายุการเก็บ พบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์มีอายุ 112 98 และ 56 วัน ตามลำดับ แม้ผลิตภัณฑ์ชนิดเค็มจะไม่เสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ แต่เสื่อมเสียจากปริมาณ TBA ที่สูง ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. อิทธิพลของส่วนประกอบต่อสมบัติของอิมัลชันกึ่งแข็ง

สูตรที่มีการแยกน้ำมันที่ผิวหน้ามากที่สุดประกอบด้วย น้ำร้อยละ 40 น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 20 และโปรตีนมะพร้าวร้อยละ 40 สูตรที่มีการแยกชั้นน้ำมันมากที่สุดประกอบด้วยน้ำร้อยละ 50 น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 25 และโปรตีนมะพร้าวร้อยละ 25 และสูตรที่มีลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสค่อนข้างดี ประกอบด้วยน้ำร้อยละ 45 น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 15 และโปรตีนมะพร้าวร้อยละ 40

2. การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว และกากมะพร้าว

การเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 20 ของน้ำมันมะพร้าวสามารถลดการแยกของน้ำมันที่ผิวหน้าได้ดีที่สุด แต่ไขมันปาล์มชนิดแข็งให้เนื้อสัมผัสอิมัลชันกึ่งแข็งมีลักษณะที่แข็งเกินไป ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องป้ายทา ส่วนการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 3 ชนิด คือ ไดโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และไตรโซเดียมซิเตรต พบว่า การเติมไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.20 มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลดการแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็ง การแก้ปัญหาการแยกชั้นของน้ำด้วยไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิด คือ กัวร์กัม และแซนแทนกัม พบว่า แซนแทนกัมร้อยละ 0.80 สามารถลดการแยกชั้นของน้ำได้ดีที่สุด อิมัลชันที่มีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟตร้อยละ 0.10 ร่วมกับแซนแทนกัมร้อยละ 0.60 ให้ลักษณะปรากฏที่ดี เนื้อสัมผัสเรียบเนียนเหมาะแก่การป้ายทา เมื่อนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สเปรด 3 ชนิด คือ ชนิดเต็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.851 ถึง 0.865 และพีเอชอยู่ในช่วง 6.37 ถึง 6.54 ต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นเพื่อยืดอายุผลิตภัณฑ์

3. การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์สเปรดระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิดมีการเสื่อมเสียในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงเสื่อมเสียเร็วที่สุด รองลงมาคือชนิดหวาน และชนิดเต็ม โดยสังเกตจากการตรวจสอบ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และประเมินการยอมรับทางประสาท เมื่อใช้คะแนนความชอบเป็นเกณฑ์การพิจารณาอายุการเก็บพบว่า ผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์มีอายุ 77 49 และ 42 วัน ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมกากมะพร้าวที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมควรเตรียมโดยผ่านกระบวนการที่จะมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ให้น้อยที่สุด มีขั้นตอนการล้างเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ น้ำที่ใช้ล้างควรเป็นน้ำที่สะอาดผสมสารฆ่าเชื้อ เช่น สารละลายคลอรีน หรือล้างด้วยน้ำร้อน ควรนำกากมะพร้าวมาผ่านกระบวนการทำแห้งทันที ไม่เก็บค้างคืนไว้ การทำแห้งควรใช้ภาชนะที่สะอาด หลังการทำแห้งควรมีการเก็บรักษาไว้ในภาชนะปิด เพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์
2. การยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สเปรดให้ยาวนานขึ้น อาจมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Hurdle Technology เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ การใช้สารช่วยลดค่าออกเทอร์แอคตีวิตี้ การเติมกรดเพื่อปรับพีเอช ตลอดจนการเติมสารกันเสีย เช่น กรดซอร์บิก โซเดียมซอร์เบต โซเดียมเบนโซเอต โปแทสเซียมเบนโซเอต เป็นต้น
3. การปรับปรุงลักษณะด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์สเปรด ให้มีความหลากหลายยิ่งขึ้น เช่น การแต่งกลิ่นใบเตย และปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง โดยการบดกากมะพร้าวให้เป็นผงละเอียดเพื่อให้เนื้อสัมผัสที่ไม่หยาบ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2551. น้ำมันมะพร้าวพบทบทต่อสุขภาพและความงาม. องค์การเภสัชกรรม, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นรินาม. 2550. กากมะพร้าว (ประโยชน์ของกากมะพร้าว). แหล่งข้อมูล: <http://my.dek-d.com/writer/story/viewlongc.php?id=269436&chapter=19.>, 19 สิงหาคม 2551.

บุษกร อุดรภิชาดิ. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2548. เอกสารประกอบคำสอน: โพรตีนในอาหาร.

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2549. เอกสารประกอบคำสอน: ระบบคอลลอยด์ในอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพลินจิต ตั้งคณะกุล, พัชรี ตั้งตระกูล, เนตรนภิส วัฒนสุชาติ, พะยอม อัดตวิบูลย์กุล และ บุญมา นิยมวิทย์. 2538. คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขนมปิ้งและลูกกัที่มีใยอาหารสูง. วารสารอาหาร. 25(2): 95-107.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2548. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ เนยถั่ว. มพช.1012/2548.

วรวรรณ ต้นสกุล. 2550. เครื่องดื่มจากส่วนเหลือจากการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัลย์รุจี วิเชียรทวี. 2540. การผลิตเนยแข็งเทียมจากเคซีนและโปรตีนข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิชัย นาครักษา และวิสุทธนา สมุทรศรี. 2549. การใช้โปรตีนรำข้าวทดแทนเรนเนตเคซีนในเนยแข็งเทียมชนิดทา. วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 14(1): 10-18.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2528. เทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์กึ่งอาหาร. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2543. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213). แยม เยลลี่ และมาร์ มาเลดในภาชนะบรรจุปิดสนิท.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม และ ศิริวรรณ เนติวรานนท์. 2532. การเหม็นหืนของน้ำมันมะพร้าว. วิทยาสารเกษตรศาสตร์. 23(3): 260-266.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เสาวคนธ์ ชยวิวัฒนาวงศ์. 2550. การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิชั้นหวานพร้อมไขมันจากผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ของการผลิตน้ำมันมะพร้าวสด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อริสรา โพธิ์สนาม. 2549. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของเนยแข็งเทียมจากแป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anonymous. 2001. **Proposed guidelines for the assessment of microbiological quality of processed foods.** Available Source: <http://www.bfad.gov.ph/BC/bc%207%20s%202001.pdf>, September 17, 2008.

_____. 2004. **Controlling processed cheese functionality.** Available Source: <http://www.extraordinarydairy.com.>, January 1, 2007.

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C.
- Balaiviano, F.P., A.C.Laurena and E.T.Mendoza. 1999. Phenolic compounds in coconut (*Cocos nucifera* L.) endosperm. **Philipp. Agric. Scientist**. 82(3):268-277.
- Berger, W., H. Klostermeyer, K. Merkenich and G. Uhlmann. 1993. Processed cheese manufacture, pp. 91-92. *In* H. Klostermeyer. **Joha[®] G. Guide**. BK Ladenburg GmbH.Wurzburg: Universitatsdruckerei.
- Briozzo, J. E. Amato de Lagarde, J. Chirife and J. L. Parada. 1983. *Clostridium botulinum* Type A growth and toxin production in media and process cheese spread. **Appl. Environ. Microbiol.** 45(3): 1150-1152.
- Brummel, S.E. and K. Lee. 1990. Soluble hydrocolloids enable fat reduction in processed cheese spreads. **J. Food Sci.** 56(5): 1290-1292, 1307.
- Cipollo, K.L., I.C. Cho and G.P. Warner. 1985. **Process for producing a hydrolyzed vegetable protein isolate and the use thereof**. European Patent. 0,141,615 A1. [In Food Sci. Technol. Abst. (1985) 17: 12G 0030.]
- Dalgleish, D. G., and E. R. Morris. 1988. Interactions between carrageenans and casein micelles: electrophoretic and hydrodynamic properties of the particles. **Food Hydrocolloids**. 2:311-320.
- Duran, M., F. Pedreschi, P. Moyano and E. Troncoso. 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. **J. Food Eng.** 81(1): 257-265.
- Fox, J.E. 1999. Seed gum, pp. 262-282. *In* A. Imeson (ed.). **Thickening and Gelling Agents for Food**. 2nd ed. Blackie Academic & Professional, London.

- Garcia, R., R.V. Arocena, A.C. Laurena and E.M. Tecson-Mendoza. 2005. 11S and 7S globulins of coconut (*Cocos nucifera* L.): Purification and characterization. **J Agric. Food Chem.** 53(5): 1734-1739.
- Glickman, M. 1982. **Food Hydrocolloids**. RCR Press, Inc. Florida.
- Gray, J.L. and R.L. Crackel. 1992. Oxidative flavour changes in meat : Their origin and prevention, pp. 145-168. *In* D.A. Ledward, D.E. Johnston and M.K. Knight eds. **The Chemistry of Muscle-Based Food**. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Gupta, S.K., C. Karahadian and R.C. Lindsay. 1984. Effect of emulsifier salts on textural and flavor properties of processed cheese. **J. Dairy Sci.** 67(4): 764-778.
- Hagenmaier, R., C.M. Cater and K.F. Mattil. 1973. Aqueous processing of fresh coconuts for recovery of oil and coconut skim milk. **J. Food sci.** 38(3): 516-518.
- Hamm, W. and R.J. Hamilton. 2000. **Edible Oil Processing**. Sheffield Academic Press, Sheffield.
- Kaunitz, H. 1979. Nutrition properties of coconut oil: Its use in filled milk. **Phil. J. of Coco. Stud.** 4(3):39-43.
- Kosikowski, F. 1982. **Cheese and Fermented Milk Food**. Brooktondale, New York.
- Kwon, K.S. and K.C. Rhee. 1996. Emulsifying capacity of coconut proteins as a function of salt, phosphate, and temperature. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 73(12): 1669-1673.
- Lee, S.K., S. Anema and H. Klostermeyer. 2004. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. **Int. J. Food Sci.** 39(7): 763-771.

- Lucey, J.A. and P.F.Fox. 1993. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture: A review. **J. Dairy Sci.** 76(6): 1714-1724.
- Machlin, L.J. 1991. **Handbook of Vitamins: Revised and Expanded**. 2nd. Marcel Dekker, New York.
- Missimer, J.H., M.O. Steinmetz, R. Baron, F.K. Winkler, R.A. Kammerer, X. Daura and W. F. V. Gunsteren. 2007. Configurational entropy elucidates the role of salt-bridge networks in protein thermostability. **Proteins**. 16(7): 1349-1359.
- Navin, K.G. and T. Rajamohon. 2004. Beneficial effects of virgin coconut oil on lipid parameters and in vitro LDL oxidation. **Clin. Biochem.** 37(9): 830-835.
- Ockerman, W.H. 1991. **Food Science Sourcebook**. AVI, New York.
- Onsaard, E., M. Vittayanont, S. Sringam and D. J. McClements. 2005. Properties and stability of oil-in-water emulsions stabilized by coconut skim milk proteins. **J. Agric. Food Chem.** 53(14): 5747-5753.
- _____. 2005. Comparison of properties of oil-in-water emulsions stabilized by coconut cream proteins with those stabilized by whey protein isolate. **Food Res Int.** 39(1): 78-86.
- Parker, N.S. 1987. Properties and functions of stabilizing agents in food emulsion, pp. 285-315. In T.F. Furia eds. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. CRC Press, Florida.
- Petrowski, G.E. 1976. Emulsion stability and its relation to food, pp. 309-359. In C.O. Chichester, E.M. Mark and G.F. Stewart eds. **Advances in Food Research**. Academic Press, New York.

- Salunkhe, D.K., J.K. Chavan, R.N. Adsule and S.S. Kadam. 1992. **World Oilseeds: Chemistry, Technology and Utilization**. AVI, New York.
- Samson, A.S., R.N. Khaund, C.M. Cater and K.F. Mattil. 1971. Extractability of coconut proteins. **J. Food Sci.** 36(5):725-728.
- Sanderson, G.R. 1996. Gums and their use in food system. **Food Technol.** 50(3): 81.
- Santos, B.L. and A.V.A. Resurreccion. 1989. Effect of particle size on quality of peanut pastes. **J. Food Quality.** 12(2):87-97.
- Shibata, N. and T. Kinumaki. 1979. An importance of TBA procedure as the measure of the oxidation deterioration occurring in fish oils II. Intact sample procedure. **Bull. Jap. Soc Sci. Fishoric.** 45(4): 505-509.
- Shimp, L.A. 1985. Processed cheese principles. **Food Technol.** 39(5): 63-70.
- Stauffer, C.E. 1996. **Fat and Oil: Practical Guides for the Food Industry**. Eagan Press. Minnesota.
- Stephen, A. M., G. O. Phillips and P. A. Williams. 2006. **Food Polysaccharides and Their Applications**. CRC Press, Inc., New York.
- Swenson, B.J., W.L. Wendorff and R.C. Lindsay. 2000. Effects of ingredients on the functionality of fat-free process cheese spreads. **J. Food Sci.** 65(5): 822-825.
- Urlacher, B. and O. Noble. 1997. **Xanthan gum: Thickening and Gelling Agent for Foods**. Blackie Academic & Professional, London.

- Villarino, B.J., L.M. Dy and M.C.C. Lizada. 2007. Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deodorized coconut oil. **Food Sci. and Technol.** 400(2): 193-199.
- Weiss, T.J. 1983. **Food Oils and Their Uses.** The AVI Publishing Company, Inc., Westport.
- Whitney, R.M. 1988. Protein of milk, pp. 81-169. *In* N.P.Wong, R.Jenness, M.Keeney and E.H. Marth, eds. **Fundamentals of Dairy Chemistry.** Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Woodroof, J.G. 1983. **Peanuts: Production, Processing, Products.** The AVI Publishing company, Inc., Westport.
- Ye, A., M. Srinivasan and H. Singh. 1999. Influence of NaCl addition on the properties of emulsions formed with commercial caseinate. **Food Chem.** 69(3): 237-244.
- Zwiercan, G.A., N.L. Lacourse and J.M. Lenchin. 1985. **Imitation cheese products containing modified starch as partial caseinate replacement and method of preparation.** U.S. Patent. 4,499,11.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และทางกายภาพ

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. การตรวจความหืนโดยการหา Thiobarbituric acid number (TBA) ตัดแปลงจากวิธีการของ Shibata และ Kinumaki (1979)

Thiobarbituric acid number คือ ค่าที่ใช้วัดการเสื่อมเสียของไขมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน วัดเป็นจำนวนมิลลิกรัมของมาโลนาลดีไฮด์ (malonaldehyde) ในตัวอย่าง 1000 กรัม ปฏิกิริยาของ TBA กับ มาโลนาลดีไฮด์ ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน จะได้สารประกอบสีแดง (TBA pigment)

ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ที่ 8,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 22 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารกันหืน 3 หยด⁽¹⁾ สารละลาย EDTA เข้มข้นร้อยละ 20 1 มิลลิลิตร สารละลายกรดไทโอ-บาร์บิทูริก (TBA) 3 มิลลิลิตร⁽²⁾ สารละลายผสมของกรดไตรคลอโรอะซิติกและกรดไฮโดรคลอริก 17 มิลลิลิตร⁽³⁾ ฟันด้วยก้านไนโตรเจน 10 วินาที ปิดฝาผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex นาน 10 วินาที นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 30 นาที ทำให้เย็นทันที เติมคลอโรฟอร์ม 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลานาน 10 นาที แล้วหมุนเหวี่ยงสารละลายที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใสส่วนบนมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร แล้วคำนวณเป็น TBA ได้ดังนี้

TBA number = 46 x ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง 1 กรัม ใน 100 มิลลิลิตรรีเอเจนต์

- (1) เตรียมโดยผสมสารละลายของ BHA 0.3 กรัม ในสารละลายโพพิลีนไกลคอล 5.4 กรัม BHA 0.3 กรัม ในสารละลาย Tween 20 ที่อุ่นแล้ว 4.0 กรัม
- (2) เตรียมโดยเติม TBA 1 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มอล จำนวน 75 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
- (3) เตรียมโดยสารละลายผสมของกรดไตรคลอโรอะซิติกร้อยละ 25 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.6 นอร์มอล ปริมาตร 30 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. วิเคราะห์การแยกชั้นของน้ำมันที่ผิวหน้า (Surface oil content) ดัดแปลงจากวิธีการของ
Duran et al. (2007)

ชั่งตัวอย่าง 15 กรัม ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ปาด
ผิวหน้าให้เรียบเสมอกัน เติมปิโตรเลียมอีเธอร์ 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นนาน 30 วินาที เท
ปิโตรเลียมอีเธอร์จากบีกเกอร์ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมซึ่งอบที่ $102 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่ง
น้ำหนักให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว (ทำซ้ำ 2 ครั้ง) ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จากนั้นนำไปอบให้แห้ง
ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ $102 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก
ทำซ้ำโดยอบนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งได้ 2 ครั้งติดต่อกัน ต่างกันไม่
เกิน 1 มิลลิกรัม บันทึกน้ำหนักต่ำสุด

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวัดค่าสี

วัดค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM-3500d ใช้ Petridish เป็นที่ใส่ตัวอย่างในการวัด โดยมีสภาวะในการวัดดังต่อไปนี้

แหล่งกำเนิดแสง	:	C (day light)
มุมมอง	:	10^0
ชนิดการวัด	:	แสงสะท้อนกลับ
ระบบค่าสี	:	Hunter Lab

2. การวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี

วัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีด้วยเครื่อง Precision Humidity Measuring Instrument ยี่ห้อ Testo รุ่น 650 โดยนำตัวอย่างใส่ในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร บรรจุตัวอย่างประมาณ 2 ใน 3 ของความจุของถ้วยพลาสติก นำไปวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่อุณหภูมิ $25 \pm 0^{\circ}\text{C}$ โดยวางถ้วยพลาสติกลงใน chamber ของเครื่อง อ่านค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่แสดงบนเครื่องวัด

3. การวัดค่าเนื้อสัมผัส

วัดค่าเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer, Micro Stable System รุ่น TA-XT Plus บรรจุตัวอย่างประมาณ 2.5 เซนติเมตรในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร สูง 2.5 เซนติเมตร วางถ้วยพลาสติกลงบนแท่นวางตัวอย่าง วัดเนื้อสัมผัสด้วยหัววัดแบบกรวย (cone probe) ขนาดมุม 60 องศา ความเร็วขณะวัด 3 มิลลิเมตรต่อวินาที อ่านค่าบนเครื่องวัด แสดงในรูปแบบของค่าความแข็ง และค่างานที่ใช้ในการป้ายทา

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา

การตรวจสอบทางจุลชีววิทยา

1. การตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด ดัดแปลงวิธีการของ AOAC (2000)

เตรียมน้ำยาสำหรับเจือจางตัวอย่าง โดยผสมเบ๊ปโตนร้อยละ 0.1 กับทวิน 80 ร้อยละ 0.05 ซึ่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัมใส่ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เทน้ำยาสำหรับเจือจาง 225 มิลลิลิตร นำไปตีปั่นอาหารด้วยเครื่อง stomacher ทำการเจือจางตัวอย่างระดับละ 10 เท่า (ten fold serial dilution) โดยใช้ปิเปตปลอดเชื้อดูดตัวอย่างที่เจือจาง 1:10 ในขั้นต้น 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดบรรจุน้ำยาสำหรับเจือจาง 9 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่าหลอดด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า ตัวอย่างในขั้นนี้จะมีความเจือจาง 1:100 (10^{-2}) เตรียมตัวอย่างให้เจือจางในระดับต่อไป คือ 1:1,000 (10^{-3}), 1:10,000 (10^{-4}), 1:100,000 (10^{-5}) และ 1:1,000,000 (10^{-6}) จากนั้นใช้วิธี pour plate ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างอาหารในแต่ละระดับความเจือจาง โดยเริ่มจากระดับเจือจางมากที่สุดใส่จานเพาะเชื้อจานละ 1 มิลลิลิตร (ทำ 2 จานในแต่ละระดับความเจือจาง) เทอาหารเพาะเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้มีปริมาตร 12-15 มิลลิเมตรต่อจานเพาะเชื้อ (ควรเทอาหารเพาะเชื้อภายใน 10 นาที หลังจากดูดตัวอย่างอาหารแล้ว เพื่อป้องกันตัวอย่างอาหารแห้งติดจานเพาะเชื้อ ทำให้การกระจายตัวของเชื้อไม่ทั่วถึง) ใช้มือหมุนวนไปมาซ้ายขวาด้านละ 15 รอบ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารเพาะเชื้อแข็ง กลับจานเพาะเชื้อแล้วนำจานเพาะเชื้อทั้งหมดไปบ่มที่อุณหภูมิ 35-37 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง อ่านผลโดยนับจำนวนเชื้อที่เจริญในอาหารเพาะเชื้อ ซึ่งเลือกนับเฉพาะระดับความเจือจางของตัวอย่างที่มีเชื้อเจริญอยู่ในช่วง 30-300 โคโลนี เท่านั้น รายงานผลการตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ต่อกรัมของตัวอย่างอาหาร โดยคูณจำนวนที่นับได้ด้วยระดับความเจือจางที่ตรวจนับ

2. การตรวจวิเคราะห์ยีสต์และรา ดัดแปลงจากวิธีการของ AOAC (2000)

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ทำการปรับพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้เป็นกรดที่พีเอช 3.5 เพื่อป้องกันการเจริญของแบคทีเรีย โดยการเติม กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) ร้อยละ 10 ชั่งตัวอย่าง 11 กรัม ใส่ในน้ำยาสำหรับเจือจาง 99 มิลลิลิตร ที่เตรียมได้จากการผสมเปปโตนร้อยละ 0.1 กับทวิน 80 ร้อยละ 0.05 ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย เครื่อง stomacher จะได้ตัวอย่างที่ระดับการเจือจาง 10^{-1} ทำการเจือจางต่อที่ระดับความเจือจาง 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} และ 10^{-6} โดยใช้สารละลายตัวอย่าง 11 มิลลิลิตร ใส่ในน้ำยาสำหรับเจือจาง 99 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดสารละลายตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 1 มิลลิลิตร ใส่ตรงกลางจานเพาะเชื้อ ทำการ ตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค pour plate ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ปรับกรดแล้ว บ่มจานเพาะเชื้อที่ อุณหภูมิ 35 °ซ นาน 48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีของราและยีสต์ รายงานผลการวิเคราะห์ ยีสต์และราในตัวอย่างเป็น Colony Forming Unit (CFU) ต่อกรัม

ภาคผนวก ค
การประเมินผลทางประสาทสัมผัส

1. แบบฟอร์มการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนตามความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สเปรดจากโปรตีนมะพร้าว

ตามคำอธิบายคะแนนความชอบข้างล่างนี้

1 = ไม่ชอบมากพิเศษ	2 = ไม่ชอบมาก	3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	5 = เฉยๆ	6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก	9 = ชอบมากพิเศษ

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....
ลักษณะการป้าย	.....	.....	.....
ความเค็ม	.....	.....	.....
ความหวาน	.....	.....	.....
การยอมรับรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

..... :

..... :

..... :

2. แบบฟอร์มการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์สเปรตระหว่างการเก็บรักษา

ชื่อ.....วันที่.....

คำแนะนำ ทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนตามความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์สเปรตจากโปรตีนมะพร้าว

ตามคำอธิบายคะแนนความชอบข้างล่างนี้

1 = ไม่ชอบมากพิเศษ 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 6 = ชอบเล็กน้อย
 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมาพิเศษ

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ	.....	.....	.....
ลักษณะการป้าย	.....	.....	.....
สี	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....
การยอมรับรวม	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

..... :

..... :

..... :

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ง1 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรของอิมัลชันกึ่งแข็ง	447,002.870	10	44,700.287	1.226E4	0.000 [*]
Error	40.102	11	3.646		
Corrected Total	447,042.972	21			

ตารางผนวกที่ ง2 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรของอิมัลชันกึ่งแข็ง	1,569,819.328	10	156,981.933	2.014E3	0.000 [*]
Error	857.187	11	77.926		
Corrected Total	1,570,676.515	21			

ตารางผนวกที่ ง3 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง วอเตอร์แอกติวิตี้ของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จากแผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรของอิมัลชันกึ่งแข็ง	0.000	10	0.000	3.371	0.029 [*]
Error	0.000	11	0.000		
Corrected Total	0.000	21			

หมายเหตุ ^{*} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๔ การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งที่ได้จาก
แผนการทดลองแบบมิกเจอร์ดีไซน์ ทั้งหมด 11 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรของอิมัลชันกึ่งแข็ง	10.422	10	1.042	112.890	0.000*
Error	0.102	11	0.009		
Corrected Total	10.524	21			

ตารางผนวกที่ ๕ การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไขมันปาล์ม
ชนิดแข็งร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าว

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ปริมาณไขมันปาล์ม	313,572.971	4	78,393.243	7.839E9	0.000*
Error	0.000	5	0.000		
Corrected Total	313,572.971	9			

ตารางผนวกที่ ๖ การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการปายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการ
เติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าว

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ปริมาณไขมันปาล์ม	913,737.821	4	228,434.455	2.284E10	0.000*
Error	0.000	5	0.000		
Corrected Total	913,737.821	9			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ๗ การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไขมันปาล์มชนิดแข็งร้อยละ 0 5 10 15 และ 20 ของน้ำมันมะพร้าว

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ปริมาณไขมันปาล์ม	3.352	4	0.838	8.381E4	0.000*
Error	0.000	5	0.000		
Corrected Total	3.352	9			

ตารางผนวกที่ ๘ การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	1,373,469.477	15	91,564.632	1.008E7	0.000*
Error	0.145	16	0.009		
Corrected Total	1,373,469.622	31			

ตารางผนวกที่ ๙ การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	5,822,142.109	15	388,142.807	2.621E7	0.000*
Error	0.237	16	0.015		
Corrected Total	5,822,142.346	31			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ง10 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	0.178	15	0.012	3.806E7	.000*
Error	0.000	16	0.000		
Corrected Total	0.178	31			

ตารางผนวกที่ ง11 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พิเอชของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	1.510	15	0.101	3.221E4	0.000*
Error	0.000	16	0.000		
Corrected Total	1.510	31			

ตารางผนวกที่ ง12 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลืออิมัลซิไฟเออร์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.05 0.10 0.20 0.40 และ 0.60

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	123.667	15	8.244	2.638E6	0.000*
Error	0.000	16	0.000		
Corrected Total	123.667	31			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.8 และ 1.2

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	18,975.958	6	3,162.660	1.080E4	0.000*
Error	2.049	7	0.293		
Corrected Total	18,978.007	13			

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมไฮโดรคอลลอยด์ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.4 0.8 และ 1.2

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระดับความเข้มข้น	79,274.468	6	13,212.411	9.274E4	0.000*
Error	0.997	7	0.142		
Corrected Total	79,275.465	13			

ตารางผนวกที่ 15 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลือไคโซเดียมฟอสเฟต (A) ร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัม (B) ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	52129.531	2	26064.765	5.865E10	0.000*
B	88499.111	2	44249.556	9.956E10	0.000*
AB	111816.134	4	27954.034	6.290E10	0.000*
Error	4.000E-6	9	4.444E-7		
Corrected Total	1695667.123	18			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป้ายทาของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (A) ร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัม (B) ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	344277.852	2	172138.926	3.873E11	0.000*
B	346995.006	2	173497.503	3.904E11	0.000*
AB	366869.460	4	91717.365	2.064E11	0.000*
Error	4.000E-6	9	4.444E-7		
Corrected Total	6535746.580	18			

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของอิมัลชันกึ่งแข็งที่มีการเติมเกลือไดโซเดียมฟอสเฟต (A) ร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 ร่วมกับแซนแทนกัม (B) ร้อยละ 0.40 0.60 และ 0.80 รวมทั้งหมด 9 สูตร

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
A	0.350	2	0.175	1.500E3	0.000*
B	0.109	2	0.055	467.476	0.000*
AB	0.430	4	0.107	920.619	0.000*
Error	0.001	9	0.000		
Corrected Total	615.608	18			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 18 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง วอเตอร์แอกติวิตี้ของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรผลิตภัณฑ์สเปรด	0.000	2	0.000	62.111	.004*
Error	0.000	3	0.000		
Corrected Total	0.000	5			

ตารางผนวกที่ 19 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรผลิตภัณฑ์สเปรด	0.039	2	0.019	1.159E3	0.000*
Error	0.000	3	0.000		
Corrected Total	0.039	5			

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรผลิตภัณฑ์สเปรด	49,539.744	2	24,769.872	1.460E5	0.000*
Error	0.509	3	0.170		
Corrected Total	49,540.253	5			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ ง21 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง งานที่ใช้ในการป่ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรผลิตภัณฑ์สเปรด	156,490.204	2	78,245.102	1.288E5	0.000*
Error	1.822	3	0.607		
Corrected Total	156,492.026	5			

ตารางผนวกที่ ง22 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดทั้ง 3 ชนิด คือ ชนิดเค็ม ชนิดหวาน และชนิดไฟเบอร์สูง

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
สูตรผลิตภัณฑ์สเปรด	0.908	2	0.454	2.723E4	0.000*
Error	0.000	3	0.000		
Corrected Total	0.908	5			

ตารางผนวกที่ ง23 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	6.833	8	0.854	1.537E5	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	6.833	17			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวานระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	2.274	8	0.284	506.520	0.000*
Error	0.005	9	0.001		
Corrected Total	2.279	17			

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่า TBA ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	5.029	8	0.629	1.109E3	0.000*
Error	0.005	9	0.001		
Corrected Total	5.034	17			

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	5.771E7	8	7,213,801.500	1.298E8	0.000*
Error	0.500	9	0.056		
Corrected Total	5.771E7	17			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	3.347E8	8	4.184E7	7.531E6	0.000*
Error	50.000	9	5.556		
Corrected Total	3.347E8	17			

ตารางผนวกที่ 28 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง จุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูงระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	6.751E8	8	8.439E7	1.519E7	0.000*
Error	50.000	9	5.556		
Corrected Total	6.751E8	17			

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็มระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	1.448	8	0.181	3.259E4	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	1.448	17			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 30 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	6.130	8	0.766	1.379E5	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	6.130	17			

ตารางผนวกที่ 31 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง พีเอชของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	5.557	8	0.695	4.465E3	0.000*
Error	0.001	9	0.000		
Corrected Total	5.558	17			

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	2,052,329.432	8	256,541.179	4.618E12	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	2,052,329.432	17			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรคชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	281,845.098	8	35,230.637	3.615E4	0.000 [*]
Error	8.771	9	0.975		
Corrected Total	281,853.868	17			

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแข็งของผลิตภัณฑ์สเปรคชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	288,724.701	8	36,090.588	1.044E5	0.000 [*]
Error	3.112	9	.346		
Corrected Total	288,727.813	17			

ตารางผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป่ายทของผลิตภัณฑ์สเปรคชนิด เค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	1.440E7	8	1,799,673.074	3.239E13	0.000 [*]
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	1.440E7	17			

หมายเหตุ ^{*} หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป่ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรด ชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	1,131,353.330	8	141,419.166	6.417E5	0.000*
Error	1.983	9	0.220		
Corrected Total	1,131,355.314	17			

ตารางผนวกที่ 37 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ค่างานที่ใช้ในการป่ายทาของผลิตภัณฑ์สเปรด ชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	253,575.898	8	31,696.987	2.233E5	0.000*
Error	1.277	9	0.142		
Corrected Total	253,577.175	17			

ตารางผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์สเปรด ชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	74.182	8	9.273	1.669E6	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	74.182	17			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 39 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	810.354	8	101.294	1.823E7	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	810.354	17			

ตารางผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง ความแตกต่างของสี (ΔE) ของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	789.205	8	98.651	1.776E7	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	789.205	17			

ตารางผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	0.006	8	0.001	1.242E4	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	0.006	17			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 42 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	0.001	8	0.000	2.104E3	.000
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	0.001	17			

ตารางผนวกที่ 43 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง การแยกน้ำมันที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	0.002	8	0.000	5.589E3	0.000*
Error	0.000	9	0.000		
Corrected Total	0.002	17			

ตารางผนวกที่ 44 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดเค็ม ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4⁰ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	34.852	4	8.713	8.713E5	0.000*
Error	0.000	5	0.000		
Corrected Total	34.852	9			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางผนวกที่ 45 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดหวาน ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	32.061	4	8.015	8.015E5	0.000*
Error	0.000	5	0.000		
Corrected Total	32.061	9			

ตารางผนวกที่ 46 การวิเคราะห์ทางสถิติ เรื่อง คะแนนความชอบรวมของผลิตภัณฑ์สเปรดชนิดไฟเบอร์สูง ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นระยะเวลาต่างๆ

Source of Variance	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value
ระยะเวลาการเก็บ	29.986	4	7.497	7.497E5	0.000*
Error	0.000	5	0.000		
Corrected Total	29.986	9			

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวนรินทร์ เจริญพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 14 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-