การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ

Used of Fat Replacer in Reduced Fat Coconut Milk-Based Curry

พธิญดา แก้วสวี

Patiyada Kaewsawee

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Food Technology

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ
ผู้เขียน นางสาวพธิญดา แก้วสวี
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ดร.ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล)

.....
(ดร.วรพงษ์ อัศวเกศมณี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิชญา จันทะชุม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์)

.....กรรมการ
(ดร.ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล)

.....กรรมการ
(ดร.วรพงษ์ อัศวเกศมณี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริฉัตร หงสประภาส)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้สารทดแทนไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ
ผู้เขียน นางสาวพธิญดา แก้วสวี
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อลดพลังงานในการบริโภคน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมทางอาหารต่อไป โดยใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และการผสมระหว่างสารทดแทนไขมันทั้ง 2 กลุ่มข้างต้น สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วย maltodextrin (MAL) และสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรทางการค้าที่ดัดแปรด้วยวิธี crosslinking และ pregelatinization คือ MR-300 และ FA-1304 ตามลำดับ สารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีนประกอบด้วย soy protein isolate (SOY) sodium caseinate (SC) และโปรตีนสกัดจากกากมะพร้าว (CP) โดยใช้สารละลายสารทดแทนไขมันทดแทนกะทิในน้ำแกง ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 50-90 ของปริมาณกะทิในน้ำแกง แล้ววิเคราะห์ความหนืด ความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิ สี (L* a* และ b*) และทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่มีลักษณะต่างๆใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมมากที่สุด เมื่อสามารถกำหนดสูตรน้ำแกงกะทิไขมันต่ำได้แล้ว ได้วิเคราะห์ปริมาณไขมัน พลังงาน และองค์ประกอบทางเคมี รวมถึงการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยผู้บริโภคทั่วไป แล้วศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง การใช้ SOY และ FA ในระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 50-70 ช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับน้ำแกงกะทิ แต่เมื่อทดแทนกะทิมากกว่าร้อยละ 70 จะทำให้ค่า L* และความคงตัวของน้ำแกงกะทิลดลงจนถึงระดับที่แตกต่างจากน้ำแกงกะทิควบคุม การใช้ SOY ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยบรรจุกระป๋องที่มีลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม การใช้สารทดแทนไขมันที่ผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 1:1 และ 2:1 ทำให้น้ำแกงกะทิมีความหนืด ความคงตัว และค่า L* ของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำเพิ่มสูงขึ้น พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมที่อัตราการผสมเป็น 1:2 ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 60 ทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นมีลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้นมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตร

เข้มข้น สามารถลดไขมันได้ร้อยละ 64.30 และ 63.86 ตามลำดับ เป็นผลให้ลดพลังงานในน้ำแกงลงได้ร้อยละ 55.06 และ 50.00 ตามลำดับ ผลการเก็บรักษาน้ำแกงกะทิควบคุมและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่อุณหภูมิห้องและ 45°C พบว่าน้ำแกงกะทิที่เก็บที่อุณหภูมิห้องไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีในระดับที่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับการเก็บที่อุณหภูมิ 45°C พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจนทำให้ผู้บริโภคยอมรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นในระดับความชอบเป็น 5.9 คะแนน โดยมีการยอมรับความเผ็ดและความชอบรวมลดลงในช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์

Thesis Title	Used of fat replacer in reduced fat coconut milk-based curry
Author	Miss Patiyada Kaewsawee
Major Program	Food Technology
Academic Year	2009

ABSTRACT

This study aimed to decrease calories in light and intensive taste coconut milk based curry by using carbohydrate based, protein based and mixing of fat replacers. Carbohydrate based fat replacers used in this study were maltodextrin, crosslinking and pregelatinizing modified tapioca starches (FA-1304 and MR-300). Protein based fat replacers were soy protein isolate (SOY), sodium calcinate (SC) and coconut protein (CP). Coconut milk in curry was substituted by fat replacer solutions for 50-90%. Viscosity, stability of curry emulsion, color (L*, a* and b*) and sensory characteristics of reduced fat coconut milk based curry were determined. Compared theses factors for select similar with control curry in selection reduced fat curry. Total fat content, calories and chemical composition of control and reduced fat curry were examined. Changing of sterilized coconut milk based curry in room temperature (28$\pm$2°C) and heating storage condition (45°C) were determined. FA and SOY had less influence on the color and viscosity of reduced fat curry as compared to the others. Substitution with SOY and FA (at 50-70% substitution) increased the emulsion stability of reduced fat curry. Substituted coconut milk with SOY and FA more than 70% substitution were significance decrease L* and stability of reduced fat curry than control curry. Using SOY as fat replacers at 60% substitution in reduced fat curry obtained less difference in sensory score from the control than the other fat replacers. The result of light taste coconut milk based curry showed that soy protein based fat replacer at 60% substitution was less influence on viscosity and color compared to carbohydrate based and mix-based fat replacers in light taste coconut milk based curry. The effect of mixing ratio between carbohydrate and protein based fat replacers (FA:SOY) at 1:1, 1:2 and 2:1 for coconut milk substitution in reduced fat curry were examined. Mix based fat replacers were increase viscosity, stability and L* of reduced fat curry. 1:2 mix-based fat replacer at 60% substitution showed

physical characteristic and sensory acceptance were non significant difference with control. The reduced fat light taste and intensive taste coconut milk-based curry could reduce total fat were 64.30 and 63.86% respectively. Reduce calories of reduced fat curries were 55.06 and 50.00% respectively. The result of room temperature storage condition showed non significant difference of physical and chemical characteristic. 45°C storage condition showed the trend of chemical and physical changing until rejection by sensory evaluation at 12 weeks of storage time.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผศ. ดร. เสาวคนธ์ วัฒนจันทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำในการวิจัย การค้นคว้าและตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ถูกต้อง และ ดร.ปิยรัตน์ ศิริวงศ์ไพศาล และ ดร.วรพงษ์ อัศวเกศมณี กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำต่างๆ และตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมถึง ผศ. ดร. สุพิชญา จันทะชุม ประธานกรรมการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์และสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ และ รศ. ดร. ปาริฉัตร หงสประภาส กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนในการศึกษาวิจัย ขอบพระคุณอาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ขอบพระคุณ ดร.มณี วิทยานนท์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มอบตัวอย่างโปรตีนสกัดจากกากมะพร้าวในงานวิจัย ขอบคุณบริษัทวิกกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัดมหาชน บริษัทสยามโมดิฟายด์สตาร์ช จำกัดมหาชน และบริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ช จำกัดมหาชน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์มอบตัวอย่างสารทดแทนไขมันที่ใช้ในงานวิจัย ขอขอบคุณกำลังใจและความช่วยเหลือในด้านต่างๆจาก ครอบครัว เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ และเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

พธิญดา แก้วสวี

สารบัญ

หน้า

สารบัญ..... (7)

LIST OF TABLES..... (12)

LIST OF FIGURES..... (14)

บทที่

1. บทนำ..... 1

บทนำต้นเรื่อง..... 1

การตรวจเอกสาร..... 4

1. แกงกะทิไทย..... 4

1.1 เครื่องแกง..... 4

1.1.1 กระเทียม..... 5

1.1.2 ข่า..... 6

1.1.3 ตะไคร้..... 7

1.1.4 พริก..... 7

1.1.5 พริกไทย..... 8

1.1.6 หอม..... 9

1.1.7 กะปิ..... 9

1.1.8 เกลือ..... 10

1.2 กะทิ..... 11

1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีในกะทิ..... 11

1.2.2 ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของกะทิ..... 14

1.3 อิมัลชันและความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำกะทิ..... 16

1.3.1 อิมัลชัน..... 16

1.3.2 อิมัลชันในน้ำกะทิ..... 17

1.3.3 ความคงตัวของอิมัลชัน..... 17

1.3.4 ความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำกะทิ..... 18

2. ผลิตภัณฑ์แกงกะทิไทย..... 20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3. ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ..... 21
   3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและความคงตัวของกะทิที่ผ่านกระบวนการในการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ..... 21
   3.2 กระบวนการฆ่าเชื้อในอาหาร..... 22
      3.2.1. การให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)..... 22
      3.2.2 การให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ (Sterilization)..... 24
      3.2.3 การให้ความร้อนแบบ Ultra-High-Temperature (UHT)..... 26
   3.3 คุณภาพน้ำกะทิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อน..... 27
4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิระหว่างการเก็บรักษา..... 28
   4.1 การเกิดกลิ่นหืน (Rancidity)..... 29
      4.1.1 การเหม็นหืนแบบไฮโดรไลติก (Hydrolytic rancidity)..... 29
      4.1.2. การเหม็นหืนแบบคีโตนิก (Ketonic rancidity)..... 30
      4.1.3. การเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative rancidity)... 31
5. ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิไขมันต่ำหรือดัดแปรไขมัน..... 36
6. สารทดแทนไขมัน..... 37
   6.1 ประเภทของสารทดแทนไขมัน..... 37
      6.1.1 สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate based fat replacer)..... 37
      6.1.2 สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน (Protein based fat replacer)..... 37
      6.1.3 สารทดแทนไขมันประเภทไขมัน (Lipid based fat replacer)..... 38
   6.2 การประยุกต์ใช้สารทดแทนไขมันในอาหารบางชนิด..... 38
   6.3 การใช้สารทดแทนไขมันทดแทนกะทิในอาหาร..... 42
   6.4 สารทดแทนไขมันที่ใช้ในการทดลอง..... 43
      6.4.1 Maltodextrin..... 43
      6.4.2 แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Tapioca Modified starch)..... 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

6.4.3 โปรตีนสกัดจากมะพร้าว..... 45

6.4.4 Sodium caseinate..... 47

6.4.5 โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy Protein isolate)..... 47

วัตถุประสงค์..... 50

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ..... 51

วัตถุดิบ..... 51

สารเคมี..... 52

อุปกรณ์..... 53

วิธีการทดลอง..... 54

1. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางความหนืดของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง (สูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น)..... 54

1.1 การวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบเครื่องแกง..... 54

1.2 การกำหนดสูตรน้ำแกงกะทิควบคุม..... 54

1.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส..... 55

1.4 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง..... 56

1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำแกงกะทิควบคุมและสูตรทางการค้า..... 56

2. การศึกษาชนิดและระดับสารทดแทนไขมันต่อลักษณะคุณภาพน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง..... 57

2.1 ศึกษาผลการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต..... 57

2.2 ศึกษาผลการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน..... 57

2.3 ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมันผสมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน..... 57

2.4 การเลือกสูตรแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้สารทดแทนไขมันชนิดต่าง..... 58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของแกงกะทิสูตรไขมันต่ำเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิสูตรควบคุม..... 58

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา..... 59

3.1 การเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยหาค่าขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ..... 59

3.2 คุณภาพทางกายภาพ..... 59

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส..... 59

4. การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์แกงกะทิไขมันต่ำของผู้บริโภค (Consumer test)..... 60

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 60

3. ผลและวิจารณ์ผล..... 61

1. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางความหนืดของน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมบรรจุกระป๋อง (สูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น)..... 61

1.1 คุณภาพวัตถุดิบเครื่องแกง..... 61

1.2 ผลของปริมาณเครื่องแกงต่อลักษณะคุณภาพของแกงกะทิ..... 61

1.3 ผลของปริมาณเครื่องแกงต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส..... 63

1.4 ผลของการให้ความร้อนในขั้นตอนการบรรจุกระป๋องต่อลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิควบคุม..... 66

1.5 องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำแกงกะทิสูตรควบและสูตรทางการค้า 69

2. ผลของชนิดและระดับสารทดแทนไขมันต่อลักษณะคุณภาพน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง..... 70

2.1 ผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต..... 70

2.2 ผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน..... 77

2.3 ผลของการใช้สารทดแทนไขมันผสมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน..... 83

2.4 ผลของสารทดแทนไขมันต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส..... 87

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

2.5 องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม..... 91

2.6 ลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง..... 93

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา..... 96

3.1 การเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยหาค่าขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ..... 96

3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ..... 100

3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส..... 107

4. การยอมรับผลิตภัณฑ์แกงกะทิไขมันต่ำของผู้บริโภค (Consumer test)..... 110

4. สรุป..... 113

เอกสารอ้างอิง..... 116

ภาคผนวก..... 133

ก. การวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ..... 134

ข. แบบสอบถามทางประสาทสัมผัสและแบบสำรวจการยอมรับ..... 153

ค. ข้อมูลเกี่ยวกับสารทดแทนไขมันที่ใช้..... 161

ง. การวิเคราะห์ทางสถิติ..... 166

ประวัติผู้เขียน..... 187

LIST OF TABLES

Table		Page
1	Proximate composition of undiluted whole coconut milk.....	11
2	Fatty acid content in coconut oil.....	13
3	Physical characteristic and physico-chemical properties of coconut milk.....	14
4	Purpose of difference temperature in pasteurizing food products.....	23
5	Quality changing of pasteurized coconut milk during storage.....	24
6	Suggested processing schedules in a still retort for canned aqueous coconut products at two initial temperatures (IT).....	27
7	Flavor threshold of some fatty acid.....	30
8	Aliphatic aldehyde flavor.....	32
9	Some fat replacer and there functional in food.....	39
10	Some sample of suitable fat replacers for some fat category.....	40
11	Essential fatty acid content (% of total fat) and the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid (PUFA/S) in original food and reduced fat food.....	42
12	Functional properties of coconut protein in food.....	46
13	Affective factors for functional properties of protein.....	47
14	Heating condition of canned coconut milk-based curry.....	55
15	Chemical composition of curry paste material.....	61
16.	Effect of curry paste content on physical properties of canned coconut milk-based curry.....	62
17	Sensory scores on concentration and spicy taste of canned coconut milk-based curry, using Quantitative Descriptive Analysis (QDA).....	63
18	Sensory scores of canned coconut milk based curry prepared from different percentage of curry paste by tasted panelists who preferred less spicy food.....	64
19	Sensory scores of canned coconut milk based curry prepared from different percentage of curry paste by tasted panelists who preferred spicy food.....	65

LIST OF TABLES (Continue)

Table **Page**

20 Physical properties of coconut milk-based curry before and after canning and thermal processing..... 66

21 Chemical composition of coconut milk-based curry after canning..... 69

22 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry (8% curry paste) substituted with carbohydrate based fat replacers..... 72

23 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry (12% curry paste) substituted with carbohydrate based fat replacers..... 73

24 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry (8% curry paste) substituted with protein based fat replacers..... 78

25 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry (12% curry paste) substituted with protein based fat replacers..... 79

26 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry (8% curry paste) substituted with mixed fat replacers (FA:SOY)..... 84

27 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry (12% curry paste) substituted with mixed fat replacers (FA:SOY)..... 85

28 Sensory evaluation of reduced fat coconut milk-based curry (8% curry paste) substituted with different type of fat replacers..... 87

29 Sensory evaluation score of reduced fat coconut milk-based curry (12% curry paste) which non significant difference when compare with control curry..... 89

30 Nutritional composition of control and reduced fat coconut milk-based curry..... 91

31 Content of fatty acids in sterilized full fat and reduced fat coconut milk-based curry..... 93

32 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry before and after canning..... 94

LIST OF TABLES (Continue)

Table **Page**

33 Difference in flow behavior index (n) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C..... 105

34 Consumers acceptance test on sterilized coconut milk-based curry..... 111

35 Sensory scores of consumer test on canned coconut milk-based curry..... 112

LIST OF FIGURES

Figure		Page
1	Particle size distribution of non-homogenized coconut milk and homogenized coconut milk dispersed in distilled water and sodium dodecyl sulfate (SDS).....	16
2	Oil in water emulsion.....	17
3	A protein molecules aligning at an oil/water interface.....	19
4	The steric effects due to protein absorption at an oil droplet interface.....	19
5	Hydrolysis reaction.....	29
6	β-oxidation path way of fatty acid which product methyl ketone and aliphatic alcohol (changing octanic acid to be heptan-2-one and heptan-2-ol).....	31
7	Auto oxidation path way.....	33
8	Rheological properties of sterilized coconut milk-based curry.....	95
9	Changes in malonaldehyde (MDA) content of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C.....	98
10	Changes in acid value of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C.....	99
11	Changes in color profile (L*, a* and b*) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C.....	101
12	Changes in viscosity of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C.....	102
13	Changes in rheological behavior of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature.....	104
14	Changes in stability of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C.....	106
15	Changes in sensory scores of coconut milk-based curry during storage at room temperature (28$\pm$2°C).....	108
16	Changes in sensory scores of coconut milk-based curry during storage at 45°C....	109

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

แกงกะทิไทยเป็นที่นิยมบริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ โดยแกงกะทิที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไปได้แก่ แกงเขียวหวาน แกงกะทิ (แกงแดง) และแกงพะแนง ซึ่งปัจจุบันมีจำหน่ายทั้งในรูปเครื่องแกงและน้ำแกงสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องส่งจำหน่ายยังต่างประเทศ (Import Food, 2004) ปัจจุบันมีการผลิตแกงกะทิในหลายรูปแบบ เช่น เครื่องแกงกะทิสด เครื่องแกงกะทิบรรจุกล่องแบบสเตอริไลซ์ ซึ่งผู้บริโภคต้องนำไปประกอบอาหารโดยการปรุงผสมกับน้ำกะทิและส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ยังเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มความสะดวกต่อผู้บริโภคอีกด้วย ได้มีการผลิตแกงกะทิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์จำหน่ายทั้งภายในและต่างประเทศ โดยผู้บริโภคเพียงแต่เติมเนื้อและผักแล้วนำไปอุ่นให้ร้อนก็สามารถบริโภคได้ทันที ในภาคใต้มีกลุ่มชุมชนที่ผลิตเครื่องแกงชนิดต่างๆ โดยเฉพาะกลุ่มเครื่องแกงสตรีบ้านทุ่ง ที่ตำบล เขาคราม อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ มียอดจำหน่ายเครื่องแกงกะทิในระดับสูง ซึ่งมีแหล่งจำหน่ายอยู่เพียงภายในจังหวัดและจังหวัดใกล้เคียงเท่านั้น เนื่องจากจำหน่ายในรูปของเครื่องแกงสดจึงทำให้มีปัญหาในเรื่องอายุการเก็บรักษา ไม่สามารถส่งจำหน่ายไปยังจังหวัดที่ต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งนานและอายุการจำหน่ายมีระยะสั้น ทำให้ไม่สามารถขยายตลาดได้ทั้งที่ผลิตภัณฑ์มีศักยภาพที่ดี การผลิตแกงกะทิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการแก้ปัญหาในการยืดอายุการเก็บรักษาและเป็นช่องทางสู่การขยายตลาดทั้งภายในและต่างประเทศได้

สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิเพื่อขยายตลาดสู่ต่างประเทศนั้นต้องคำนึงถึงความนิยมของผู้บริโภคด้วย นภาวรรณ นพรัตนราภรณ์ (2543) อ้างโดย เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2548) ได้ให้ประเด็นเพื่อเป็นแนวทางสร้างอาหารไทยให้เป็นที่รู้จัก ได้รับความนิยมและให้สามารถจำหน่ายได้ในตลาดสากลนั้นภาพลักษณ์ที่ต้องให้ความสำคัญคือรสชาติ ราคา คุณค่าต่อสุขภาพ (health foods) อีกทั้งจะต้องมีความสะดวกในการบริโภค เป็นอาหารสำเร็จรูป กึ่งสำเร็จรูป และปรุงสด ปรับตำรับรสชาติให้ถูกรสนิยมของผู้บริโภคในแต่ละภูมิภาค การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมอาหารนั้น สุวิมล คูสกุล (2547) อ้างโดย เพลินใจ ตังคณะกุล และคณะ (2548) ให้แนวทางว่าควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความหลากหลายทั้งในแง่ของประเภท รูปแบบ และปรับเปลี่ยนสินค้าไปสู่สินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นให้เป็นที่น่าสนใจและสอดคล้องกับความนิยมของผู้บริโภค จึงมีแนวคิดว่าหากมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิแล้ว ควรมีการพัฒนา

สูตรน้ำแกงกะทิทั้งแบบเข้มข้นและแบบเผ็ดน้อย เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ

แกงกะทิมักเป็นอาหารต้องห้ามสำหรับผู้ที่มีปัญหาเรื่องสุขภาพอันเกิดจากการสะสมของไขมันในเส้นเลือดและอวัยวะต่างๆ ผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้สูงอายุที่ต้องการควบคุมอาหารประเภทไขมันและคอเลสเตอรอล เนื่องจากแกงกะทิต้องมีส่วนผสมของน้ำกะทิประมาณร้อยละ 50 ในสูตรของน้ำแกง ซึ่งไขมันในน้ำกะทิส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 90 จึงอาจเป็นผลเสียต่อสุขภาพ (ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546) ในขณะที่กรดไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะกรดโอเลอิค (oleic acid) และไลโนเลอิค (linoleic acid) มีอยู่ไม่เกินร้อยละ 10 (นันทินา เที่ยงธรรม, 2544) วิสิฐ จะวะสิต และ รุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์ (2535) รายงานว่า การบริโภคกรดไขมันอิ่มตัวเป็นอันตรายต่อสุขภาพเนื่องจากเป็นสาเหตุให้เกิดการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอล (cholesterol) ในเลือดซึ่งปริมาณคอเลสเตอรอลที่มีสูงในเลือด มีผลทำให้เกิดภาวะไขมันในเลือดสูงกว่าปกติ และอาจทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว (arteriosclerosis) ซึ่งเป็นภาวะที่หลอดเลือดแดงเสื่อมขาดความยืดหยุ่นและอ่อนนุ่ม เนื่องจากเกิดการสะสมของไขมันที่ผนังด้านในของหลอดเลือดแดงขนาดกลางและขนาดใหญ่ เป็นสาเหตุสำคัญของการเป็นโรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic heart disease) ความดันโลหิตสูง (hypertension) และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Coronary heart disease) Enig (2001) รายงานว่ากรดลอริก (lauric acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ประมาณร้อยละ 50 ของไขมันในน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันชนิดห่วงโซ่ขนาดกลางมีคุณสมบัติเป็นสารที่สามารถต่อต้านไวรัส แบคทีเรีย และโปรโตซัวในร่างกายของคนและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยว่าการที่ไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวให้ค่าคอเลสเตอรอลในเลือดสูงนั้นไม่ได้เร่งให้เกิดการสะสมคอเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อเมื่อเทียบกับไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (polyunsaturated fat) และมีรายงานว่าองค์ประกอบของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ (cholesterol ester) ส่วนใหญ่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 74 และจากกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 24 โดยไม่พบว่ามีกรดลอริค (lauric acid) และกรดไมริสติก (myristic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวของน้ำกะทิในองค์ประกอบดังกล่าว (Felton *et al*., 1994)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าการบริโภคแกงกะทิอาจจะได้คุณประโยชน์ทั้งจากสมุนไพรและเครื่องเทศในเครื่องแกง และจากส่วนของไขมันในน้ำกะทิ ซึ่งไขมันในน้ำกะทิยังให้ผลในเรื่องรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ด้วย แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีผู้บริโภคที่มีความแคลงใจในโทษของไขมันในน้ำกะทิและผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนักหรือควบคุมอาหารประเภทไขมันเพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยเฉพาะถ้าต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่ายยังต่างประเทศพบว่า กลุ่มผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมอาหารจะมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันและ

พลังงานต่ำ (Rideout *et al.*, 2004) ดังนั้นการพัฒนาแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋องโดยใช้สารทดแทนไขมันทดแทนน้ำกะทิบางส่วนโดยให้รสชาติและลักษณะของผลิตภัณฑ์ยังเป็นที่ยอมรับจึงเป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพของผู้บริโภคและยังเป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาทางการตลาดสำหรับชุมชนที่มีความเข้มแข็งในการผลิตเครื่องแกงได้อีกด้วย

การตรวจเอกสาร

1. แกงกะทิไทย

แกงกะทิเป็นอาหารคาวที่ประกอบด้วยเครื่องแกงที่เผ็ดร้อน โดยมีส่วนประกอบ เช่น พริกแห้ง ข่า ตะไคร้ ผิวมะกรูด กระเทียม หอมแดง พริกไทย เกลือ กะปิ เป็นต้น ส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้อีกอย่างคือน้ำกะทิ คนทั่วไปมักรู้จักแกงกะทิดีเนื่องจากเป็นอาหารที่ใช้รับประทานกับข้าวซึ่งคนไทยรับประทานเป็นอาหารหลัก แกงกะทิมีหลายชนิด เช่น แกงเขียวหวาน แกงคั่ว แกงหน่อไม้ และแกงพะแนงเป็นต้น ส่วนประกอบของเครื่องแกงจะมีความแตกต่างกันไป แต่จะยังคงมีส่วนประกอบสำคัญในแกงกะทิ คือ เครื่องแกง น้ำกะทิ เนื้อสัตว์ และอาจมีผัก หรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของแกงกะทินั้นๆ

Import Food (2004) รายงานว่าแกงกะทิไทยเป็นที่นิยมบริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ โดยแกงกะทิที่เป็นที่นิยมโดยทั่วไปได้แก่แกงเขียวหวาน แกงมัสมั่น แกงพะแนง และแกงเผ็ด (แกงแดง) ซึ่งปัจจุบันนี้มีจำหน่ายทั้งในรูปเครื่องแกงและน้ำแกงสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2539) ได้ศึกษาเรื่องแกงเผ็ดยอดนิยมของคนกรุงเทพฯ พบว่าประชากรในพื้นที่กรุงเทพฯนิยมบริโภคแกงเผ็ดใส่กะทิมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 76.31 โดย 5 อันดับแรก คือ แกงเขียวหวาน แกงพะแนง แกงไก่ แกงมัสมั่น และแกงหน่อไม้

1.1 เครื่องแกง

เครื่องแกงตามความหมายของพจนานุกรม ฉบับบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 หมายถึง สิ่งที่ใช้ในการปรุงแกง ประกอบด้วย พริก กะปิ หอม กระเทียม เป็นต้น เมื่อนำเครื่องแกงมาโขลกละเอียดโดยมีส่วนผสมของพริกด้วยเราจึงเรียกว่า น้ำพริกแกง (มินตรา นภัสสรา, 2539) เครื่องแกงถือเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการปรุงอาหารไทยมาช้านาน ซึ่งใช้ประกอบอาหารที่แตกต่างกันมากมายหลายประเภทด้วยกัน โดยความแตกต่างของแกงแต่ละประเภทนี้ต้องอาศัยเครื่องแกงเพื่อช่วยให้มีรสชาติตามต้องการ และความจำเพาะของเครื่องแกงเองก็มีส่วนกำหนดว่าอาหารที่ได้จะเป็นอะไร เช่น แกงเขียวหวาน แกงพะแนง แกงหน่อไม้ ต่างก็มีเอกลักษณ์ที่แตกต่างในเรื่องของสี กลิ่น รสชาติ เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นอาหารประเภท ผัด และอื่นๆ เครื่องแกงที่ใช้เป็นประจำในการประกอบอาหารไทยนั้นมีหลายอย่าง โดยแตกต่างกันในด้านของวัตถุดิบที่นำมาผสมทำเป็นเครื่องแกงและวัตถุประสงค์ในการนำเครื่องแกงนั้นไปประกอบอาหาร

เครื่องเทศในเครื่องแกงแต่ละชนิดส่วนใหญ่มักประกอบด้วยส่วนประกอบหลักคือ กระเทียม ข่า ตะไคร้ พริก พริกไทย หอม โดยเครื่องแกงแต่ละประเภทอาจมีอัตราส่วนของ

องค์ประกอบดังกล่าวแตกต่างกันไป และอาจมีองค์ประกอบอย่างอื่นเพิ่มจากองค์ประกอบเหล่านี้ หรืออาจมีการเติมกะปิ ซึ่งส่วนประกอบทั้งหลายที่กล่าวมาล้วนมีคุณประโยชน์มากมาย

1.1.1 กระเทียม (Garlic)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Allium sativum* L.

ตระกูล ALLIACEAE

ลักษณะ เป็นพืชล้มลุก ใบหนาแบนเรียบยาว กลีบเป็นที่สะสมอาหารและน้ำมันหอมระเหย กลีบเรียงซ้อนกันเป็นหัว ในกลีบมีน้ำเหนียวเป็นยาง กระเทียมมีหลายพันธุ์โดยจะมีความแตกต่างกันของขนาด สี และกลิ่น (อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล, 2545)

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ กระเทียมมีน้ำมันประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 0.10-0.36 จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารในน้ำมันกระเทียมที่ได้จากการนำกระเทียมสดมากลั่นด้วยไอน้ำ พบว่ามีสารประกอบหลักคือ อัลลิซิน (allicin) อัลลิลโพรพิลไดซัลไฟด์ (allypropyl disulfide) และไดอัลลิน ไตรซัลไฟด์ (diallyl trisulfide) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบของกำมะถันและสารอื่นอีกหลายชนิด เช่น dimethylsulfide, dipropyl-disulfide, allinase, scordinine ฯลฯ อัลลิอิน (alliin) และอัลลิซิน (allicin) มีลักษณะเป็นน้ำมันที่ไม่มีสี ละลายน้ำ เป็นสารที่ไม่คงตัวในด่าง จะสลายด้วยความร้อน ความชื้น คงตัวในเลือดและน้ำย่อยในกระเพาะ แต่ไม่คงตัวในน้ำย่อยจากตับอ่อน เนื่องจากอัลลิอินเป็นสารที่คงตัว ไม่มีสี มีกลิ่นเล็กน้อย ละลายได้ในน้ำ และเมื่อกระเทียมถูกหั่น สับ บดขยี้หรือทุบให้ช้ำ เนื้อเยื่อจะแตกออก ส่งผลให้ปล่อยเอนไซม์อัลลิเนส (allinase) ออกมาย่อยสารอัลลิอินไปเป็นสารอัลลิซิน (allicin) สารอัลลิซินสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากอัลลิซินเป็นสารที่ไม่คงตัว สลายได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ส่งผลให้หลังการให้ความร้อนแล้วประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีค่าลดลง (วัฒนา วิริวุฒิกร, 2540)

Sallam และคณะ (2004) พบว่ากระเทียมสามารถต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งหมด (aerobic plate count) ในไส้กรอกไก่ พบว่ากระเทียมสดและกระเทียมผงสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไส้กรอกไก่ได้ 21 วัน โดยปริมาณของกระเทียมสด 50 กรัม/กิโลกรัมไส้กรอก สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ไม่เป็นที่ยอมรับคือ 30 กรัม/กิโลกรัม ไส้กรอก และ 9 กรัม/กิโลกรัมไส้กรอก ตามลำดับ

ส่วนที่ใช้ หัวอ่อนและแก่

ประโยชน์ทางด้านอาหาร ใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสในอาหารผัด ต้ม แกง ยำ น้ำพริก เครื่องจิ้มต่างๆ ทำเป็นกระเทียมเจียวโรยหน้าแต่งกลิ่นอาหาร เช่น ก๋วยเตี๋ยว แกงจืดต่างๆ

กระเทียมตำกับเกลือ พริกไทย สำหรับหมักเนื้อสัตว์ต่างๆ กระเทียมสดทำเป็นกระเทียมดองรับประทานกับข้าวต้ม ใช้เป็นเครื่องปรุงในอาหาร เช่น ขนมจีน ซาวน้ำ ลาบปลาดุก ยำใหญ่ ถั่วงอกดอง (อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล, 2545)

1.1.2 ข่า (Gerater galangal)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alpinia siamensis K.* Schum*, A. galangal Swart, Languas galangal* (Linn.) *Stuntz.*

วงศ์ ZINGBERACEAE

ลักษณะ ข่าเป็นพืชล้มลุก อายุหลายปี ลำต้นลงหัวอยู่ใต้ดิน เรียกว่า “เหง้า” ลักษณะภายนอกของเหง้ามีข้อและปล้องเห็นได้ชัดเจน มักแตกแขนงเป็นง่าม มีสีน้ำตาลอมแสดกลิ่นฉุน ส่วนที่อยู่เหนือดินคือก้านและใบ สูงประมาณ 1-2 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว รูปไข่ยาวหรือรีขอบขนานคล้ายใบพาย ปลายใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ออกแบบสลับ มีกาบใบหุ้มซ้อนกันดูคล้ายลำต้น ดอกออกเป็นช่อที่ยอด ก้านช่อดอกมีขน ดอกย่อยขนาดเล็กสีชมพูขาวอมม่วงแดง ผลกลมหรือค่อนข้างรี เปลือกสีแดงอมส้ม แข็ง ผลแก่จัดมีสีดำขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร ภายในมีเมล็ด 2-3 เมล็ด

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ เหง้าข่าประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.04 ในน้ำมันประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น methyl cinnamate ร้อยละ 48, ɩineol ร้อยละ 20-30, eugenol, camphor, pinenes เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่ามีฤทธิ์ขับลม มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และฆ่าเชื้อรา โดยสาร 1-acetoxychavicol acetate เป็นสารออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา (fungicidal) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ศึกษาสมุนไพรข่าลิง (*Alpinia conchigera* Griff) พบว่ามีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราได้ นอกจากนี้ยังพบว่าครีมจากน้ำมันและข่าร้อยละ 3 ให้ผลในการรักษาเชื้อราได้ร้อยละ 63.63 (สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน, 2541) ข่ามีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราอันเป็นสาเหตุของโรคกลากเกลื้อนและเชื้อราที่เป็นสาเหตุของตกขาวลิ้นเป็นฝ้าได้ เมื่อนำเหง้าข่ามาสกัดด้วยแอลกอฮอล์และคลอโรฟอร์ม และนอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียซึ่งเป็นสาเหตุของหนอง เมื่อนำเหง้าข่ามาสกัดด้วยอีเทอร์ (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542)

ส่วนที่ใช้ แง่งอ่อนและแก่

ประโยชน์ทางด้านอาหาร แง่งข่าทั้งอ่อนและแก่ใช้ปรุงอาหารคาว ข่าอ่อนและดอกข่านำมาใช้เป็นผักจิ้มน้ำพริก ไก่ต้มข่า ข่าแก่ซึ่งมีรสชาติเผ็ดร้อนและปร่า ใช้เป็นเครื่องเทศปรุงรสและแต่งกลิ่น ใช้เป็นเครื่องปรุงในเครื่องแกงต่างๆ น้ำจิ้มต่างๆ (อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกูล, 2545)

1.1.3 ตะไคร้ (Lemon grass, Lapine)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cymbopogon citratus* Stapt.

วงศ์ GRAMINEAE

ลักษณะ ตะไคร้เป็นพืชล้มลุกจำพวกหญ้าขึ้นรวมกันเป็นกอ อายุหลายปี สูงประมาณ 1 เมตร ลำต้นตั้งตรงมีข้อและปล้องสั้นค่อนข้างแข็ง ลำต้นส่วนที่อ่อนมีใบเรียงซ้อนสลับกันแน่นมาก กาบใบเป็นแผ่นยาวโอบซ้อนกันจนดูแข็ง ใบเป็นใบเดี่ยว รูปเรียวยาว ปลายใบเรียวแหลม ผิวใบสากมือทั้งสองด้าน ขอบใบมีขนขึ้นอยู่เล็กน้อย ก้านใบสีขาวนวลหรือม่วงอ่อนแผ่เป็นกาบ เมื่อขยี้ดมจะมีกลิ่นหอม ดอกออกเป็นช่อกระจาย ช่อดอกย่อยมีก้านออกเป็นคู่ๆ ในแต่ละคู่มีใบประดับรองรับแต่ดอกออกยาก

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ใบและลำต้นมีสารพวก alkaloids, tannin และ cardiac glycosides ซึ่งมีรายงานว่าสารเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการต้านจุลินทรีย์ (Adegoke and Odesola, 1996) น้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อรา ซึ่งทำให้เกิดโรคพืชหลายชนิดในหลอดทดลอง และสารเคมีในน้ำมันหอมระเหย คือ citral, citronellol และ geranoil มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542) Adegoke และ Odesola (1996) รายงานว่าผงตะไคร้และน้ำมันหอมระเหยสามารถใช้เป็นสารกันเสียธรรมชาติ โดยปริมาณน้อยที่สุดของผงตะไคร้ที่มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์คือ 0.1 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำมันหอมระเหยในตะไคร้สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราเช่น *Aspergillus flavus, A. fumigatus, Microphomina phaseoli* และ *Penicillium chrysogenum* และแบคทีเรีย เช่น *E. coli, Pseudomonas aeruginosa, Ps. Fluorescence, Baccillus subtilis* และ *Staphylococcus aureuse*

ส่วนที่ใช้ ต้นและก้านใบ

ประโยชน์ทางด้านอาหาร ใช้เป็นเครื่องปรุงในเครื่องแกงต่างๆ เช่น แกงเผ็ด แกงคั่ว ต้มยำ ยำและพล่าต่างๆ (อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกูล, 2545)

1.1.4 พริก (Chili)

ชื่อวิทยาศาสตร์ พริกขี้หนู: *Capsicum frutescens* L. (C. *minimum* Roxb)

พริกหยวก: *Capsicum annuum* L.

พริกชี้ฟ้า: *Capsicum annuum var acuminatum* Fingerth.

วงศ์ SOLANACEAE

ลักษณะ พริกเป็นพืชล้มลุก ต้นสูงประมาณ 2 ฟุต ใบมีสีเขียวเข้มเป็นมัน ปลายใบแหลม ผลมีลักษณะเรียวแหลม มีขนาดต่างๆกันตามชนิดของพริก ผลพริกหยวกมีขนาดใหญ่กว่า

พริกชนิดอื่นๆ มีสีเขียวอ่อน ส่วนพริกชี้ฟ้าและพริกขี้หนูมีขนาดเล็กลงมาตามลำดับ มีสีเขียวเข้มเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีแดง

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ผลมีสาร capsaicin, dihydrocapsaicin, nordihydro capsaicin, homocapsaicin, homodihydrocapsaicin ซึ่งเป็นสารที่มีรสเผ็ดร้อน อยู่ในบริเวณไส้ของผล และยังมีสารที่มีสีประเภท carotenoids ประกอบด้วย capsanthin, capsarubin, carotene, luteolin, lipid, protein, vitamin A, vitamin C และน้ำมันหอมระเหย (volatile oil) ในปริมาณน้อย capsaicin มีคุณสมบัติในการเพิ่มการหลั่งน้ำลายและกรดในกระเพาะอาหาร ป้องกันการเกิดแผลในกระเพาะอาหาร โดยเพิ่มการหลั่งสารเมือกมาเคลือบในกระเพาะอาหาร น้ำคั้นจากพริกสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในหลอดทดลอง และในปัจจุบันใช้ capsaicin มาประกอบเป็นยาธาตุ ยาเจริญอาหาร ยาขับลม ยาแก้ปวดท้อง (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542) เบต้า-แคโรทีน และสารประกอบฟีนอลิก มีคุณสมบัติในการต้านออกซิเดชัน

ส่วนที่ใช้ เมล็ด ยอด และใบ

ประโยชน์ทางด้านอาหาร พริกเป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสที่จะขาดเสียมิได้ในอาหารไทย พริกที่นิยมนำมาใช้ในอาหารไทยคือพริกขี้หนู พริกชี้ฟ้า พริกเหลือง พริกหยวก พริกเป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส และเพิ่มความเผ็ดร้อนในอาหาร สามารถใช้ในรูปพริกสด พริกแห้ง พริกป่น ดองกับน้ำส้มสายชู เป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องแกง น้ำพริกต่าง อาหารจานยำ พล่า ต้มยำ ต้มข่า ผัดเผ็ดเป็นต้น ใบและยอดอ่อนพริกชี้ฟ้าใช้รับประทานเป็นผักได้ เช่น ใส่ในแกงเหลือง

1.1.5 พริกไทย (Pepper)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Piper nigrum* Linn.

วงศ์ PIPERACEAE

ลักษณะ พริกไทยเป็นไม้เถาเลื้อย มีรากฝอยออกตามข้อต่อของเถาเป็นเครื่องมือยึดหรืออาจจะเลื้อยไปบนพืชชนิดอื่น เช่น ทองหลาง ขนุน ลำต้นมีข้อและปล้องชัดเจน ใบเป็นใบเดี่ยว ติดกับลำต้นแบบสลับ ใบเป็นรูปไข่ ปลายใบแหลม โคนใบมนหรือแหลมเล็กน้อย เนื้อใบเหนียวและหนา กว้างประมาณ 3.5-6 เซนติเมตร ดอกออกเป็นช่อตามข้อในทิศตรงข้ามกับใบ ผลกลมขนาด 3-6 เซนติเมตร อยู่รวมกันบนช่อยาว 5-15 เซนติเมตร เมื่อแก่มีสีดำภายในมีเมล็ด 1 เมล็ด แต่เดิมพริกไทยเป็นพืชที่มีทั้งต้นตัวเมียและตัวผู้ แต่เมื่อมีการผสมพันธุ์จึงได้พันธุ์ใหม่ที่มีดอกสมบูรณ์ คือเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ พริกไทยมีน้ำมันหอมระเหย ร้อยละ 2-4 มีสารแอลคอลลอยด์เป็นสำคัญ เช่น piperine ซึ่งเป็นตัวทำให้มีความเผ็ด piperidine, piperittine, peperyline, piperolein, A, B เป็นต้น โดยพริกไทยอ่อนจะมีน้ำมันหอมระเหยต่ำกว่าพริกไทยดำ

(สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน, 2541) สาร piperine ในน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ฆ่าแมลงวันเพศเมียที่โตเต็มที่ และในจีนพบว่าสารดังกล่าวแก้โรคลมบ้าหมู ระงับอาการชัก (สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2542) พริกไทยดำมีคุณสมบัติขับเหงื่อ ขับลม ขับปัสสาวะ กระตุ้นต่อมรับรสที่ลิ้น Dorantes และคณะ (1999) พบว่าสารสกัดจากพืชจำพวกพริก 3 ชนิดได้แก่ habanero, serrano pepper และ pimiento moron สามารถยับยั้งการเจริญของ *L.monocytogenes, B. cereus, S. aureus* และ *S. typhimirium*

ส่วนที่ใช้ เมล็ดอ่อนและแก่

ประโยชน์ทางด้านอาหาร เป็นเครื่องปรุงในเครื่องแกง แกงเลียง เนื้อสัตว์ตุ๋น ใช้ตำผสมกับกระเทียมหมักเนื้อสัตว์สำหรับทอดหรือย่าง พริกไทยป่นใช้เติมในอาหารคาวต่างๆ เช่น แกงจืด ข้าวต้มเครื่องผัดต่างๆ พริกไทยอ่อนใส่ในแกงเผ็ด ผัดเผ็ด

1.1.6 หอม (Shallot)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Allium ascalonicum* Linn.

วงศ์ ALLIALEAE

ลักษณะ หอมเป็นพืชล้มลุก สูงประมาณ 30 เซนติเมตร มีหัวใต้ดินเป็นรูปกลมหรือรูปไข่ยาว ขนาด 1-4 เซนติเมตร อวบน้ำ เมื่อแก่มีเยื่อสีแดงอมม่วงบางๆห่อหุ้ม หัวหนึ่งมี 1-2 กลีบ ลำต้นใต้ดินมีส่วนของกาบใบโอบหุ้มซ้อนกัน มีใบเป็นท่อกลมๆ ปลายแหลม สีเขียวเข้ม ยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ดอกออกเป็นช่อกลมที่ปลายก้าน ช่อมีดอกย่อยเป็นจำนวนมาก กลีบดอกมีสีขาวหรือขาวแกมม่วง มี 6 กลีบ มีเส้นสีเขียวพาดกลางกลีบ ผลแห้ง มี 3 พู เมล็ดสีดำ ดอกออกในฤดูหนาว

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ หัวมีน้ำหอมระเหยซึ่งประกอบด้วยสารประกอบกำมะถันพวกอัลลิลโปรปิลไดซัลไฟด์ (allyl propyldisulfide) กลิ่นฉุนรสจัดและระคายเคือง เยื่อในตา ทำให้แสบตา น้ำตาไหล

ส่วนที่ใช้ หัว ใบและช่อดอกอ่อน

ประโยชน์ทางด้านอาหาร หอมเล็กใช้เป็นเครื่องปรุงในเครื่องแกงต่างๆ น้ำพริกเครื่องจิ้มต่างๆ ใส่ในลาบ ยำ พล่า แหนมสด ใช้เป็นเครื่องแกล้มในข้าวซอย หอมเจียวใช้โรยหน้าขนมหม้อแกง ใส่ในไส้ขนมเทียน ขนมถั่วแปบ ต้นหอม ใช้รับประทานเป็นผักกับอาหารประเภทลาบ ยำ หอมฝรั่งมีรสหวานกว่าหอมเล็ก ใช้รับประทานเป็นผัก ใส่ในผัด แกงจืด ยำต่างๆ

1.1.7 กะปิ (Shrimp paste)

กะปิ เป็นผลผลิตที่ได้จากการนำกุ้งเคยมาผสมกับเกลือ โดยทั่วไปใช้อัตราส่วนกุ้งเคย 12 กิโลกรัม ต่อเกลือ 1 กิโลกรัม หรือขึ้นอยู่กับสูตรในแต่ละท้องถิ่น (จีร์ ศรชัย, 2548) ใน

กระบวนการหมักกุ้งเคยนั้นอาศัยการสลายกุ้งเคยด้วยเอนไซม์จากตัวเคย และ/หรือ จากจุลินทรีย์ ส่วนผสมของการหมักประกอบด้วย กุ้งเคยหรือเคย (krill) เกลือ และ/หรือ คาร์โบไฮเดรต ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เป็นที่รู้จัก และนิยมบริโภคในหมู่ประชาชนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ลักษณะของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันรวบรวมได้ประมาณ 60 ชนิด เช่น น้ำปลา กะปิ ปลาร้า (Amano, 1962) เฉพาะในประเทศไทยผลิตภัณฑ์อาหารปลาหมัก 16 ชนิด (sundhagul)

กุ้งเคยหรือเคย (krill) เป็นแพลงก์ตอน Phylum Arthropoda, Subphylum Crustacea, Class Malacostraca, Order Euphausiacea และ Family Euphausiidae อาศัยในทะเลเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังมีลักษณะคล้ายกุ้ง มีการกระจายทั่วไปในทะเลและมหาสมุทร กุ้งเคยเป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางอาหารสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายอยู่ครบถ้วน การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารด้วยวิธี Proximate analysis พบว่ามีโปรตีนมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก ข้อมูลการวิเคราะห์ของ Argent Laboratory (2548) ที่ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเคย *E. pacific* และ *E. superba* ในลักษณะ Free-dried krill พบว่ามีโปรตีนร้อยละ 70 ไขมันร้อยละ 10.7 เถ้าร้อยละ 12.6 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.5 ความชื้นร้อยละ 1.3 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (HUPFA: highly unsaturated fatty acids) ประมาณร้อยละ 40 ของกรดไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันชนิดโอเมกา-3 EPA ร้อยละ 18.4 DHA ร้อยละ 11.1 มีสารสีแอสตาแซนติน (astaxanthin) ซึ่งเป็นสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างสารสีในปลาสวยงาม โดยมีสารสีอยู่ในปริมาณ 80-120 ppm. (ppm = mg/l) (Argent laboratory, 2548) การวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกุ้งเคยโดย Sadler (2005) กองส่งเสริมการประมง (2550) ได้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกะปีพบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 26 เกลือร้อยละ 25 ไขมันร้อยละ 1 ความชื้นร้อยละ 36 และเถ้าร้อยละ 30

1.1.8 เกลือ

เกลือเป็นตัวช่วยเพิ่มรสชาติและมีส่วนช่วยยืดอายุการเก็บเครื่องแกงสด เกลือมีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมคลอไรด์ มีรสเค็มใช้ปรุงแต่งรสอาหาร เกลือที่นำมาใช้บริโภคนั้นสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรมได้ให้คำจำกัดความว่าเป็นผลึกของสารประกอบโซเดียมที่สะอาด และไม่มีสิ่งแปลกปลอมที่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค

ในเกลือนั้นนอกจากจะพบโซเดียมคลอไรด์แล้ว ยังมีโปแตสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียมในปริมาณน้อย หลังจากกินเกลือเข้าไปแล้ว โซเดียมจะถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกาย โซเดียมจะทำให้เกิด osmotic pressure ซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำในและนอกเซลล์ ทำให้ระดับน้ำในร่างกายปกติ (วิทิต วัณนาวิบูล, 2528)

1.2 กะทิ

กะทิ (coconut milk) เป็นของเหลวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าว (solid coconut endosperm) เป็นส่วนที่ไม่มีเส้นใยแต่อาจมีน้ำมะพร้าวรวมอยู่ด้วย ลักษณะทั่วไปมีสีขาวทึบแสง อยู่ในรูปอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) ที่เกาะยึดระหว่างโปรตีน น้ำมัน และน้ำ หยดน้ำมันในกะทิถูกล้อมรอบด้วยฟอสโฟไลปิดของเยื่อหุ้มเซลล์ (phospholipids membrane) ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ให้ระบบอิมัลชันในกะทิคงตัว (Cancel, 1979 อ้างโดย ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546; Salunkhe *et al.*, 1992) นอกจากนี้ยังมีเมมเบรนที่เกิดจากฟอสฟอลิปิด (phospholipids) คือเซพาลิน (cephalic) และเลซิทิน (lecithin) ล้อมรอบเม็ดไขมัน (oil globule) ไว้อีกด้วย (Salunkhe *et al*., 1992)

1.2.1 องค์ประกอบทางเคมีในกะทิ

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิที่เคยมีรายงานไว้นั้นจะอยู่ในช่วงกว้างโดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆเช่น สายพันธุ์ สภาพภูมิศาสตร์ในการเพาะปลูก สภาวะการดูแลรักษา ความอ่อนแก่ของมะพร้าว วิธีการที่ใช้ในการสกัดน้ำกะทิและระดับความเจือจางเนื่องจากการเติมน้ำหรือน้ำมะพร้าว (Cancel, 1979 อ้างโดย ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546) ได้มีงานวิจัยที่วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิที่ไม่มีการเติมน้ำไว้หลายครั้งเช่นที่แสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Proximate composition of undiluted whole coconut milk (% by weight)

Proximate	Popper *et al.* (1966)	Jeganathan (1970)	Anon (1984)	Seow and Gwee (1997)
Moisture	54.1	50.0	53.9	50.0
Fat	32.2	40.0	34.7	39.8
Carbohydrate	8.3	5.5	6.6	6.2
Protein (N x 6.25)	4.4	3.0	3.6[a]	2.8
Ash	1.0	1.5	1.2	1.2

Remark: [a] Refer to 5.3 was used as the nitrogen conversion factor

Source: Modified from Poper *et al.* (1966); Jeganathan (1970); Anon (1984); Seow and Gwee (1997)

สำหรับในน้ำกะทินั้นคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่พบคือน้ำตาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำตาลซูโครส (sucrose) และมีสตาร์ชอยู่บ้าง ส่วนเกลือแร่ที่พบคือฟอสฟอรัส (phosphorus)

แคลเซียม (calcium) และโพแทสเซียม (potassium) (Soew and Gwee, 1997) สำหรับน้ำกะทิที่สกัดได้ใหม่นั้นจะพบว่ามีวิตามินบีและกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ประกอบอยู่ด้วยเล็กน้อย

องค์ประกอบส่วนที่เป็นโปรตีนในน้ำกะทินั้นส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 80 เป็นโปรตีนชนิดอัลบูมิน (albumin) และโกลบูลิน (globulin) ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ (Samson *et al*., 1971; Balachandran and Arumughan, 1992 อ้างโดย ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546) Hagenmaier และคณะ (1972) กล่าวว่าโปรตีนที่ประกอบอยู่ในน้ำกะทินั้นมีเพียงประมาณร้อยละ 30 เท่านั้นที่ละลายอยู่ในน้ำ (aqueous phase) ที่เหลือเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นตัวอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) โดยดูดซับอยู่บริเวณพื้นผิวระหว่างน้ำมันและน้ำ เป็นการช่วยลดแรงตึงผิว (interfacial tension) ทำให้อนุภาคขนาดเล็กกระจายตัวอยู่เป็นเฟสกระจาย (disperse phase) ได้ นอกจากนี้แล้วน้ำกะทิยังมีสารพวกฟอสฟอลิปิด (phospholipid) ซึ่งทำให้อิมัลชันมีความคงตัวเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากฟอสฟอลิปิดนี้สามารถละลายได้ทั้งในไขมันและน้ำ เมื่อฟอสฟอลิปิดรวมตัวกับเกลือโซเดียมคลอไรด์จะได้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (saltphospholipid emulsifier complex system) ช่วยให้อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำเกิดความคงตัวได้ (Woodroof, 1970) แต่อย่างไรก็ตามอิมัลชันของน้ำกะทิจะคงตัวอยู่ได้ไม่นาน เนื่องจากน้ำกะทิมีสัดส่วนของโปรตีนต่อไขมันประมาณ 1 ต่อ 10 (Hagenmaier *et al*., 1977) แสดงให้เห็นว่าโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบอยู่นั้นมีปริมาณที่น้อยมากเมื่อเทียบกับไขมันจึงไม่เพียงพอที่จะทำให้ไขมันกระจายตัวอย่างอิสระในน้ำได้ เม็ดไขมันซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำจะลอยตัวสูงขึ้นและเกิดการรวมตัวกัน (coalescence) เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างเม็ดไขมัน (Friberg *et al*., 1990) ทำให้น้ำกะทิเกิดการแยกชั้นขึ้น โดยชั้นบนเป็นหัวกะทิ (coconut cream) และชั้นล่างเป็นหางกะทิ (coconut skim milk)

ส่วนประกอบหลักของน้ำกะทิคือน้ำมันมะพร้าว Gopalakrishnan และคณะ (1987) ได้ศึกษาน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการบีบอัดมะพร้าวแห้ง พบว่าน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วย triacylglycerol ร้อยละ 84-93.1 1,2-diacylglycerol ร้อยละ 1.5-5.1 1,3-diacylglycerol ร้อยละ 1.2-2.1, monoglyceride ร้อยละ 1-7, กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ร้อยละ 1-1.26, phospholipid ร้อยละ 0.03-0.4, glycolipid ร้อยละ 0.2-0.35 และ sterol ร้อยละ 0.1 โดยที่ triacylglycerol ประกอบด้วย trisaturated ร้อยละ 84, disaturated-monounsaturated ร้อยละ 14 และ monosaturated-diunsaturated ร้อยละ 4 (Young, 1983) องค์ประกอบของ glycolipid ส่วนใหญ่เป็น monogalactosyl diglyceride ร้อยละ 40 และองค์ประกอบของ phospholipid เป็น phosphatidylcholine ร้อยละ 34.6, phosphatidyl ethanolamine ร้อยละ 24.6 และ phosphatidyl inositol ร้อยละ 19 (Krishnamurthy and Chandrasekhara, 1983) ซึ่งทั้ง glycolipid และ phospholipid จะพบมากในกรดไขมันไม่อิ่มตัว ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันมะพร้าวแสดงได้ดัง Table 2

Table 2 Fatty acid content in coconut oil

Fatty acid	Range (%)
Caproic acid, C6	0.4-0.6
Caprylic acid, C8	6.9-9.4
Capric acid, C10	6.2-7.8
Lauric acid, C12	45.9-50.3
Myristic acid, C14	16.8-19.2
Palmitic acid, C16	7.7-9.7
Stearic acid, C18	2.3-3.2
Oleic acid, C18:1	5.4-7.4
Linoleic acid, C18:2	1.3-2.1
Arachidic acid, C20	Trace-0.2
Gadoleic acid, C20:1	Trace-0.2

Source: Modified from Canapi *et al*. (1996)

ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) รายงานว่าน้ำมันมะพร้าวมีไตรกลีเซอร์ไรด์ห่วงโซ่ขนาดกลาง (medium chain triglyceride, MCT) อยู่ในปริมาณสูงโดยที่ MCT เป็นไตรกลีเซอไรด์ที่ห่วงโซ่ของกรดไขมันมีจำนวนคาร์บอน 8-14 อะตอม (Pehowich *et al*., 2000) ซึ่ง MCT สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าไตรกลีเซอร์ไรด์ห่วงโซ่ขนาดยาว (long chain triglyceride, LCT) คงทนต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน การย่อยสลาย MCT ในลำไส้เล็กเกิดขึ้นได้เร็วและสมบูรณ์มากกว่า LCT โดยต้องการเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อนเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องการเลยและไม่ต้องพึ่งกรดน้ำดีในการดูดซึม และกรดไขมันที่ย่อยสลายจาก MCT สามารถขนส่งเข้ากระแสเลือดโดยตรงทางระบบหลอดเลือดในตับและสามารถเผาไหม้เป็นพลังงานและสารคีโตนที่ตับด้วย ซึ่งผลต่อการเมตาบอลิซึมของไขมันทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดต่ำกว่าไขมันชนิดอื่นๆ Enig (2001) รายงานว่ากรดลอริก (lauric acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ประมาณร้อยละ 50 ของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันชนิดห่วงโซ่ขนาดกลางมีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านเชื้อไวรัส แบคทีเรียและโปรโตซัวในร่างกายของคนและสัตว์ นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยว่าการที่ไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวให้ค่าคอเลสเตอรอลในเลือดสูง เนื่องจากไม่ได้เร่งให้เกิดการสะสมคอเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อเมื่อเทียบกับไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว และองค์ประกอบของคอเลสเตอรอลเอสเทอร์ส่วนใหญ่มาจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 74 และจากกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 24 โดย

พบว่ามีกรดลอริก (lauric acid) และกรดไมริสติก (myristic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวของน้ำกะทิในองค์ประกอบดังกล่าว (Felton *et al*., 1994)

1.2.2 ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของน้ำกะทิ

กะทิเป็นระบบอิมัลชันที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนที่เป็นไขมันในน้ำที่สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนได้อย่างชัดเจน คือส่วนเนื้อครีมที่เบากว่าและส่วนที่เป็นน้ำซึ่งหนักกว่า (มีไขมันประกอบอยู่น้อย) โดยทั่วไปมีคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ ดังได้แสดงไว้ใน Table 3

Table 3 Physical characteristic and physico-chemical properties of coconut milk

Physical and physico-chemical properties of coconut milk	Range
Viscosity (centipoises)	1.61-2.02
Specific gravity	1.0029-1.0080
Surface tension, dynes/cm^2	97.76-125.43
Refractive index	1.3412-1.3446
pH	5.96-6.30
Flow behavior index (n)	0.713-0.930
Thermal conductivity, W/m °C	0.425-0.590
Specific heat, kJ/kg °C	3.277-3.711
Density, kg/m^3	969.00-983.05
Thermal diffusivity, m^2/s	1.325-1.634 x 10^{-7}
Oil droplet size, μm	13.1

Source: Haegenmaier *et al.* (1972); Peamprasart and Chiewchan (2006); Tansakul and Chaisawang (2006); Tangsuphoom and Coupland (2005)

ข้อมูลใน Table 3 แสดงให้เห็นถึงค่าช่วงกว้างๆของลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของกะทิที่ได้รายงานไว้โดยนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งพบว่ามีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของกะทิ Hagenmaier และคณะ (1972) ได้รายงานไว้ว่ากะทิประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 66 น้ำมันร้อยละ 28 และของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันร้อยละ 28 (ดังแสดงใน Table 1) มีความหนืด 4.2, 3.0, 2.1 และ 1.8 เซนติพอยท์ (cP) จากการวัดที่อุณหภูมิตัวอย่างกะทิเป็น 29, 40, 56 และ 64°C ตามลำดับ Simuang และคณะ (2004) รายงานว่าปริมานไขมัน (ร้อยละ 15-30) และอุณหภูมิ (70-90°C) มีผลต่อความหนืดที่ปรากฏของกะทิ ข้อสรุปดังกล่าวได้รับการยืนยันจาก

Peamprasart และ Chiewchan (2006) ซึ่งได้ระบุว่าตัวอย่างน้ำกะทิ (มีปริมานไขมันร้อยละ 15-30) แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic โดยมีดัชนีพฤติกรรมการไหล (Flow behavior index หรือ *n*) มีค่าระหว่าง 0.713 ถึง 0.930 โดยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไขมันและการให้ความร้อนในขณะเตรียม นอกจากนี้แล้ว Peamprasart และ Chiewchan (2006) ยังได้รายงานอีกว่าตัวอย่างที่มีการให้ความร้อนในขั้นตอนการเตรียมจะมีผลต่อความหนืดที่เกิดขึ้นหรือค่าความคงตัว (consistency index หรือ K) ของน้ำกะทิที่มีปริมานไขมันเท่ากัน น้ำกะทิจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ได้มีการวิเคราะห์ขนาดของหยดไขมันที่กระจายอยู่ในน้ำกะทิด้วยหลายวิธีการ จากการวิเคราะห์โดยใช้ภาพถ่ายกำลังขยายสูง (photomicrograph) ของหยดไขมันในชั้นครีมของกะทิพบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วงกว้าง (มีขนาดเล็กไปจนถึง 35 ไมโครเมตร) โดยหยดไขมันส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมโครเมตร (Dendy and Timmins, 1973) Hagenmaier และคณะ (1972) รายงานว่ากะทิที่มาจากการคั้นด้วยมือจะมีการแยกชั้นบางๆออกเป็น 3 ชั้น ที่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เป็น 6.5 และมีขนาดของหยดไขมันเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ไมโครเมตร Tangsuphoom และ Coupland (2005) ได้วิเคราะห์ขนาดของอนุภาคที่กระจายอยู่ในน้ำกะทิที่ไม่ผ่านและผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์ที่ประกอบด้วยไขมันร้อยละ 5-17 และโปรตีนร้อยละ 1.5-2.0 โดยใช้เครื่องวัดการกระเจิงแสงแบบเลเซอร์ (laser light scattering instrument) พบว่าขนาดของหยดไขมันที่กระจายอยู่ในกะทิที่ไม่ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์มีลักษณะเป็น lognormal form (Figure 1A) โดยมีหยดไขมันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (d_{43}) 13.1 ไมโครเมตร กะทิที่ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์มีขนาดอนุภาคไขมันแตกต่างจากกะทิที่ไม่ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์เล็กน้อย (Figure 1B) อย่างไรก็ตามอนุภาคในตัวอย่างกะทิที่ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์ก็มีขนาดเล็กกว่าขนาดของอนุภาคในตัวอย่างที่ไม่ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์ เมื่อระบบอิมัลชันกระจายอยู่ในสารละลาย SDS ก่อนการวิเคราะห์ โดย SDS เป็นสารลดแรงตึงผิวทำให้เกิดประจุลบล้อมรอบหยดไขมันและโปรตีนในระบบอิมัลชันของน้ำกะทิ จึงขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและโปรตีน ช่วยป้องกันการรวมตัวกันจนมีอนุภาคใหญ่ขึ้นของหยดไขมันและโปรตีน จากผลการวิเคราะห์พวกเขาได้สรุปว่ากระบวนการโฮโมจิไนส์มีผลในการลดขนาดอนุภาคของหยดไขมันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หยดไขมันที่ละเอียดนั้นจะเกิดการรวมตัวกันให้มีขนาดอนุภาคเท่าเดิมก่อนการโฮโมจิไนส์ขึ้นได้อย่างรวดเร็ว

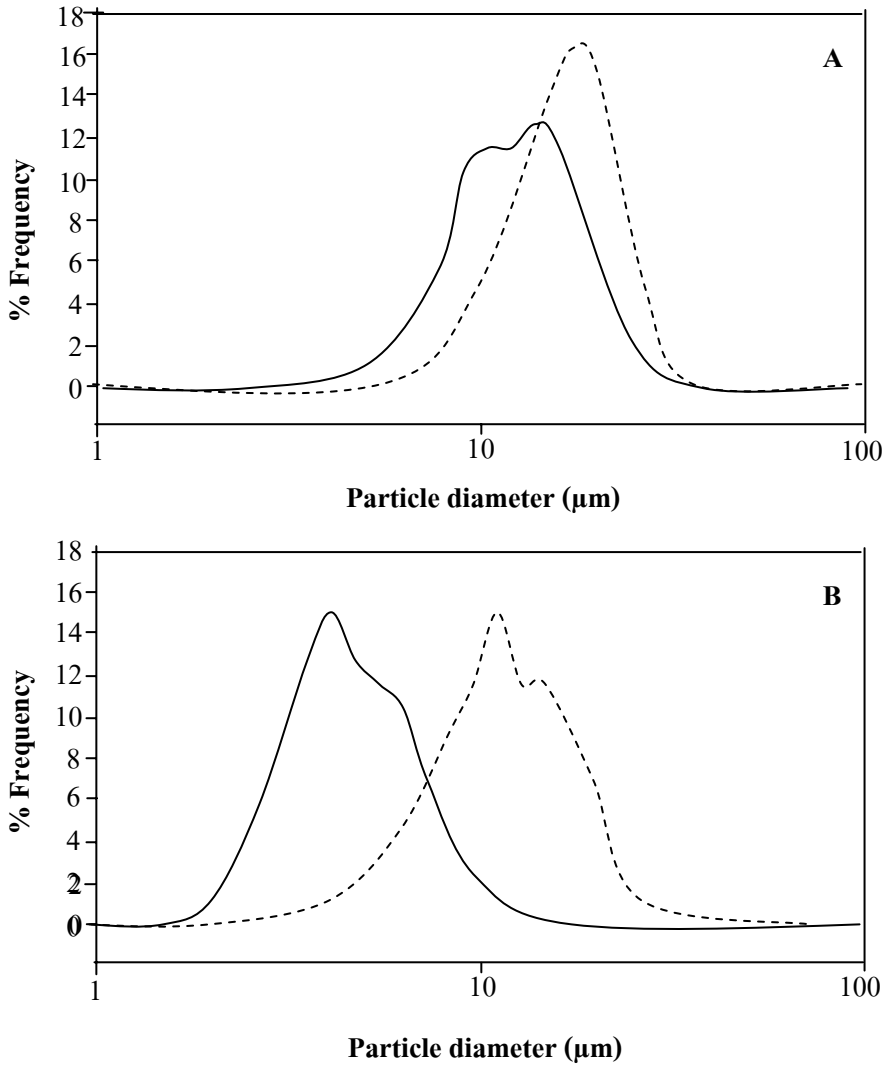


Figure 1 Particle size distribution of non-homogenized coconut milk (A) and homogenized coconut milk (B) dispersed in distilled water (---) and sodium dodecyl sulfate (SDS) (—)

Source: Tangsuphoom and Coupland (2005)

1.3 อิมัลชันและความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำกะทิ

1.3.1 อิมัลชัน

อิมัลชัน คือระบบของสารที่มีลักษณะเป็นเนื้อผสม ประกอบด้วยของเหลวอย่างน้อย 2 ชนิด ซึ่งไม่สามารถละลายเข้ากันได้ เช่น น้ำและน้ำมัน สามารถนำมาผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้โดยอาศัยตัวทำอิมัลชัน ผลิตภัณฑ์อิมัลชันบางชนิดมีการใช้ตัวทำอิมัลชัน 1 ชนิด และในบางผลิตภัณฑ์ก็มีการใช้ตัวทำอิมัลชันมากกว่า 1 ชนิด โดยขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละ

ผลิตภัณฑ์ (McClements, 1999) อิมัลชันที่เกิดขึ้นนั้นถ้ามองด้วยตาเปล่าจะเห็นในลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกัน แต่ถ้ามองด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นเม็ดหรือหยด (droplets) ของของเหลวชนิดหนึ่ง เรียกว่าตัวกระจาย (internal หรือ dispersed phase) ซึ่งกระจายตัวแทรกอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ตัวทำกระจาย (external หรือ continuous phase) ความคงตัวของอนุภาคตัวกระจายเกิดจากสารช่วยเกาะยึดอนุภาคของแข็ง โดยสิ่งเหล่านี้จะอยู่รวมตัวกันที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลว อาจมีเพียงชั้นเดียวหรือมากกว่าก็ได้ นอกจากนี้ยังอาจอยู่ในรูปของผลึก ตัวกระจายที่อยู่ในอิมัลชันที่เจือจางมีลักษณะกลม แต่อิมัลชันที่เข้มข้นนั้นตัวกระจายจะมีรูปเปลี่ยนไป ซึ่งอาจเกิดแรงกดดันหรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาสัมพันธ์กับสารอื่นๆ เช่น อนุภาคโปรตีน ฟองอากาศ เม็ดแป้ง ผลึกไขมัน และผลึกน้ำแข็ง เป็นต้น (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2540; ณรงค์ นิยมวิทย์, 2528 อ้างโดย จิราภรณ์ สอดจิตร์ และศศิวิมล จิตรากร, 2544)

1.3.2 อิมัลชันในน้ำกะทิ

น้ำกะทิมีคุณสมบัติความเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water emulsion หรือ O/W) อิมัลชันชนิดนี้น้ำเป็นส่วนต่อเนื่อง มีอนุภาคของน้ำมันเป็นส่วนกระจายตัว กระจายตัวอยู่ในส่วนต่อเนื่อง (Figure 2) โดยส่วนต่อเนื่องคือน้ำ ซึ่งมีองค์ประกอบต่างๆละลายอยู่ด้วย เช่น คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ และโปรตีนจะกระจายส่วนไม่ชอบน้ำจับกับผิวของเม็ดไขมันและส่วนชอบน้ำกระจายในน้ำ นอกจากน้ำกะทิแล้วยังมีตัวอย่างอิมัลชันน้ำมันในน้ำ ได้แก่ น้ำนม น้ำสลัดมายองเนส ซุป และซอส เป็นต้น

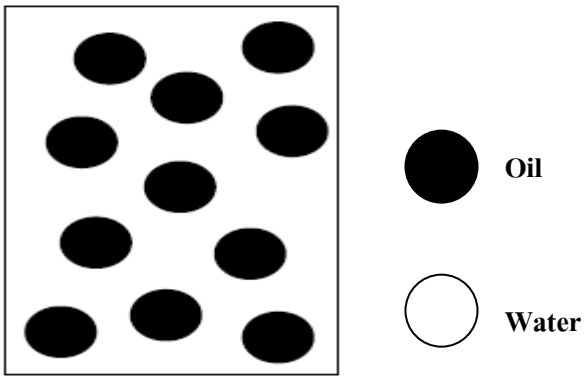


Figure 2 Oil in water emulsion

1.3.3 ความคงตัวของอิมัลชัน

ความคงตัวของอิมัลชัน หมายถึง การที่อิมัลชันรักษาสภาพการกระจายตัวของส่วนกระจายตัวในส่วนต่อเนื่องอย่างสม่ำเสมอ แต่เนื่องจากความไม่สมดุลของแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคส่วนกระจายตัวและแรงโน้มถ่วง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการกระจายตัวของส่วน

กระจายตัว ในกรณีที่เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ในขั้นแรกเกิดการรวมตัวของอนุภาคน้ำมัน (aggregation หรือ flocculation) เป็นผลจากแรงดึงดูดซึ่งกันและกันระหว่างอนุภาคขนาดเล็กทำให้ส่วนกระจายตัวเกาะกลุ่มกันใหญ่ขึ้น โดยที่อนุภาคน้ำมันยังคงมีรูปร่างเหมือนเดิม พร้อมกับหรือตามด้วยการลอยขึ้นของอนุภาคน้ำมันไปอยู่รวมกันเป็นส่วนบน เนื่องจากมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำซึ่งเป็นส่วนต่อเนื่อง เรียกว่า การแยกเป็นครีม (creaming) การแยกเป็นครีมเป็นกระบวนการแบบกลับคืนได้ (reversible process) เพราะหยดเหลวยังคงมีขนาดและรูปร่างเหมือนเดิม อัตราเร็วของการแยกเป็นครีมเป็นไปตามกฎของสโต๊ก (Stoke's law) ในกรณีที่อนุภาคน้ำมันขนาดเล็กมาชนกันและรวมตัวกันเป็นอนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ (coalescence) อนุภาคน้ำมันขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น จะดึงดูดให้อนุภาคน้ำมันขนาดเล็กมารวมตัวเพิ่มขนาดใหญ่ขึ้นจนในที่สุดมีขนาดใหญ่เกินกว่าจะรักษาสภาพอิมัลชันไว้ได้ จึงเกิดการแยกตัวของน้ำมันและน้ำอย่างสมบูรณ์ เรียกว่า อิมัลชันแตกตัว (emulsion breakdown) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่สามารถกลับคืนสภาพอิมัลชันได้อีก (irreversible process) (Das and Kinsella, 1990)

1.3.4 ความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำกะทิ

น้ำกะทิที่เตรียมขึ้นใหม่มีความคงตัวและเป็นเนื้อเดียวกันสูง แต่เมื่อเวลาผ่านไปเพียงไม่กี่นาทีก็จะเกิดการแยกชั้นที่มีลักษณะเหมือนครีมขึ้นอย่างชัดเจนลอยอยู่เหนือกะทิส่วนที่มีไขมันต่ำ เชื่อกันว่าความคงตัวของกะทินั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการมีอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ตามธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยโปรตีนและ phospholipid ที่โมเลกุลดังกล่าวนี้มีทั้งกลุ่มที่ชอบและไม่ชอบน้ำ ซึ่งคาดว่าจะถูกดูดซึมเข้าไปในส่วนที่เกิดการรวมกันระหว่างน้ำมันและน้ำ ดังนั้นจึงเป็นผลในการเพิ่มความเป็นอิมัลชันขึ้น (Monera and Rosario, 1982) Punsri (1995) รายงานว่าอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ตามธรรมชาติของกะทินั้นหมายถึงเยื่อหุ้มหยดไขมันมะพร้าวซึ่งประกอบด้วยเป็นส่วนที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนของเยื่อหุ้มผิวโปรตีนและไขมัน ชิ้นส่วนของเยื่อหุ้มผิวโปรตีนประกอบด้วยส่วนที่ละลายและไม่ละลายน้ำ โดยขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายใน NaCl เข้มข้น 0.02 โมลาร์ เมื่อมีการวิเคราะห์พบว่าส่วนที่ละลายน้ำได้มีปริมาณไนโตรเจนประกอบอยู่ร้อยละ 0.37 โปรตีนร้อยละ 2.31 และกำมะถันร้อยละ 0.11 ในขณะที่โปรตีนส่วนที่ไม่ละลายน้ำประกอบด้วยไนโตรเจนร้อยละ 0.68 โปรตีนร้อยละ 4.25 และฟอสฟอรัสและกำมะถันอีกเล็กน้อย ส่วนของเยื่อหุ้มไขมันประกอบด้วย triglyceride, mono และ diglyceride, phospholipid และกรดไขมันที่ไม่ผ่านปฏิกิริยา esterification Phospholipid ประกอบด้วย lecithin ร้อยละ 52.38 lysophosphatidyl choline และ sphingomyelin ร้อยละ 52.38 phosphatidyl ethanolamine ร้อยละ 28.57 phosphatidyl serine ร้อยละ 19.05 และไขมันโครงสร้างพื้นฐานอีกบางส่วน

Dendy และ Timmins (1973) รายงานว่าหยดไขมันในน้ำกะทิถูกล้อมรอบด้วยฟิล์มของพื้นที่ร่วมของโปรตีน โดยโปรตีนมีหน้าที่ 2 อย่างคือส่งเสริมการแพร่กระจายของหยดไขมันในส่วนที่เป็นน้ำซึ่งมีความตึงของการจับที่มีโดยทั่วไปมีค่าต่ำที่บริเวณพื้นที่ร่วม หน้าที่ของโปรตีนคือการส่งเสริมการแพร่กระจายตัวของหยดไขมันในส่วนที่เป็นน้ำซึ่งเป็นบริเวณที่มีความตึงผิวต่ำกว่าความตึงผิวที่มีอยู่ในบริเวณทั่วไปในพื้นที่ และมีหน้าที่สร้างความคงตัวของพื้นที่ร่วมโดยการสร้างชั้นดูดซับ ซึ่งเป็นกลไกที่ต่อต้านแนวโน้มที่ทำให้ส่วนร่วมกันนี้ถูกทำให้ลดลงหรือถูกทำลาย Hall (1996) กล่าวว่าในระบบอิมัลชันนั้นโปรตีนจะถูกดูดซึมไปในส่วนร่วมกันระหว่างไขมันและน้ำด้วยการเชื่อมต่อกันแบบ train, loop และ tail (Figure 3)

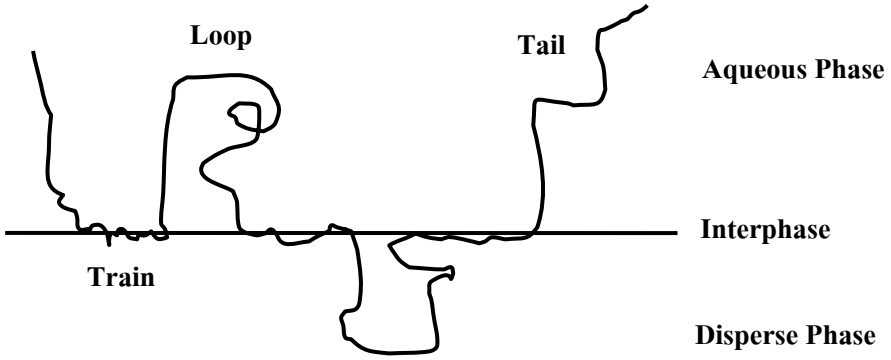


Figure 3 A protein molecules aligning at an oil/water interface

Source: Hall (1996)

ส่วนที่เป็นโปรตีนซึ่งมีลักษณะเด่นคือความไม่ชอบน้ำจัดตำแหน่งไปอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำมัน ในขณะที่ส่วนที่ชอบน้ำส่วนใหญ่จะยื่นออกมาในส่วนที่เป็นน้ำ ห่วงโปรตีนและเส้นใยโปรตีนที่อยู่ในส่วนที่เป็นบริเวณร่วมระหว่างน้ำกับน้ำมันจะเริ่มทำปฏิกิริยาและเกิด steric effect ก็จะทำงาน (Figure 4) จึงสามารถคาดได้ว่าจะเกิดความคงตัวเนื่องจากความหลากหลายที่มีบนส่วนที่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำที่เกิดขึ้นสำหรับการดูดซับน้ำในบริเวณพื้นที่ร่วมระหว่างน้ำมันและน้ำ

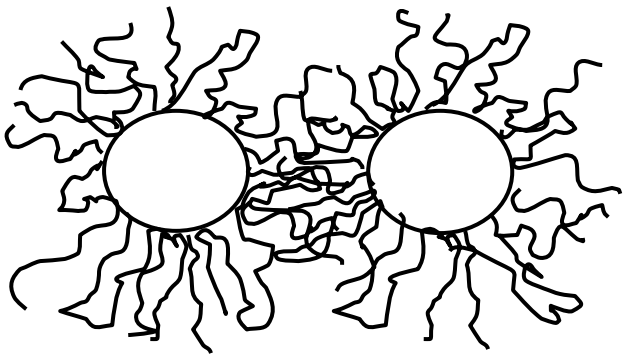


Figure 4 The steric effects due to protein absorption at an oil droplet interface

Source: Hall (1996)

อย่างไรก็ตามกะทิก็มีความคงตัวในระยะสั้นภายหลังจากการเตรียมสด แล้วจะไม่คงตัวและอนุภาคที่กระจายอยู่ในส่วนเนื้อผสมของกะทิก็จะรวมตัวกันเอง ซึ่งจะก่อให้เกิดการแยกชั้นเป็นลักษณะของชั้นที่เป็นเนื้อครีมและชั้นน้ำกะทิซึ่งมีไขมันประกอบอยู่น้อย ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความคงตัวของระบบอิมัลชันคือค่า pH และขนาดของหยดไขมัน Monera และ Rosario (1982) ได้ศึกษาความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำกะทิที่ค่า pH ระดับต่างๆ พบว่ากะทิจะมีความคงตัวในระดับต่ำเมื่อกะทิมีค่า pH อยู่ในช่วง 3.5-6.0 ในขณะที่กะทิจะมีความคงตัวในระดับสูงเมื่อมีค่า pH อยู่ในสองช่วง คือช่วงที่มีค่า pH เป็น 1.5-2.0 และ 6.5 ความคงตัวของอิมัลชันที่ค่า pH ของกะทิเป็น 1.5-2.0 มีค่าสูงกว่าความคงตัวที่ค่า pH 6.5 เนื่องจากโปรตีนมีกลุ่มที่มีขั้ว ซึ่งคาดว่าปฏิกิริยาภายในและระหว่างโมเลกุลได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในระบบอิมัลชัน เหตุการณ์ดังกล่าวนี้จะมีผลต่อความสามารถในการเกิดระบบอิมัลชัน อัตราการจับตัวกันของหยดไขมันหรือการเกิดครีมมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของอนุภาค วิธีการในการดำเนินการที่มีแนวโน้มว่าจะสร้างอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าจะส่งผลให้กะทิที่ได้มีความคงตัวของระบบอิมัลชันที่มากกว่า

2. ผลิตภัณฑ์แกงกะทิไทย

ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์ (2542) ได้รายงานว่าแกงกะทิสำเร็จรูปบรรจุภาชนะผนึก เช่น กระป๋อง/พลาสติกลามิเนต (Retort pouch) จัดเป็นอีกธุรกิจที่มีแนวโน้มดี โดยส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตเพื่อการส่งออกมากกว่าจำหน่ายในประเทศ เนื่องจากผู้บริโภคในประเทศสามารถซื้ออาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคหรืออาหารพร้อมปรุงได้ค่อนข้างสะดวก และยังยึดติดกับการบริโภคอาหารที่สดและใหม่เสมอ แต่ในระยะหลังแนวโน้มการบริโภคแกงกะทิสำเร็จรูปเริ่มขยายตัวเพิ่มขึ้น ในขณะที่ต่างประเทศมีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น

กะทิเป็นส่วนผสมที่จำเป็นในแกงกะทิไทยซึ่งเป็นแกงที่คนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภค แต่อย่างไรก็ตามไขมันในกะทิมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าร้อยละ 90 ซึ่งอาจมีผลเสียต่อสุขภาพ โดยมีกรดไขมันคือกรดลอริก (lauric acid) (12C) และกรดไมริสติก (myristic acid) (14C) ในปริมาณมากถึงร้อยละ 47.1 และร้อยละ 18.5 ตามลำดับ (สมจิต สุรพัฒน์, 2541) ได้มีการศึกษาการผลิตและอายุการเก็บของกะทิแปลงไขมันแบบพาสเจอไรซ์และบรรจุกระป๋องแบบสเตอริไลซ์เพื่อเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำกะทิ ซึ่งผลจากการดัดแปลงไขมันทำให้ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดในน้ำกะทิลดลงได้จากร้อยละ 94.1 เหลือร้อยละ 49.9 ปริมาณกรด

ไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดเพิ่มจากร้อยละ 5.87 เป็นร้อยละ 50.09 และมีปริมาณกรดลิโนเลอิกเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.8 เป็นร้อยละ 28.9 (เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด, 2540; ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546)

การควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มีความสำคัญมากต่อการแปรรูปแกงกะทิโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการบรรจุกระป๋อง เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการแปรรูปด้วยความร้อนจะขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของจุลินทรีย์เริ่มต้นซึ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งค่าทางความร้อนที่ใช้เป็นเกณฑ์เป้าหมายในการฆ่าเชื้อจะอ้างอิงตามค่า F_0 ของเชื้อ *Clostridium botulinum* สำหรับผลิตภัณฑ์แกงกะทิบรรจุกระป๋องโดยทั่วไปจะทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116-121°C จนมีค่า F_0 เป้าหมายอยู่ในช่วง 10-12 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากเครื่องแกงมีส่วนประกอบของเครื่องเทศซึ่งมีการปนเปื้อนของสปอร์ของเชื้อ และเชื้อที่ทนความร้อนได้สูงกว่าเชื้อ *Clostridium botulinum* เช่น *B. Stearothermophilus, C. thermosaccharolyticum* (วิไล รังสาดทอง, 2545; Lopez, 1987) ปัญหาของการใช้ความร้อนเพื่อทำลายจุลินทรีย์ในการแปรรูปอาหารที่ส่วนประกอบของน้ำกะทิคือความไม่คงทนต่อความร้อนของโปรตีนในน้ำกะทิ ทำให้กะทิเกิดลักษณะรวมตัวเป็นก้อนซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการ (ประสงค์ ทุ่งเก้า, 2531)

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแกงกะทิบรรจุกระป๋องขณะทำการเก็บรักษาอาจเทียบเคียงได้กับการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิดัดแปลงของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิดัดแปลงไขมันบรรจุขวดแบบพาสเจอร์ไรซ์และบรรจุกระป๋องแบบสเตอริไลซ์ ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) รายงานว่ากลิ่นรสของน้ำกะทิที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่ 90°C 15 นาที มีการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C เมื่ออายุการเก็บรักษา 22 วัน ซึ่งสอดคล้องกับค่า thiobarbituric acid (TBA) ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า acid value คงที่ เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด (2540) พบว่าสีของน้ำกะทิบรรจุกระป๋องมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 50°C โดยมีค่าความสว่างลดลง จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำกะทิที่คล้ำขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นอาจมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์แกงกะทิ

3. ลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ

3.1 คุณสมบัติทางกายภาพและความคงตัวของกะทิที่ผ่านกระบวนการในการให้ความร้อนของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ

โดยทั่วไปกะทิจัดเป็นอาหารเหลวที่มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 6.2 จึงต้องให้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา (Seow and Gwee, 1997) ไขมันในกะทิ

เป็นดัชนีสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของกะทิ น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนของไขมันหลังจากผ่านกระบวนการทำลายระบบอิมัลชันในกะทิ กะทิสำเร็จรูปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกะทิสำเร็จรูป มอก.582-2528 กำหนดให้มีปริมาณไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันอิสระคิดเป็นกรดลอริกไม่เกินร้อยละ 0.3 มีค่า pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 22.0 (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2528) กะทิประกอบด้วยทั้งส่วนที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ ส่วนที่ละลายน้ำประกอบด้วยน้ำตาล (โดยทั่วไปคือน้ำตาลซูโครส) เกลือ และโปรตีนที่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำได้แก่หยดไขมัน (Seow and Gwee, 1997)

3.2 กระบวนการฆ่าเชื้อในอาหาร

การให้ความร้อนแก่อาหาร มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคแก่มนุษย์และทำให้อาหารเสื่อมเสีย นอกจากนั้นยังเป็นการทำลายเอนไซม์ที่อาจทำให้อาหารผิดปกติไปได้ จึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิที่มีประสิทธิภาพ วิธีการให้ความร้อนมีหลายแบบดังนี้

3.2.1 การให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ (Pasteurization)

การพาสเจอไรซ์เป็นการให้ความร้อนในระดับที่ไม่รุนแรง ซึ่งโดยปกติแล้วใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 100°C ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้หลายวัน เช่น นม หรือหลายเดือน เช่น น้ำผลไม้ การพาสเจอไรซ์เป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ไวต่อความร้อน เช่น แบคทีเรียชนิดที่ไม่สร้างสปอร์ ยีสต์และรา โดยมีผลทำให้ลักษณะทางประสาทสัมผัส คือสี กลิ่นและกลิ่นรส รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (Fellows, 1988) โดยพบว่าวิตามินบี1 และบี12 ถูกทำลายไปเพียงร้อยละ 10 วิตามินซีถูกทำลายไปร้อยละ 25 ส่วนวิตามินเอ ดีและอีไม่ถูกทำลาย (Komorowski and Early, 1992) สภาวะการพาสเจอไรซ์แบบการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเวลาสั้น (high temperature short time, HTST) สามารถรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางโภชนาการไว้ได้มากกว่าแบบอุณหภูมิต่ำเวลานาน (low temperature long time, LTLT)

ระดับของการให้ความร้อนในการพาสเจอไรซ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับ pH ของอาหารนั้น โดยอาหารที่มี pH<4.5 ซึ่งถือว่าเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดสูง จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคไม่สามารถเจริญได้ ระดับของความร้อนที่ใช้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย หรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ส่วนอาหารที่มี pH>4.5 หรืออาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ วัตถุประสงค์หลักในการให้ความร้อนคือ ทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด

โรค โดยวัตถุประสงค์ในการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์สำหรับอาหารชนิดต่างๆ แสดงไว้ใน Table 4

Table 4 Purpose of difference temperature in pasteurizing food products

Food Product	First purpose	Second purpose	Lowest heating
pH<4.5			
Fruit juice	Inhibit pectinesterase and polygalacturonase enzyme	Kill spoilage microorganism (yeast and mold)	65°C 30 minutes 71°C 1 Minutes 88°C 15 Seconds
Beer	Kill spoilage microorganism (others yeast, *Lactobacillus sp*.) and beer fermented yeast	-	65-68°C 20 Minutes (bottled) 72-75°C 1-4 Minutes at 900-1000 kPa
pH>4.5			
Milk	Kill pathogenic microorganism: *Brucella abortis, Mycobacterium tubercurosis*	Destroy enzyme and kill spoilage microorganism	63°C 30 Minutes 71.5°C 15 Seconds
Liquid egg	Kill pathogenic microorganism: *Sellomonella tubercurosis*	Kill spoilage microorganism	64.4°C 2.5 Minutes 60°C 3.5 Minutes
Ice cream	Kill pathogenic microorganism	Kill spoilage microorganism	65°C 30 Minutes 71°C 10 Minutes 80°C 15 Second

Source: Fellow (1988)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้คำจำกัดความของน้ำกะทิสำเร็จรูปชนิดพาสเจอไรซ์ไว้ว่า “หมายถึง น้ำกะทิสำเร็จรูปที่ผ่านการใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิสูงแต่ไม่เกิน 100°C และทำให้ผลิตภัณฑ์ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค” (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2528)

Escueta (1980) พาสเจอไรซ์น้ำกะทิโดยใช้อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 3 นาที ส่วน Agrawal *et al*. (1991) พาสเจอไรซ์น้ำกะทิโดยใช้อุณหภูมิ 70-72°C เป็นเวลา 10 นาที น้ำกะทิพาสเจอไรซ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำกะทิสด แต่จะมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และการออกซิเดชันของไขมันที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งโดยทั่วไปอายุการเก็บรักษาของน้ำกะทิพาสเจอไรซ์จะไม่เกิน 5 วัน (Gwee, 1988) การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำกะทิพาสเจอไรซ์แสดงได้ไว้ใน Table 5

Table 5 Quality changing of pasteurized coconut milk during storage

Sample (Storage at 4°C)	Total organism (org/gm)	Free fatty acid (as % oleic acid)	Peroxide value (meq peroxide O_2/kg fat)	Stability	Taste
Before pasteurize	>39,000,000	0.18	ND	-	Normal
After pasteurize (Suddenly)	12,000	-	-	Stable	Normal
3 days	16,000	0.28	ND	Little separate	Normal
5 days	13,000	1.91	ND	Some part separate	Normal
7 days	12,000	0.68	5.33	Some part separate	Little rancid

Remark: ND refer to not detect

Source: Gwee (1988)

3.2.2 การให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ (Sterilization)

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมให้คำจำกัดความของน้ำกะทิสำเร็จรูปชนิดสเตอริไลซ์ไว้ว่า “หมายถึง น้ำกะทิสำเร็จรูปที่ผ่านการใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100°C ซึ่งสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์และสปอร์ที่จะทำให้อาหารเน่าเสียในระหว่างการเก็บรักษา” (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2528)

น้ำกะทิมี pH ประมาณ 6.2 ถือเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low-acid food) จึงจำเป็นต้องใช้การฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนสูงเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่อาจก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย การให้ความร้อนควรให้เท่าที่จำเป็นเท่านั้นเพื่อรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ในการฆ่าเชื้อโดยใช้หม้อนึ่งความดัน (retort) ใช้ F_0 ประมาณ 5 (Timmins and Kramer, 1977; APCC, 1994) Arumughan และคณะ (1993) กล่าวว่าการสเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 20 นาที เพียงพอสำหรับน้ำกะทิที่บรรจุกระป๋องขนาด 301×204 Teixeia-Neto และคณะ (1985) สเตอริไลซ์น้ำกะทิบรรจุขวดแก้วปริมาตร 200 มิลลิลิตร และ 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 121°C นาน 60 นาที และ 70 นาที ตามลำดับ Gonzalez และคณะ (1977) ได้ให้ความร้อนแก่น้ำกะทิที่อุณหภูมิ 115°C เวลา 32 นาที ซึ่งมีค่า F_0 เท่ากับ 7.5 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาดีมาก สุคนธ์ชื่น ศรีงาม (2531) แนะนำสภาวะในการฆ่าเชื้อน้ำกะทิบรรจุกระป๋องขนาด 300×407 อาจเลือกใช้อุณหภูมิ 115.6 118.3 หรือ 121.1°C เป็นเวลา 22 14 หรือ 8 นาที ตามลำดับ น้ำกะทิที่ได้หลังจากโฮโมจิไนซ์และทำการฆ่าเชื้อแล้วสามารถคงสภาพเป็นเนื้อเดียวได้นานกว่า 2 สัปดาห์

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสเตอริไลซ์จะมีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานไม่น้อยกว่า 24 เดือน ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติ (Seow and Gwee, 1997) ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์น้ำกะทิสเตอริไลซ์บรรจุกระป๋อง มักเกิดจากความไม่คงตัวของน้ำกะทิเองทั้งในระหว่างการให้ความร้อนและการเก็บรักษาที่ยาวนาน โดยเกิดการรวมตัวเป็นก้อน (coagulate) เนื่องจากการเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) ของโปรตีนที่ไม่ทนความร้อน โดยมากจะเกิดเมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ 80°C (Steinkraus *et al.*, 1968) ทำให้เกิดลักษณะเป็นตะกอนอ่อน (curd) ขึ้น ซึ่งจะเกิดบริเวณด้านข้างและด้านล่างของภาชนะ ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องการส่งผ่านความร้อนและการไม่ยอมรับของผู้บริโภค

Escueta (1980) ศึกษาผลของการให้ความร้อนที่มีต่ออัตราการแยกชั้นของน้ำกะทิ พบว่าน้ำกะทิที่ผ่านการให้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์จะเกิดการแยกชั้นมากกว่าน้ำกะทิที่ไม่ผ่านความร้อน เนื่องจากผลของความร้อนทำให้อิมัลชันไม่คงตัว โดยจะเริ่มเกิดการแยกชั้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไป 5-10 ชั่วโมง จากนั้นอัตราเร็วในการแยกจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งแยกชั้นสมบูรณ์ในเวลา 24 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามสามารถทำให้เม็ดไขมันกระจายตัวรวมเป็นเนื้อเดียวอีกครั้งได้โดยการเขย่า

นอกจากการเกิดตะกอนอ่อนและความไม่คงตัวของอิมัลชันแล้วการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ซึ่งเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่ผลิตภัณฑ์อีกหลายอย่างคือ เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสเนื่องจากความร้อนทำลายกลิ่นรส “fresh nutty” ของน้ำกะทิ และเกิดกลิ่นรสที่เรียกว่า “cooked” ขึ้นได้ เกิดการเปลี่ยนแปลงสีโดยทำให้สีของน้ำกะทิ

คล้ำลง (Gwee, 1988) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard) และคาราเมล (caramelization) ขึ้นเล็กน้อยในระหว่างกระบวนการ เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ในนมพบว่าวิตามินบี1 ถูกทำลายไปร้อยละ 30-50 วิตามินบี12 และซี ถูกทำลายไปร้อยละ 50 แต่วิตามินเอ ดี อีและบี บางกลุ่มไม่ถูกทำลาย นอกจากนั้นค่า biological value ของโปรตีนยังลดลงด้วย (Komorowski and Early, 1992)

3.2.3 การให้ความร้อนแบบ Ultra-High-Temperature (UHT)

การให้ความร้อนแบบ UHT จัดเป็นการให้ความร้อนประเภทหนึ่งในระดับสเตอริไลซ์ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 135-150°C เป็นเวลาน้อยมาก (ประมาณ 4 วินาที) ซึ่งจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเสื่อมเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Clostridium botulinum* และแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic bacteria) ซึ่งสามารถเจริญได้ดีในสภาพ pH ที่เป็นกลาง เนื่องจาก *Clostridium botulinum* สามารถผลิตสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เนื่องจากมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง (Komorowski and Early, 1992)

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการให้ความร้อนแบบ UHT สามารถเก็บรักษาได้นานหลายเดือนที่อุณหภูมิห้อง ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการให้ความร้อนเมื่อเทียบกับการสเตอริไลซ์ธรรมดา พบว่าเกิดกลิ่นรส cooked น้อยกว่า และให้สีดีกว่า โดยปกตินม UHT จะมีสีและกลิ่นรสใกล้เคียงกับนมพาสเจอไรซ์ แต่นม UHT อาจมีรสชาติที่เรียกว่า “chalky” เกิดขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากการรวมตัว (aggregate) ของโปรตีน และมีผลต่อสมบัติการกระเจิงแสง (light scattering) ของเคซีนไมเซลล์ (casein micelle) ทำให้นม UHT ดูมีสีขาวกว่า เนื่องจาก UHT เป็นการให้ความร้อนในระยะเวลาอันสั้น ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ลดลงเล็กน้อยใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์พาสเจอไรซ์ (Komorowski and Early, 1992)

ปัจจุบันน้ำกะทิที่ผ่านการให้ความร้อนแบบ UHT และบรรจุแบบปลอดเชื้อได้รับความนิยม และมีการนำมาใช้ทั้งในครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรม โดยมีขนาดบรรจุ 200-250 มิลลิลิตร และมักบรรจุในภาชนะซึ่งเป็นกล่องกระดาษ (Tetra Brik หรือ Combibloc) ซึ่งปัจจุบันหาซื้อได้ง่ายตามซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป (Seow and Gwee, 1997)

เนื่องจากความร้อนเป็นสาเหตุสำคัญในการทำลายสารตั้งต้นที่ให้กลิ่นรส (flavor precursor) จึงได้มีความพยายามหาวิธีการแปรรูปที่ทำให้น้ำกะทิได้รับความร้อนน้อยลง แต่ยังคงสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน Goncalves และคณะ (1984) ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิโดยวิธีการใช้กรด (acidification) ร่วมกับการให้ความร้อน โดยปรับ pH ของน้ำกะทิให้มีค่าประมาณ 4.5 แล้วให้ความร้อนขั้นต้น จากนั้นทำการฆ่าเชื้อในน้ำเดือดโดยมีค่า F_0 เท่ากับ 5.9 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส เมื่อพิจารณาจากราคาและคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แล้วพบว่าชนิดของกรดที่เหมาะสมในการใช้คือ กรดฟูมาริก (fumaric acid) กรดทาร์ทาริก (tartaric acid) และกรดแลกติก (lactic acid)

3.3 คุณภาพน้ำกะทิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อน

น้ำกะทิจะเน่าเสียได้ง่ายที่อุณหภูมิห้องเนื่องจากกะทิมีองค์ประกอบทางโภชนาการสูงซึ่งเชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ได้มีความพยายามหลายวิธีเพื่อป้องกันการเน่าเสียของกะทิที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ ในทางอุตสาหกรรมนั้นได้มีการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิโดยอาศัยกระบวนการในการให้ความร้อนเช่นการพาสเจอไรซ์ การใช้เทคนิคแบบปลอดเชื้อในการบรรจุและการบรรจุกระป๋อง (Seow and Gwee, 1997) การเก็บรักษาในระยะสั้นสามารถทำได้ง่ายโดยการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 72°C เป็นเวลา 20 นาที แต่สำหรับการเก็บรักษาในระยะยาวจะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าเพื่อให้แน่ใจถึงความปลอดเชื้อของผลิตภัณฑ์ Gwee (1988) รายงานว่ากะทิพาสเจอไรซ์มีอายุการเก็บที่อุณหภูมิ 40°C ไม่เกิน 5 วัน ในขณะที่กะทิบรรจุกระป๋องมีอายุการเก็บอย่างน้อย 24 เดือน ภายใต้สภาวะการเก็บแบบปกติ ในกระบวนการบรรจุกระป๋องน้ำกะทินั้นใช้ค่า F_0 ในกระบวนการฆ่าเชื้อประมาณ 5 (APCC, 1994) กระบวนการที่แนะนำในการเข้าเครื่องรีทอร์ทน้ำกะทิได้แสดงรายการไว้ใน Table 6

Table 6 Suggested processing schedules in a still retort for canned aqueous coconut products at two initial temperatures (IT)

Can size	Time (min) at 115°C		Time (min) at 121°C		Equivalent lethality,
	IT 21°C	IT 71°C	IT 21°C	IT 71°C	F_0 (min)
211 x 400	36	30	22	18	4.85
307 x 409	40	35	27	22	4.94
401 x 411	46	39	30	25	5.08
603 x 700	81	51	42	33	5.39

Source: The Asian and Pacific Coconut Community; APCC (1994)

กระบวนการ UHT เป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 135-150°C ในระยะเวลาอันสั้น และคงอุณหภูมิดังกล่าวไว้ในระยะเวลาสั้นๆ โดยเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 2-8 วินาที แล้วลดอุณหภูมิต่ำอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบรรจุภัณฑ์แบบ UHT ของผลิตภัณฑ์กะทิ ซึ่งอาจบรรจุในถุงบรรจุแบบปลอดเชื้อที่สามารถพบในตลาดขายปลีกทั่วไป อย่างไรก็ตามปัญหาหลักๆที่พบในกระบวนการให้ความร้อนในขั้นตอนการผลิตกะทิทั้งหมดก็คือความไม่คงตัวของกะทิตลอด

ขั้นตอนระหว่างการให้ความร้อนและในการยืดระยะเวลาในการตั้งทิ้งไว้ในระยะนานๆ กะทิจะจับตัวกันเป็นก้อนเมื่ออุณหภูมิขึ้นถึง 80°C เนื่องจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน (Steinkraus *et al*., 1968; Hagenmaier, 1983) การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90-95°C ทุกๆนาทีแล้วกรอง และ/หรือการโฮโมจิไนส์ก่อนการสเตอริไลซ์สามารถช่วยให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันในน้ำกะทิได้ การให้ความร้อนก่อนเข้ากระบวนการโฮโมจิไนส์ยังสามารถช่วยลดการเกิดเชื้อจุลินทรีย์ที่จะเกิดขึ้นก่อนกระบวนการสเตอริไลซ์ได้อีกด้วย (Seow and Gwee, 1997) นอกจากนี้แล้วจากการทดลองให้ความร้อนก่อนการโฮโมจิไนส์ยังมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อพฤติกรรมการไหลของกะทิด้วย อุณหภูมิที่ใช้ก่อนเข้ากระบวนการโฮโมจิไนส์สามารถส่งผลต่อขนาดของอนุภาคจะเกิดขึ้นระหว่างการโฮโมจิไนส์ได้ (Floury *et al*., 2003) การแยกชั้นทางกายภาพของกะทิบรรจุกระป๋องที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตและระหว่างการเก็บรักษาอาจทำให้ช้าลงได้โดยการใช้อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) หรือสารเพิ่มความคงตัว (stabilizer) ร่วมกับการโฮโมจิไนส์ที่ 3500/500 psi (Timmins and Kramer, 1977) ได้มีการใช้อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) หลายชนิดเช่น polyoxyethylene, sorbitan, monostearate และ/หรือ sorbitan monostearate ในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง หรืออาจเลือกใช้ soy lecithin, alginates, carboxymethyl cellulose, casein, carrageenan, guar gum, karaya gum และ locust bean gum อย่างใดอย่างหนึ่งหรือร่วมกันในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิได้ (Seow and Gwee, 1997) ประสงค์ ทุ่งเก้า (2531) รายงานว่ากะทิบรรจุกระป๋องที่เตรียมด้วยการใช้ Tween 40 ร้อยละ 0.60 และ glycerol monostearate (GMS) ที่มีค่า HLB เป็น 14.5 หรือ Tween-60 ร้อยละ 0.50 และ Span-80 ที่ค่า HLB เป็น 14.5 เป็นสีขาวและมีความเป็นเนื้อเดียวกันโดยมีกลิ่นกะทิเป็นที่น่าพอใจ Agrawal (1991) รายงานว่าน้ำกะทิที่ประกอบด้วยนมผงไขมันต่ำร้อยละ 6 และของแข็งทั้งหมดร้อยละ 9.65 ที่สเตอริไลซ์ที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 30 นาที มีความคงตัวอยู่ได้ 4 เดือน โดยไม่มีการเน่าเสียหรือการจับกันเป็นก้อนขึ้น

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิระหว่างการเก็บรักษา

ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์น้ำกะทิสเตอริไลซ์บรรจุกระป๋องเกิดจากความไม่คงตัวของน้ำกะทิเองทั้งในระหว่างการให้ความร้อนและการเก็บรักษาที่ยาวนานคือ เกิดการรวมตัวเป็นก้อน (coagulate) เนื่องจากการเสียสภาพทางธรรมชาติ (denaturation) ของโปรตีนที่ไม่ทนความร้อนทำให้เกิดลักษณะเป็นตะกอนอ่อนขึ้น การให้ความร้อนกับน้ำกะทิอุณหภูมิ 90–95°C เป็นเวลาหลายนาทีก่อนการโฮโมจิไนซ์ทำให้โปรตีนเกือบทั้งหมดเกิดการเสื่อมสภาพและทำให้อิมัลชันหลังการโฮโมจิไนซ์มีลักษณะเรียบเนียนและมีความคงตัวมากขึ้น เนื่องจากการที่โปรตีน

เกือบทั้งหมดได้เสื่อมสภาพไปแล้ว และโปรตีนส่วนมากที่เกิดการเสื่อมสภาพนี้ถูกทำให้คงตัวอยู่ได้เมื่อผ่านขั้นตอนการเติมสารสเตบิไลเซอร์และอิมัลซิไฟเออร์ ต่อด้วยการโฮโมจิไนซ์เป็นผลทำให้มีโปรตีนที่จะเกิดการเสื่อมสภาพเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยในช่วงการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง (Seow and Gwee, 1997)

4.1 การเกิดกลิ่นหืน (Rancidity)

การเกิดกลิ่นเหม็นหืนนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่มักเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะก่อให้เกิดการเสื่อมเสียทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นสั้นลงเนื่องจากผู้บริโภคไม่ยอมรับ การเกิดกลิ่นหืนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

4.1.1 การเหม็นหืนแบบไฮโดรไลติก (Hydrolytic rancidity)

การเหม็นหืนแบบไฮโดรไลติก เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสหรือลิโปไลซิสบริเวณ ester linkage ระหว่างกรดไขมันและกลีเซอรอลในไตรกลีเซอไรด์ทำให้เกิดการปลดปล่อยกรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) เมื่อมีน้ำและตัวเร่ง (catalytic agent) ซึ่งส่วนใหญ่ตัวเร่งเป็นเอนไซม์ไลเปส (lipase) หรือเอสเทอเรส (esterase) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังต่อไปนี้ (Figure 5)

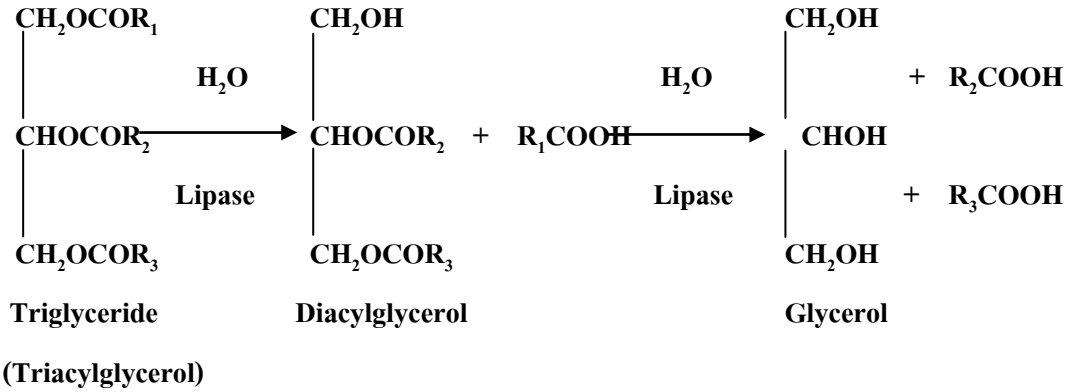


Figure 5 Hydrolysis reaction

Source: Allen (1994)

กรดไขมันอิสระที่ถูกปลดปล่อยออกมาทำให้เกิดปัญหากลิ่นรสผิดปกติ (off-flavor) ในอาหาร เนื่องจากกลิ่นรสที่เฉพาะตัวของกรดไขมันอิสระ ซึ่งการเหม็นหืนแบบไฮโดรไลติกนี้เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบพื้นฐานเป็นน้ำมันลอริก เช่น น้ำมันเมล็ดปาล์ม (palm kernel) หรือน้ำมันมะพร้าว โดยกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันสายโซ่สั้นคือ กรดคาร์ปริก กรดลอริก และกรดไมริสติก ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นคล้ายสบู่ที่

เรียกว่า “soapy flavor” (Rossell, 1994) โดยปกติกรดไขมันสายสั้นจะมีค่า threshold ของกลิ่นรสต่ำกว่ากรดไขมันที่มีสายยาว ดังนั้นการมีกรดไขมันอิสระเหล่านี้เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้กลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนไปได้ threshold ของกลิ่นรสของกรดไขมันบางชนิดแสดงได้ดัง Table 7

Table 7 Flavor threshold of some fatty acid

Fatty acid	Quantity (ppm)
Butyric acid, C4	0.6
Caproic acid, C6	2.5
Caprylic acid, C8	350
Capric acid, C10	200
Lauric acid, C12	700
Stearic acid, C18	1500

Source: Shukla (1995)

ปริมาณของกรดไขมันอิสระที่ถูกปลดปล่อยออกมาสามารถวิเคราะห์ได้จากค่า acid value (AV) (Bradley *et al.*, 1992; AOAC, 1995) Duncan และคณะ (1991) กล่าวว่า ค่า AV ที่เกิดขึ้นในนมมีความสัมพันธ์กับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของนม โดยถ้ายิ่งมีค่ามากนมก็จะมีกลิ่นหืนมากทำให้การยอมรับลดลง ระดับของกรดไขมันอิสระในนมสามารถเพิ่มขึ้นได้จากปฏิกิริยาลิโปไลซีส ทั้งในช่วงก่อนและหลังการแปรรูป ซึ่งการเพิ่มในช่วงหลังการแปรรูปนี้สามารถเกิดได้จากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลงในผลิตภัณฑ์ในช่วงระหว่างหรือหลังการแปรรูป หรืออาจเกิดการปนเปื้อนจากเอนไซม์ที่ทนความร้อน (heat-resistant enzyme) ที่ผลิตจาก psychrotrophic bacteria ซึ่งสามารถเจริญได้ในนมหรือครีมที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2-4°C ถึงแม้ว่าตัวแบคทีเรียเองจะถูกทำลายไปโดยการพาสเจอไรซ์แล้ว แต่เอนไซม์โปรตีเอส (protease) และเอนไซม์ไลเปส (lipase) ซึ่งถูกผลิตขึ้นแล้วนั้นสามารถทนต่อการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ได้ (72°C ใช้เวลา 15-20 วินาที) (Allen,1994)

4.1.2 การเหม็นหืนแบบคีโตนิก (Ketonic rancidity)

การเหม็นหืนชนิดนี้มักเป็นปัญหาที่เกิดกับอาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสายโซ่สั้นเป็นสาเหตุให้เกิดกลิ่นรสผิดปกติในเนื้อมะพร้าวแห้ง (desiccated coconut) และเนย เป็นต้น ซึ่งเกิดจากการทำงานของเชื้อราประเภท xerophilic เช่น *Eurotium amstelodami*, *E. herbariorum* และ *Penicillium citrinum* ในสภาวะที่มีน้ำและออกซิเจนในปริมาณจำกัด โดยขั้นแรกจะเกิดปฏิกิริยา

ไฮโดรไลซิส แล้วปล่อยกรดไขมันอิสระสายโซ่สั้นออกมา จากนั้นเชื้อราจะทำการเปลี่ยนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ (even-chain length fatty acid) โดยผ่านปฏิกิริยาเบต้าออกซิเดชัน (β-oxidation) เกิดเป็นสารประกอบ 2 ชนิด ซึ่งมีจำนวนคาร์บอนเท่ากันแต่จัดเรียงตัวต่างกัน (homologous series) คือ methyl ketone และ aliphatic alcohol ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอับ (musty) และกลิ่นหืน (stale) ขึ้น ซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะ แตกต่างจากกลิ่นหืนจากไฮโดรไลติกธรรมดา (Kellard *et al*., 1985) แผนภาพการเกิดปฏิกิริยา แสดงไว้ใน Figure 6

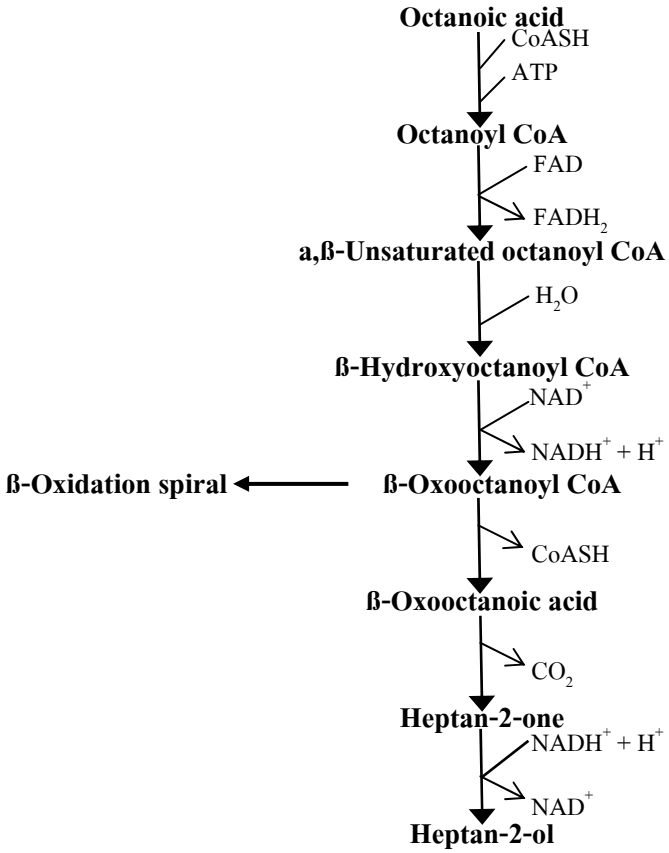


Figure 6 β-oxidation path way of fatty acid which product methyl ketone and aliphatic alcohol (changing octanic acid to be heptan-2-one and heptan-2-ol)

Source: Padley (1994)

4.1.3 การเหม็นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative rancidity)

ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างออกซิเจนและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมีออกซิเจนและตัวเร่ง เช่น ความร้อน แสง รังสีที่มีพลังงานสูงและโลหะหนัก เป็นต้น โดยการเกิดปฏิกิริยาเริ่มจากออกซิเจนที่มีพลังงาน (singlet oxygen) เข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวบริเวณพันธะคู่ เกิดเป็นไฮโดรเปอร์ออกไซด์

(hydroperoxide) ที่ไม่มีกลิ่นและเป็นสารสื่อกลาง (intermediate) เนื่องจากเป็นสารที่ไม่คงตัว และจะแตกตัวต่อไปอย่างรวดเร็วให้ alkoxy free radical ซึ่งจะกลายเป็นสารประกอบประเภทอัลดีไฮด์ (aldehyde) คีโตน (ketone) แอลกอฮอล์ (alcohol) และไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) เป็นต้น ซึ่งสารที่เกิดขึ้นเหล่านี้บางชนิดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติขึ้น โดยเฉพาะอัลดีไฮด์ซึ่งมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ดังแสดงใน Table 8

Table 8 Aliphatic aldehyde flavor

Carbon atom	Homologous series		
	Saturated	2-Enals	2,4-Dienals
C2	Fresh, pungent	-	-
C3	Fresh, milky	-	-
C4	Fresh, milky	Sweet, pungent	-
C5	Fresh, milky	Sweet, green	-
C6	Fresh, green	Sweet, green	-
C7	Fresh, green	Sweet, green	Sweet, oily
C8	Fresh, citrus	Sweet, green	Sweet, oily
C9	Fresh, citrus	Sweet, fatty, green	Sweet, oily
C10	Fresh, citrus	Sweet, fatty, green	Sweet, oily
C11	Fatty	Sweet, fatty	Sweet, oily
C12	Fatty	Sweet, fatty	Sweet, oily

Source: Hamilton (1994)

ตัวอย่างของกลิ่นรสผิดปกติที่เกิดขึ้นในอาหารที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้แก่ metallic, fishy, cucumber, cardboard, tallowy, mushroom และ painty เป็นต้น กลไกการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) แสดงได้ดัง Figure 7

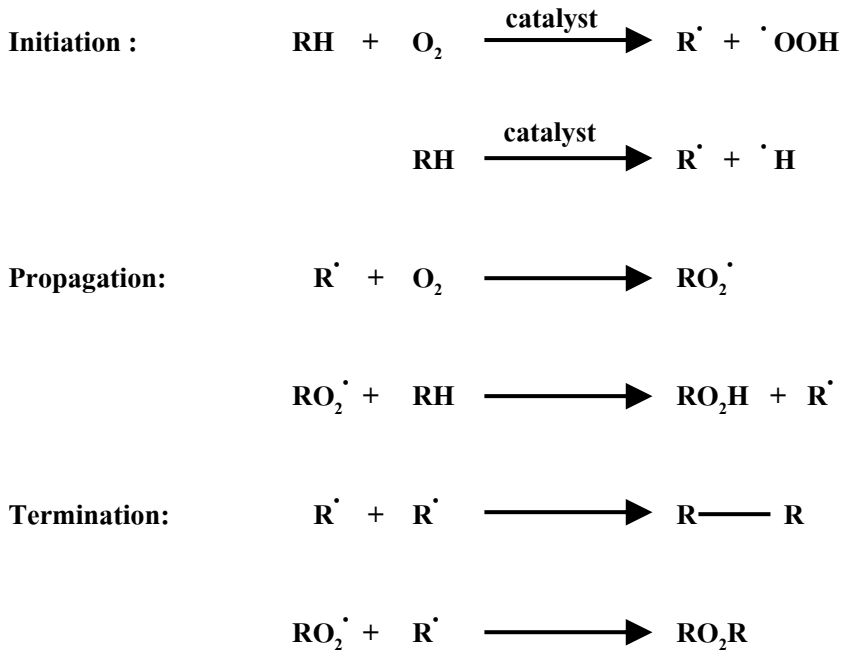


Figure 7 Auto oxidation path way

Remark: RH = unsaturated lipid, $R^{\cdot}$ = lipid radical และ $RO_2^{\cdot}$ = lipid peroxy radical

Source: Hamilton (1994)

ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาเคมีที่มีพลังงานกระตุ้น (activation energy) ต่ำคือ ขั้นแรก (Initiation) 4-5 กิโลแคลอรีต่อโมล และขั้นที่ 2 (Propagation) 6-14 กิโลแคลอรีต่อโมล (Hamilton, 1994) อาหารที่มีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงนี้จะเกิดการออกซิเดชันได้เร็วมาก โดยกรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวมากกว่าก็จะเกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่า คือ กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ถูกออกซิไดส์ได้เร็วกว่ากรดโอเลอิก (oleic acid) ถึง 64 และ 100 เท่า ตามลำดับ (Hamilton, 1994) ซึ่งการเกิดออกซิเดชันนี้นอกจากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสแล้ว ยังอาจเกิดสารประกอบที่เป็นพิษ (toxic) และทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง เนื่องจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย นอกจากนั้นเปอร์ออกไซด์และอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจะทำลายวิตามินเอและอี ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน และทำปฏิกิริยากับ sulphydryl bond ใน sulphur amino acid ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีอยู่จำกัดในโปรตีนหลายชนิดเมื่อถูกทำลายจะทำให้โปรตีนนั้นมีคุณภาพลดลง (Sanders, 1994)

อาหารมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา ซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารนั้น ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ออกซิเจน และแสง สิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลนำไปสู่การเสื่อมของอาหาร โดยการเสื่อมของอาหารมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ (Singh, 1994) อาหารที่ผ่านการแปรรูปด้วยความร้อนในระดับที่เพียงพอสำหรับยับยั้งกิจกรรมทั้งหมดของเอนไซม์ แต่บางครั้งในการแปรรูปแบบ UHT (Ultra High Temperature) เช่น ในผลิตภัณฑ์นมยูเอชที เอนไซม์บางตัวยังคงมีกิจกรรมอยู่ เช่น alkaline phosphatase, ไลเพส (lipase) และโปรทีเอส (protease) อาหารที่มีโปรตีนเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานอาจเกิดเจลขึ้น เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์โปรทีเอส หรืออาหารที่มีน้ำมันอาจเกิดกลิ่นรส off-note เนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ไลเพส (Kikakis, 1986) ส่วนการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาเคมีอาจเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้เมื่อเก็บอาหารไว้เป็นเวลานาน มีผลทำให้กลิ่นรสและสีผิดปกติ หรือการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้เกิดสีและกลิ่นรสผิดปกติและลดคุณค่าทางโภชนาการของอาหารด้วย นอกจากนี้มีการเสื่อมเสียจากการเสียสภาพของส่วนประกอบของอาหารที่ผ่านความร้อน เช่น ในซอสเกิดน้ำแยกออก (starch retrogradation) ซึ่งเป็นการเสียความคงตัวของอิมัลชันในระหว่างการเก็บรักษา เป็นต้น (Goddord, 1994)

เสริมศักดิ์ คงศรี และคณะ (2513) รายงานว่าน้ำกะทิเข้มข้นที่ได้จากการนำน้ำกะทิไประเหยน้ำจนเหลือประมาณร้อยละ 10-12 แล้วนำไปบรรจุภาชนะปิดสนิทเก็บไว้ในอุณหภูมิปกติ มีการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรส เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาต่างๆกัน พบว่าน้ำกะทิเข้มข้นที่ไม่ได้เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulfite) เป็นสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล เกิดสีน้ำตาลอ่อนขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ประมาณ 3 เดือน เนื่องจากปฏิกิริยา non-enzymatic browning และเมื่อเก็บไว้ 6 เดือน น้ำกะทิเข้มข้นมีสีน้ำตาล และมีกลิ่นน้ำตาลปี๊บ ส่วนน้ำกะทิเข้มข้นที่เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 200-720 ppm เก็บไว้ 15 เดือน มีสีน้ำตาลและมีกลิ่นรสเหมือนเดิมแต่เมื่อนำไปทำไอศกรีมกะทิสด ได้กลิ่นหอมคล้ายน้ำตาลมะพร้าวต่างจากกะทิสด นอกจากนั้น เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด (2540) ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำกะทิดัดแปลงไขมันบรรจุกระป๋องที่แยกเอาน้ำมันมะพร้าวออกบางส่วน แล้วเติมน้ำมันพืชชนิดอื่นลงไปทดแทน โดยทำการศึกษาในสภาวะเร่ง (accelerated shelf-life) พบว่าน้ำกะทิดัดแปลงไขมันบรรจุกระป๋องที่ไม่เติมสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล ที่เติมกรดเอทิลีนไดเอมีนเททราอะซิติก 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และที่เติมสารโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ 200 ppm การเกิดสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นตามเวลา จนกระทั่งถึงระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ คือ 877 866 และ 1,058 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้แล้ว ปิติกานต์ ตติยพันธุ์ (2548) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำกะทิสเตอริไลซ์ที่อยู่ในภาชนะปิดสนิท ในการศึกษาบทบาทของ

อิมัลซิไฟเออร์ สเตบิไลเซอร์ และโปรตีนต่อลักษณะคุณภาพของน้ำกะทิสเตอริไลซ์ พบว่าน้ำกะทิสเตอริไลซ์ที่ไม่ใช้อิมัลซิไฟเออร์และสเตบิไลเซอร์มีการเสื่อมสภาพทางกายภาพ เช่นสีคล้ำขึ้น ความหนืดสูงขึ้น เป็นต้น เกิดขึ้นเร็วกว่าน้ำกะทิสเตอริไลซ์ที่ใช้ Tween 60 เข้มข้นร้อยละ 0.3 และใช้ Tween 60 เข้มข้นร้อยละ 0.3 ร่วมกับ carboxymethyl cellulose (CMC) เข้มข้นร้อยละ 0.96 ตามลำดับ การเก็บน้ำกะทิที่สภาวะเร่งโดยใช้อุณหภูมิ 70°C ก็ส่งผลให้เกิดการเสื่อมสภาพของน้ำกะทิรวดเร็วกว่าการเก็บที่ 60°C โดยส่งผลต่อน้ำกะทิสเตอริไลซ์ที่ไม่ใช้อิมัลซิไฟเออร์และสเตบิไลเซอร์ชัดเจนที่สุดเช่นกัน

ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) ได้ศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิดัดแปลงไขมันโดยการผสมน้ำกะทิกับอิมัลชันของน้ำมันเมล็ดทานตะวัน นมผงขาดมันเนยและน้ำ ในอัตราส่วน 5:5 แล้วนำกะทิดัดแปลงไขมันดังกล่าวผ่านการพาสเจอไรซ์ พบว่าน้ำกะทิดัดแปลงไขมันพาสเจอไรซ์ซึ่งบรรจุในขวดแก้วเกิดการออกซิเดชันในขั้นตอนการพาสเจอไรซ์ เนื่องจากพบค่า PV สูง โดยการให้ความร้อนที่ 90°C ทำให้น้ำกะทิมีค่า PV เป็น 6.86 meq/kg ซึ่งสูงกว่าการพาสเจอไรซ์ที่ 70°C ที่มีค่า PV เป็น 2.89 meq/kg สอดคล้องกับ Hamilton (1994) ที่ได้กล่าวไว้ว่าความร้อนสูงเป็นสาเหตุที่กระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้มาก และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า PV จะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากการสลายตัวของสาร hydrogen peroxide ซึ่งเป็นสาร intermediate ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยสามารถสลายตัวเป็นอัลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ และไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น (Hamilton, 1994) อย่างไรก็ตาม ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) พบว่าเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า Peroxide Vale (PV) อาจไม่ได้ลดลง เพราะถึงแม้สาร hydrogen peroxide จะมีการสลายตัวไปแต่ก็ยังสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ แต่การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นได้อย่างช้าๆ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอการเกิดการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาทางเคมี ในขณะเดียวกันก็มีอนุมูลอิสระอยู่น้อยด้วย ดังนั้นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ต้องอาศัยอนุมูลอิสระในการเกิดปฏิกิริยาจึงเกิดขึ้นได้น้อย

นอกจากการตรวจวัดปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วยค่า PV แล้ว ยังสามารถตรวจวัดด้วยการวัดสาร malonaldehyde ซึ่งเป็นสารประเภทอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยค่า TBA เป็นการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหลังการสลายตัวของสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สำหรับการวิเคราะห์ค่า TBA นั้น ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) พบว่า ค่า TBA เริ่มต้นเป็น 0.95 ไมโครกรัมต่อน้ำกะทิดัดแปลงไขมัน 1 กรัม (μg/g) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาแต่ไม่แตกต่างในทางสถิติ แสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำกะทิที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 °C เกิดขึ้นได้อย่างช้าๆและค่อนข้างน้อย เนื่องจากผลของอุณหภูมิซึ่ง

สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่า PV ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สำหรับน้ำกะทิพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 90 °C นั้นมีค่า TBA เริ่มต้นเป็น 1.26 μg/g แล้วมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆระหว่างการเก็บรักษา จนกระทั่งค่า TBA สูงถึง 1.62 μg/g ในการเก็บรักษาวันที่ 29 ผู้ทดสอบจึงสามารถระบุได้ถึงความผิดปกติของกลิ่นและกลิ่นรสน้ำมัน ซึ่งอาจเกิดจากสารประเภทอัลดีไฮด์บางตัวที่ให้กลิ่นรส “fatty” หรือ “oily” โดยอัลดีไฮด์ที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากันสามารถจัดเรียงตัวได้ต่างกัน (homologous series) 3 รูปแบบคือ ชนิดที่มีการจัดเรียงตัวแบบอิ่มตัว (saturated) ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 11 ตัวขึ้นไป และชนิดที่มีการจัดเรียงตัวแบบ 2-enals ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 9 ตัวขึ้นไป จะให้กลิ่นรส “fatty” ส่วนชนิดที่มีการจัดเรียงตัวแบบ 2,4-dienals ที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 7 ตัวขึ้นไป จะให้กลิ่นรส “oily” (Hamilton, 1994)

การวิเคราะห์ทางเคมีอีกแบบหนึ่งที่สามารถใช้อธิบายการเกิดกลิ่นและกลิ่นรสน้ำมันได้คือ ค่า Acid Value (AV) ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) พบว่าที่เวลาการเก็บรักษาที่เท่ากันทำให้ค่า AV ของน้ำกะทิดัดแปลงไขมันที่ผ่านการพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 °C และ 90°C มีค่าไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือมีค่าอยู่ในช่วง 0.16-0.24 mg/g และ 0.18-0.21 mg/g ตามลำดับ และเมื่อเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้นพบว่าค่า AV ของแต่ละอุณหภูมิคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน โดย ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) สรุปว่าอาจเนื่องมาจากความร้อนจากกระบวนการผลิตทั้ง 2 อุณหภูมิ สามารถทำลายเอนไซม์ซึ่งเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสให้หมดไปได้ ดังนั้นเมื่อไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยาจึงไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้นหรือเกิดขึ้นได้น้อยมาก ดังนั้นกลิ่นน้ำมันที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาที่เป็นสาเหตุให้คะแนนความแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมทางด้านกลิ่นและกลิ่นรสเพิ่มขึ้นนั้นสามารถสรุปได้ว่าไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันนั่นเอง

5. ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิไขมันต่ำหรือดัดแปรไขมัน

กรผกา อรรคนิตย์ (2539) ผลิตน้ำกะทิดัดแปลงไขมันบรรจุกระป๋อง โดยการแยกเอาน้ำมันมะพร้าวออกบางส่วน แล้วเติมน้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงโดยเฉพาะกรดลิโนเลอิกลงไปทดแทน โดยทดลองใช้น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดคำฝอยน้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันรำข้าวกับน้ำมันเมล็ดคำฝอยในอัตราส่วน 7:3 เติมลงไปแทนที่น้ำมันมะพร้าวที่แยกออกไปร้อยละ 50 เพื่อยังคงรักษากลิ่นรสกะทิและให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ พบว่าคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทั้งกลิ่นและรสชาติของน้ำกะทิดัดแปลงไขมันบรรจุกระป๋องแตกต่างจากน้ำกะทิธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่

น้ำกะทิดัดแปลงไขมันที่ใช้น้ำมันพืชต่างชนิดกันไม่แตกต่างกัน จึงเลือกใช้น้ำมันเมล็ดทานตะวันและน้ำมันรำข้าว โดยคำนึงถึงคุณภาพทางโภชนาการ ความหนืดและราคา เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด (2540) ได้ทดลองในทำนองเดียวกัน โดยใช้น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน น้ำมันเมล็ดคำฝอยและน้ำมันรำข้าวทดแทนน้ำมันมะพร้าวในระดับร้อยละ 25 50 และ 75 แล้วพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 72°C นาน 15 วินาที พบว่าน้ำกะทิดัดแปลงไขมันที่แทนที่ด้วยน้ำมันรำข้าวร้อยละ 75 เหมาะสมที่สุดในการเตรียมเป็นน้ำกะทิดัดแปลงไขมัน เนื่องจากสามารถแทนที่น้ำมันมะพร้าวได้สูงสุด โดยไม่ทำให้กลิ่นและกลิ่นรสแตกต่างไปจากน้ำกะทิธรรมชาติ

6. สารทดแทนไขมัน

สารทดแทนไขมัน หมายถึง สารที่ใช้เพื่อทดแทนหรือลดปริมาณของไขมันในอาหารลง โดยต้องให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ในอาหารได้เหมือนหรือใกล้เคียงกับไขมัน

6.1 ประเภทของสารทดแทนไขมัน

ในการแบ่งกลุ่มสารทดแทนไขมันนั้นโดยทั่วไปนิยมแบ่งตามแหล่งที่มาของสารดังนี้

6.1.1 สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate based fat replacer)

สารทดแทนไขมันกลุ่มนี้ได้จากพืชและธัญชาติ เป็นกลุ่มที่นิยมศึกษาเกี่ยวกับการลดไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารในยุคเริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากสามารถละลายน้ำแล้วเกิดโครงร่างคล้ายเจล เพิ่มความหนืดและเนื้ออาหารในผลิตภัณฑ์ ให้ลักษณะเป็นครีม สารทดแทนไขมันกลุ่มนี้มีข้อจำกัดในการใช้ คือ ให้ลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่ดี ไม่สามารถใช้กับอาหารทอดได้ กรณีสามารถจับน้ำได้ดีจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณน้ำสูงกว่าปกติ ค่า water activity (a_w) ที่สูงขึ้นจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง (ทวีชัย พืชผล, 2537)

6.1.2 สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน (Protein based fat replacer)

สารทดแทนไขมันจำพวกโปรตีนได้มาจากผลิตภัณฑ์โปรตีน เช่น ไข่ นม ถั่วเหลือง ข้าวสาลี กลูเตน เป็นต้น สารทดแทนไขมันกลุ่มนี้มักทำหน้าที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการจับน้ำ เกิดอิมัลชัน ปรับปรุงความรู้สึกระหว่างอยู่ในปากและเนื้อสัมผัส โดยสามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารประเภททอด ลักษณะเป็นครีม (creamy) และผลิตภัณฑ์เนื้อสัมผัสเหมือนไขมัน (fat-like texture) แต่มีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากโปรตีนสามารถเสียสภาพเมื่อถูกความร้อนและจับตัวกันเป็นก้อน (coagulation) ดังนั้นจึงปรับปรุงคุณลักษณะสารทดแทนไขมันกลุ่มนี้เกิดเป็นอนุภาคโปรตีนขนาดเล็ก (microparticulated protein) ซึ่งผลิตจากไข่ขาวและหางนม โปรตีนจากนม

ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและปั่นผสมกันทำให้เกิดการรวมกลุ่มของโปรตีน เกิดเป็นอนุภาคทรงกลมขนาดเล็กประมาณ 0.1-0.2 ไมโครเมตร เกาะรวมกับโมเลกุลของน้ำ อนุภาคทรงกลมที่มีขนาดสม่ำเสมอทำให้สามารถกลิ้งไปมาได้ง่าย เป็นผลให้ต่อมรับรสรู้สึกถึงของเหลวคล้ายครีมที่มีความเนียนข้นเช่นเดียวกับไขมัน (Lucca and Tepper, 1994 อ้างโดย ทวีชัย พืชผล, 2537)

6.1.3 สารทดแทนไขมันประเภทไขมัน (Lipid based fat replacer)

สารทดแทนไขมันที่ได้จากไขมันหรือลิปิด สามารถใช้แทนไขมันได้โดยตรง โดยมีลักษณะไม่ต่างจากไขมันทั้งด้านการให้ความร้อนและลักษณะทางกายภาพ ทำหน้าที่เก็บกักน้ำและอากาศ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความนุ่ม เกิดอิมัลชันที่ดีทั้งแบบไขมันในน้ำ (oil in water) และน้ำในไขมัน (water in oil) เพิ่มความหนืดและความชุ่มน้ำ (wetting agent) (Lucca and Tepper, 1994 อ้างโดย ทวีชัย พืชผล, 2537) นิยมใช้การทำปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) ระหว่างกรดไขมันที่ร่างกายย่อยไม่ได้กับโครงหลัก (backbone) ของสายโซ่กลีเซอรอล (glycerol chain) ทำให้ปริมาณแคลอรี่ลดลงหรือเป็นศูนย์ (Giese, 1996 อ้างโดย ทวีชัย พืชผล, 2537) สารทดแทนไขมันในกลุ่มนี้ที่นิยมเติมในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ คือสารอิมัลซิไฟเออร์ ได้แก่ lecithin, sucrose fatty acid esters, sodium stearoyl lactylates เป็นต้น สารทดแทนไขมันกลุ่มนี้เหมาะกับการใช้ทดแทนในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่ และอื่นที่ผลิตโดยการอบ (ADA report, 2005) ตัวอย่างสารทดแทนไขมันประเภทต่างๆและชื่อทางการค้า รวมทั้งหน้าที่ที่เหมาะสมในอาหารได้แสดงดัง Table 9 ซึ่งรวบรวมและรายงานโดย ADA report (2005)

6.2 การประยุกต์ใช้สารทดแทนไขมันในอาหารบางชนิด

Giese (1996) อ้างโดย ทวีชัย พืชผล (2537) กล่าวว่า ไขมันเป็นสารอาหารตัวหนึ่งที่ให้พลังงานแก่ร่างกาย โดยไขมัน 1 กรัม ให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี่ ซึ่งจะให้พลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรตถึง 2 เท่า ร้อยละ 95 ของไขมันและน้ำมันประกอบด้วย สารที่เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากกลีเซอรอล (glycerol) จำนวน 3 โมเลกุล ซึ่งไตรกลีเซอไรด์นั้นไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง ถ้าอยู่ในรูปของแข็งเรียกว่า ไขมัน (fat) และเรียกน้ำมัน (oils) เมื่ออยู่ในรูปของเหลว Tang และ Chen (1994) กล่าวว่าโดยทั่วไปไขมันจะมีผลต่อคุณภาพกลิ่นรสของอาหารมากกว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต โดยไขมันจะทำหน้าที่ให้กลิ่นรสที่พึงปรารถนา และในทางตรงกันข้ามไขมันจะมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนในอาหารที่มีน้ำมันและไขมัน McGray (1993) กล่าวว่าไขมันและน้ำมันจะมีหน้าที่และบทบาทต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อย่างมาก นอกจากนี้ไขมันหรือน้ำมันยังมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับส่วนผสมอื่นๆในการให้คุณลักษณะเกี่ยวกับความรู้สึกในปาก (mouth feel) เนื้อสัมผัส (texture) ความรู้สึกโดยรวม (overall)

นักพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจึงได้พยายามวิจัยและพัฒนาหาสารทดแทนไขมันมาใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร ในปี ค.ศ. 1990 Nutririon Labelling and Education (NLEA) จึงได้กำหนดมาตรฐานของอาหารลดพลังงาน อาหารไขมันต่ำ อาหารปราศจากไขมัน เป็นต้น

Hollingsworth (1996) รายงานว่าหน่วยพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ของสหรัฐอเมริกาได้สำรวจผู้บริโภคชาวอเมริกัน พบว่าผู้บริโภค 8 ใน 10 คน เลือกที่จะบริโภคอาหารประเภทไขมันต่ำ และผู้บริโภคมากกว่าครึ่งจะตอบว่าจะเลือกบริโภคอาหารที่ปราศจากไขมัน ในปัจจุบันอาหารไขมันต่ำและอาหารประเภทปราศจากไขมันกำลังได้รับความนิยมสูงในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับในทวีปเอเชียนั้น Carroll (1996) รายงานว่าความนิยมอาหารที่ให้พลังงานต่ำในทวีปเอเชียยังไม่มากเท่าประเทศซีกตะวันตก ศูนย์เทคโนโลยีอาหารของประเทศสิงคโปร์รายงานว่า อาหารประเภทพลังงานต่ำในสิงคโปร์ที่ได้รับความสนใจคือผลิตภัณฑ์นมและเครื่องดื่ม อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่า ชาวเอเชียเริ่มให้ความสนใจในการบริโภคอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ แต่ยังคงยึดติดกับลักษณะปรากฏ รสชาติ และคุณภาพของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ในการพัฒนาอาหารไขมันต่ำจึงต้องมีการเลือกใช้สารทดแทนไขมันชนิดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของหารที่ต้องการก่อน โดยใน Table 9 ได้เสนอการใช้สารทดแทนไขมันบางชนิดที่เหมาะสมกับบทบาทหน้าที่ในอาหารที่มีความแตกต่างกันไป

Table 9 Some fat replacer and there functional in food

Type	Some commercial fat replacer	Functional in food
Carbohydrate-based	Cellulose (e.g. Avicela, Just Fiber[b]) Dextrins and modified starches (e.g. Stellar[c], N-Lite-S[d], Inscositye) Fruit-based fiber (e.g. dried plum paste, prune paste, WonderSlim[f]) Garin-based fiber (e.g. Betatrim[g], Z-trim[h]) Hydrocolliod gums (e.g. Kelgumi, Keltrolj, Kelcogel[i]) Maltodextrin (e.g. Paselli[k], Maltrine) Pectin (e.g. Grindsted[l], Spendid[m]) Polydextrose (e.g. Gelcarina, Litessen, Sta-litec)	Binder, body, bulking agent, flavor enhancer, gelling, moisture retention, mouth feel, reduce syneresis, stabilize emulsion and foam, texture, thickener, viscosity
Protein-based	Microparticulate protein (e.g. Simpless) Modified whey protein concentrate (e.g. Dairy-lo)	Colloidal gels, mouth feel, slow melt-down, reduce syneresis, water binding capacity

Table 9 (Cont.)

Type	Some commercial fat replacer	Functional in food
Fat-based	Altered triglycerides, low calories (e.g. Caprenin, Benefat) Sucrose polyester, no calories (e.g. Olean)	Emulsion, mouth feel
Combination	Carbohydrate + protein (e.g. Mimix) Carbohydrate + lipid (e.g. OptaMax, Fantesk)	Flavor and texture enhancer, mouth feel, water retention

Source: ADA report (2005)

สารทดแทนไขมันแต่ละชนิดที่ผลิตขึ้นมาอาจใช้ได้กับอาหารประเภทเดียวหรือหลายประเภท ADA report (2005) ได้รวบรวมชื่อทางการค้าของสารทดแทนไขมันที่เหมาะกับการใช้ในอาหารแต่ละประเภทดังแสดงใน Table 10

Table 10 Some sample of suitable fat replacers for some fat category

Fat category	Fat replacer		
	Carbohydrate-based	Protein-based	Fat-based
Baked food	Fibers, gums, inulin, maltodextrins, polydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate, protein blends	Benefat[a], emulsifiers
Cereal and grain products	Fibers, gum, inulin, maltodextrins, Oatrim[c], polyextrose, starches	Microparticulated protein	Emulsifiers, Olean[b]
Confectionery and candies	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, Oatrim[c], pilydextrose, starches	Microparticulated protein	Benefat, Caprenin[b], emulsifiers
Cooking and salad oils	NA[d]	Microparticulated protein	NA
Dairy products	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, Oatrimc, pilydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers

Table 10 (Cont.)

Fat category	Fat replacer		
	Carbohydrate-based	Protein-based	Fat-based
Dairy products, refrigerated and frozen desserts	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, Oatrim[c], pilydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate, protein blends	Emulsifiers, Benefat
Meat and poultry products	Gums, inulin, maltodextrins, Oatrim, starches	NA	NA
Other fats and oils	Cellulose, gelatin, gums, inulin, maltodextrins, Oatrim, pilydextrose, starches	Microparticulated protein, protein blends	Emulsifiers, Benefat
Prepared entres	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, Oatrim[c], pilydextrose, starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers, Benefat
Confectionery and candies	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, Oatrim[c], starches	Microparticulated protein, modified whey protein concentrate	Emulsifiers
Cooking and salad	Cellulose, gums, inulin, maltodextrins, Oatrim[c], starches	NA	Olean[b]

Remark**:** - [a] Cultor Food Science, Inc, Ardsley, NY

- [b] Proctor and Gamble, Cincinnati, OH

- [c] Rhone-Poulenc, Inc, Cranbury, NJ

- [d] NA = not applicable

Source: ADA report (2005)

6.3 การใช้สารทดแทนไขมันทดแทนกะทิในอาหาร

กะทิเป็นส่วนผสมที่จำเป็นในอาหารไทยหลายชนิด ซึ่งคนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภค แต่อย่างไรก็ตามไขมันในกะทิมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูง (เสาวนีย์, 2522 อ้างโดย วิสิฐ จะวะสิต, 2537) นอกจากนี้อาหารบางอย่างยังเติมเกลือและน้ำตาลในปริมาณสูงอีกด้วย ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ จึงทำให้ต้องงดอาหารที่มีกะทิเป็นส่วนผสม การที่จะสามารถผลิตอาหารประเภทที่มีกะทิผสมอยู่โดยใช้สารทดแทนไขมันโดยที่รูปแบบและรสชาติของอาหารเหล่านั้นใกล้เคียงกับอาหารดั้งเดิม จะช่วยให้ผู้บริโภคมีโอกาสเลือกอาหารที่บริโภคได้เพิ่มขึ้นอีกหลายชนิด

วิสิฐ จะวะสิต และคณะ (2537) ได้พัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพขึ้น โดยเฉพาะอาหารสูตรที่มีส่วนผสมของกะทิ เพื่อแก้ปัญหาในเรื่องโภชนะบำบัดของผู้ป่วยที่เป็นโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อมเนื่องจากการเพิ่มของอายุ (degenerative condition) เช่น โรคความดันโลหิตสูง เส้นเลือดอุดตัน เบาหวานเป็นต้น ให้ได้บริโภคอาหารที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาหารปกติในชีวิตประจำวัน โดยใช้โปรตีนจากนมคือแคลเซียมเคซิเนต หรือใช้โปรตีนถั่วเหลือง และน้ำมันถั่วเหลืองเป็นสารทดแทนกะทินำมาเตรียมอาหารคาว ซึ่งสูตรดั้งเดิมเตรียมได้โดยการผัดเครื่องแกงกับหัวกะทิ แต่ในสูตรทดแทนนี้ต้องผัดเครื่องแกงกับน้ำมันพืชก่อน แล้วจึงเติมสารละลายของสารทดแทนกะทิลงไป จากการวิจัยพบว่าอาหารที่ได้จากสูตรทดแทนมีปริมาณของกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) คือกรดลิโนเลอิกและกรดลิโนเลนิก สูงกว่าในสูตรดั้งเดิมมาก ดังแสดงใน Table 11

Table 11 Essential fatty acid content (% of total fat) and the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid (PUFA/S) in original food and reduced fat food

Menu	Original			Reduced fat		
	Linoleic	Linolenic	PUFA/S	Linoleic	Linolenic	PUFA/S
แกงคั่วหน่อไม้ดอง	7.9	0.7	0.11	50.9	4.7	3.22
แกงเขียวหวานไก่	1.2	0	0.01	49.0	1.6	2.46
แกงกะหรี่ไก่	6.6	0	0.09	47.6	4.5	3.26
แกงเผ็ดหน่อไม้ฝอย	1.9	0.5	0.02	49.7	4.2	3.01
แกงมัสมั่นไก่	10.1	0.1	0.14	44.6	3.1	2.75
แกงสับนก	1.5	0	0.02	45.1	4.0	1.92
น้ำยาขนมจีน	1.6	0	0.02	46.5	4.2	2.60
น้ำพริกขนมจีน	14.4	1.0	0.22	43.2	3.6	2.52
พะแนงไก่	6.9	0.1	0.09	46.4	3.8	2.78
ต้มข่าไก่	1.7	0	0.02	48.7	4.6	3.04
เต้าเจี้ยวหลน	2.6	0.1	0.03	41.0	3.7	1.90

Source: ดัดแปลงจาก วิสิฐ จะวะสิต และคณะ (2537)

เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid, PUFA) ต่อกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, S) หรือค่า PUFA/S พบว่าอาหารสูตรดั้งเดิมมีค่า PUFA/S เพียง 0.01-0.22 เท่านั้น ในขณะที่สูตรที่ใช้สารทดแทนมีค่าประมาณ 2-3 ทั้งนี้เนื่องจากสารที่ใช้ทดแทนกะทิคือ โปรตีนถั่วเหลืองและน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งมีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณที่สูงโดยเฉพาะกรดไขมันจำเป็นทั้งสองชนิด อาหารที่มีค่า PUFA/S สูงเชื่อว่าจะมีส่วนในการช่วยลดการสร้างคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดและลดอาการหัวใจขาดเลือด (วิสิฐ จะวะสิต และคณะ, 2537) นอกจากนี้ค่า PUFA/S อาจมีผลต่อความดันโลหิตด้วย โดยพบว่าคนปกติหรือคนที่มีความดันโลหิตสูงเล็กน้อย จะมีความดันโลหิตลดลงเมื่อได้บริโภคอาหารที่มีอัตราส่วน PUFA/S ประมาณ 1 หรือสูงกว่า (วิสิฐ จะวะสิต และคณะ, 2537) นอกจากนั้น Pehowich และคณะ (2000) รายงานถึงการลดการบริโภคกรดไขมันอิ่มตัว และเพิ่มการบริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่งและหลายตำแหน่ง มีผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดต่ำลง ดังนั้นอาหารที่ใช้สารทดแทนเหล่านี้จึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ป่วยหรือผู้ที่มีแนวโน้มจะเป็นโรคเส้นเลือดอุดตันและความดันโลหิตสูงด้วย น้ำมันพืชเป็นส่วนผสมสำคัญที่ต้องใช้ในอาหารสูตรทดแทนเนื่องจากทำให้คุณภาพทางโภชนาการของอาหารสูตรทดแทนเหนือกว่าอาหารสูตรดั้งเดิม นอกจากนั้นยังจำเป็นต้องเติมน้ำมันพืชเพื่อให้มีลักษณะแยกชั้นแบบแกงกะทิและให้มีความรู้สึกมันภายในปากเหมือนกับกะทิด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อคำนึงถึงเรื่องการยอมรับของผู้บริโภคต่ออาหารสูตรทดแทนพบว่าควรทดลองต่อไปเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของน้ำแกง โดยการเติมน้ำกะทิธรรมชาติลงไปในส่วนผสมของน้ำแกงในปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณที่ใช้ในสูตรดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงให้อาหารมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น โดยพบว่ายังมีปริมาณของกรดไขมันจำเป็นและค่า PUFA/S ในระดับที่น่าพอใจ

6.4 สารทดแทนไขมันที่ใช้ในการทดลอง

จากการคัดเลือกสารทดแทนไขมันเพื่อนำมาใช้ในการทดลองตามคุณสมบัติของการทดแทนไขมันและวิธีการในการเตรียมผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้อุณหภูมิสูงและต้องการคุณสมบัติการเป็นสาร emulsifier ที่ดี ในการทดลองจึงเลือกใช้สารทดแทนไขมันดังต่อไปนี้

6.4.1 Maltodextrin

มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin) ได้จากการย่อยสตาร์ชบางส่วน ไม่หวาน มีค่า DE (dextrose equivalent) ต่ำกว่า 20 อาจเตรียมในรูปผงหรือสารละลายเข้มข้น มอลโตเดกซ์ทริน มีค่า DE ต่ำ สามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันได้ (Altschul, 1993) และการที่มีกลิ่นอ่อน ไม่มีกลิ่นของสาตาร์ช (starchy) จึงไม่บดบังกลิ่นรสอื่นๆ (Morris, 2004) ตัวอย่างของมอลโตเดกซ์ทรินที่ขายในทางการค้าเพื่อใช้เป็นสารสารทดแทนไขมันมีดังนี้ N-Lite^{TM}D เป็นมอลโตเดกซ์ทรินที่พัฒนาโดย

บริษัท National Starch and Chemical ช่วยให้อิมัลชันคงตัว โดยเพิ่มความหนืดของ continuous phase (Powrie and Tung, 1976 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) Maltrin ® M040 ผลิตจากสตาร์ชข้าวโพด โดยบริษัท Grain Processing Corporation (Anonymous, 1986 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) มีลักษณะเป็นผงสีขาวได้จากกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย มีค่า DE ประมาณ 5 สามารถละลายในน้ำร้อนได้อย่างสมบูรณ์ เกิดเจลชนิดผันกลับได้ด้วยความร้อนโดยเจลมีกลิ่นรสอ่อน ให้ความรู้สึกเรียบเนียนในปาก และมีเนื้อสัมผัสคล้ายคลึงกับน้ำมันที่มี การเติมไฮโดรเจน (hydrogen oil) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม สามารถใช้ทดแทนไขมันได้บางส่วน (Anonymous, 1990 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) เช่น ในน้ำสลัด เนยเทียม และขนมหวานแช่เยือกแข็งเป็นต้น (Anonymous, 1990 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) Paselli SA2 เป็นมอลโตเดกทรินจากสตาร์ชเป็นมอลโตเดกซ์ทรินจากสตาร์ชมันฝรั่ง ผลิตโดยบริษัท Avebe America Inc. มีค่า DE ต่ำกว่า 5 (Anonymous, 1990; White, 1993 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) สามารถเกิดเจลชนิด thermostable ซึ่งมีลักษณะเรียบเนียน เนื้อสัมผัสคล้ายไขมันและกลิ่นรสอ่อน (Anonymous, 1990 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2540) ทดแทนไขมันหรือน้ำมันได้มากกว่าร้อยละ 50 ในอาหารหลายชนิด (LaBarge, 1988 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2540)

6.4.2 แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Tapioca Modified starch)

แป้งดิบทั่วไปมีสมบัติบางประการไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ มีช่วงความหนืดที่แคบ มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่างๆต่ำ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำและสิ้นเปลืองงบประมาณในการผลิตโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงมีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของแป้งดิบเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่น ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น คงทนต่อสภาวะในการผลิตได้ดี (Light, 1990) การเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) การคืนตัว (retrogradation) และการสูญเสียน้ำของเจลลดลง มีความคงตัวในการละลายจากการแช่แข็ง (freeze-thaw) เพิ่มขึ้น ลักษณะของเนื้อเจลดีขึ้น มีคุณสมบัติความเป็นกาวเพิ่มขึ้น มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) หรือความสามารถในการผสมกับตัวละลายอื่นๆเพิ่มขึ้น (BeMiller, 1997) แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูง มีการปนเปื้อนของสารประกอบเคมีอื่นๆต่ำ เหมาะต่อการนำมาทำปฏิกิริยาเคมี ส่วนอสัณฐาน (amorphous) ของอะมิโลเพกทินจะเป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยาเคมีได้ดีที่สุด แป้งดัดแปร (modified starch) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1073-2535 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง (starch) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและ/หรือเอนไซม์ และ/หรือสารเคมีชนิดต่างๆเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม

อาหารต่างๆ ซึ่งคุณลักษณะเกณฑ์ชี้บ่งต่างๆของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2535)

สตาร์ชดัดแปร เป็นสตาร์ชที่ถูกดัดแปรโครงสร้างโมเลกุล โดยวิธีทางกายภาพและทางเคมี ทำให้สตาร์ชมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหารได้อย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น เช่น สตาร์ชที่ดัดแปรโดยวิธีออกซิเดชัน (oxidation) ครอสลิ้งค์กิ้ง (cross-linking) และพรีเจลาติไนซ์ (pregelatinization) ตัวอย่างเช่น Sta-SlimTM143 เป็นสตาร์ชมันฝรั่งดัดแปรที่สามารถให้ความรู้สึกในปากและเนื้อสัมผัสคล้ายไขมัน (Anonymous, 1990 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2540) สามารถใช้ทดแทนไขมันได้บางส่วนในอาหารหลายชนิด (White, 1993 อ้างโดย พัชรินทร์ รักถาวร, 2540)

6.4.3 โปรตีนสกัดจากมะพร้าว

โปรตีนที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวนั้นสามารถใช้เป็นโปรตีนทดแทนโปรตีนจากแหล่งอื่นซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จึงได้มีผู้คิดค้นหาวิธีสกัดโปรตีนจากเนื้อมะพร้าว โดยได้มีการสกัดโปรตีนมะพร้าวจากวัตถุดิบทั้งที่เป็นเนื้อมะพร้าวและกากมะพร้าว (Rao, 1969; Chelliah and Baptist, 1969; Hagenmaier *et al*., 1973; Kwon *et al*., 1996; Sringam, 1997; คุณาพร เงินศรีตระกูล และ รัชดาภรณ์ เพ็ชรนิคม, 2545) โดยการสกัดโปรตีนจากวัตถุดิบมะพร้าวดังกล่าวนั้นมีวิธีสกัดที่แตกต่างกันหลายวิธี เช่น การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย การสกัดโดยใช้เอนไซม์ และการสกัดด้วยวิธีธรรมชาติ สำหรับตัวอย่างสารละลายโปรตีนจากมะพร้าวที่นี้คือการสกัดด้วยการใช้ตัวทำละลายได้แก่ กรด ด่าง และเกลือ ซึ่งมีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน สกัดโปรตีนจากกากมะพร้าวที่ผ่านการคั้นน้ำกะทิแล้ว

Chelliah และ Baptist (1969) ได้ศึกษาการสกัดโปรตีนจากกากมะพร้าวที่บีบน้ำมันออกแล้วเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์และใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรโดยใช้กรดเจือจาง ด่าง และสารละลายเกลือ พบว่าการใช้ NaOH สามารถสกัดโปรตีนที่มีปริมาณ Leucine สูงที่สุด รองลงมาคือ Lysine และ Phenylalanine Kinsella และ Srinivasan (1981) ได้วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะของโปรตีนที่มีในอาหารที่แสดงออกมาระหว่างการแปรรูป การเก็บรักษา และการเตรียมซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารโดยคุณสมบัติเชิงหน้าที่โดยทั่วไปของโปรตีนอาหารแสดงดัง Table 12

Table 12 Functional properties of coconut protein in food

Functional properties	Mode of action	Food system
Solubility	Protein salvation, pH dependent	Beverages
Water absorption & binding	Hydrogen-bonding of H_2O, entrapment of H_2O (no drip)	Sausages, breads, cakes
Viscosity	Thickening, H_2O binding	Soups, gravies
Gelation	Protein matrix formation and setting	Meats, curds, cheese
Cohesion-adhesion	Protein acts as adhesive material	Meats, sausages, baked
Elasticity	Hydrophobic bonding in gluten, disulfide links in gels	Meats, bakery
Emulsification	Formation and stabilization of fat emulsions	Sausages, bologna, soup, cakes
Fat absorption	Binding of free fat	Meats, sausage, donuts
Flavor binding	Absorption. Entrapment, release	Simulated meats, bakery
Foaming	Forms stable films to entrap gas	Whipped toppings, chiffon

Source: Kinsella and Srinivasa (1981)

นอกจากนี้ Kinsella และ Srinivasan (1981) ได้วิเคราะห์คุณสมบัติเชิงหน้าที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะของโปรตีนที่มีในอาหารที่แสดงออกมาระหว่างการแปรรูป การเก็บรักษา และการเตรียมซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยแสดงปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนใน Table 13

Table 13 Affective factors for functional properties of protein

Intrinsic	Process treatments	Environmental factor
Composition of protein	Heating	Water
Conformation of protein	pH	Ions
Mono and multi component	Salts	pH
Monogeneity-heterogeneity	Drying	Temperature
	Physical and chemical	Oxidizing, reducing agent
	Modification	Lipid, flavor, sugars

Source: Kinsella and Srinivasa (1981)

6.4.4 Sodium caseinate

โปรตีนเคซีนที่จำหน่ายทางการค้าจะอยู่ในรูปเกลือเคซิเนต ได้แก่ โซเดียมเคซิเนต และแคลเซียมเคซิเนต ซึ่งละลายน้ำดีกว่าและมีคุณสมบัติเชิงเคมีฟิสิกส์ (physicochemical properties) แตกต่างจากเคซีนไมเซลล์ในหางนม โปรตีนเคซิเนตเป็นโปรตีนที่เกิดการเกาะกลุ่มและรวมมวลได้ง่ายในสภาวะที่มีแคลเซียมไอออนร่วมกับการให้ความร้อน โดยเฉพาะเมื่อทำการลด pH ให้เข้าใกล้ 4.6 ซึ่งเป็นไอโซอิเล็กทริกพีเอชของเคซีน เนื่องจากแคลเซียมไอออนจะทำให้สมดุลของแคลเซียมฟอสเฟตในเคซิเนตเสียไป (Dalgleish, 1997) โปรตีนเคซิเนตจึงใช้งานได้ในช่วง pH และความเข้มข้นของแคลเซียมจำกัด ในขณะที่โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ซึ่งเป็นโปรตีนทรงกลม (globular protein) สามารถละลายได้ในช่วง pH กว้าง (Liu, 1997) และตกตะกอนได้เมื่อเติมแคลเซียมไอออนหลังจากการให้ความร้อนที่สูงพอที่จะทำให้โปรตีนเสียสภาพบางส่วน (Scilingo and Anon, 1996) ดังนั้นเมื่อนำโปรตีนทั้ง 2 ชนิดมาใช้ร่วมกันโดยให้อยู่ในรูปโปรตีนคอมโพสิท อาจทำให้คุณสมบัติเชิงหน้าที่ด้านต่างๆ เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

โซเดียมแคซีเนท (sodium caseinate) เป็นส่วนที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนในน้ำนม ประกอบด้วยโปรตีนมากกว่าร้อยละ 85 (จิระศักดิ์ วังวิวัฒน์, 2528) มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ดี สามารถจับกับน้ำและไขมันได้ดี มีความคงตัวสูงระหว่างการแช่แข็งและการละลาย (freeze-thaw stability) ปริมาณที่แนะนำให้ใช้อยู่ในช่วงร้อยละ 0.6-2.0 โดยอาจเติมโซเดียมเคซีเนตลงไปโดยตรงหรือเติมในรูปของ fat emulsion ก็ได้ (Salavatulina *et al.*, 1975)

6.4.5 โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Soy Protein isolate)

โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (Soy Protein Isolate) มีองค์ประกอบของโปรตีนประมาณร้อยละ 90 เป็นโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์สูง เพราะผ่านการสกัดแยกเอาไขมันออกแล้ว

นอกจากนี้ยังไม่มีกลิ่นถั่วเหลือง (Macrae *et al*., 1993) ทำหน้าที่เป็นสารช่วยในการยึดเกาะในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก โดยในโครงสร้างของโปรตีนจากถั่วเหลืองจะมีทั้งกลุ่มของลิโพฟิลิค (lipophilic) และไฮโดรฟิลิค (hydrophilic) ทำให้สามารถยึดเกาะกับน้ำและไขมันได้มาก มีการกระจายตัวในน้ำได้ง่าย ลดปัญหาการเกิดกลิ่นถั่วเหลือง (beanny flavor) ในผลิตภัณฑ์ จึงเหมาะจะใช้ทดแทนแป้งถั่วเหลือง (soy flour) โปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีช่วงการละลายได้เท่ากับ 5-95NSI (Nitrogen Solubility Index) สามารถดูดซับน้ำได้เกิน 4 เท่า ของน้ำหนัก หน้าที่สำคัญของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกคือสามารถสร้างเจลเป็นโครงสร้างลักษณะคล้ายร่างแหที่สามารถห่อหุ้มน้ำ ไขมัน และของแข็งให้อยู่รวมกันได้ ซึ่งเป็นผลทำให้ความคงตัวของอิมัลชันดีขึ้น (Bianchi, 1985) อย่างไรก็ตามการเติมโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองสูงเกินร้อยละ 4 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทำให้ไส้กรอกมีสีแดงลดลงและมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Chin *et al*., 1999) ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์เนื้ออิมัลชันใช้โปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เพื่อเลียนแบบคุณสมบัติของไขมัน โดยส่วนใหญ่จะใช้โปรตีนถั่วเหลืองไม่เกินร้อยละ 3 ของ น้ำหนักผลิตภัณฑ์สำเร็จ

นอกจากการใช้โปรตีนถั่วเหลืองเป็นสารทดแทนไขมันแล้ว โปรตีนถั่วเหลืองยังมีประโยชน์ด้านสุขภาพ คือช่วยลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ โรคกระดูกพรุน โรคมะเร็งบางชนิด เป็นต้น โดยที่โปรตีนถั่วเหลืองสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลทั้งหมด ในเลือดและช่วยลดระดับไลโพโปรตีนคอเลสเตอรอลที่มีความหนาแน่นต่ำ (LDL-cholesterol) ในร่างกายได้ โดยคอเลสเตอรอลเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (Potter, 2000) เนื่องจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีสารประเภท isoflavone ซึ่งได้แก่ genistein และ daidzein ที่สามารถช่วยลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจได้ (Potter *et al*., 1998) โดยผลงานวิจัยของ Katsuda และคณะ (1997) ได้ทดสอบผลการยับยั้งการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของร่างกาย การทดสอบจะใช้ผู้ทดสอบเพศชายจำนวน 13 คน โดยมีอายุระหว่าง 27-62 ปี โดยทำการบริโภคไส้กรอกที่มีส่วนผสมของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองร่วมกับการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูง ซึ่งต้องบริโภคให้ได้พลังงานเท่ากับร้อยละ 110 ของพลังงานเฉลี่ยที่ต้องการต่อวัน มีการเตรียมไส้กรอกโดยมีส่วนผสมของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองปริมาณ 9.9 กรัมต่อวัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เมื่อตรวจระดับคอเลสเตอรอลในซีรัมของผู้ทดสอบ พบว่าระดับคอเลสเตอรอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

โภชนาบำบัดเป็นวิธีการที่สำคัญในการชะลออัตราการเสื่อมสภาพของอวัยวะและระบบต่างๆของร่างกายอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอายุ นอกจากนี้ยังใช้ป้องกันรักษาโรคที่เกิดจากการเสื่อมสภาพดังกล่าว วิสิฐ จะวะสิต และรุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์ (2535) ได้ทำการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพโดยใช้สารทดแทนไขมันคือโปรตีนจากนม (นมผง) และถั่วเหลือง (แป้งถั่วเหลืองและ

นมถั่วเหลือง) ทดแทนกะทิในอาหารไทยประเภทอาหารคาวที่ต้องใช้กะทิเป็นส่วนผสมจำนวน 11 ชนิด พบว่าอาหารที่ใช้สารทดแทนมีพลังงานต่ำกว่าสูตรดั้งเดิมเล็กน้อย มีปริมาณโปรตีนในสูตรที่ใช้สารทดแทนเป็นโปรตีนนมสูงกว่าสูตรดั้งเดิม ปริมาณไขมันในสูตรทดแทนหลายชนิดต่ำกว่าในสูตรดั้งเดิมและมีปริมาณกรดไขมันคือ กรดลิโนเลอิคและลิโนเลนิคในอาหารสูตรทดแทนเพิ่มขึ้น โดยอัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวหลายตำแหน่งต่อกรดไขมันอิ่มตัว (PUFA/S หรือ Poly unsaturated fatty acid/solid) ในสูตรอาหารดั้งเดิมมีค่าเพียง 0.01-0.22 ในขณะที่สูตรใช้สารทดแทนมีค่าทั่วไปประมาณ 2-3 เท่า มีรายงานว่าคนปกติหรือคนที่มีความดันโลหิตสูงเล็กน้อยจะมีความดันโลหิตลดลงเมื่อบริโภคอาหารที่มีค่า PUFA/S เป็น 1 หรือสูงกว่า (Einhorm, 1988) อย่างไรก็ตามการใช้แป้งถั่วเหลืองยังมีข้อจำกัดในการทดแทนสูตรอาหารกะทิเนื่องจากก่อให้เกิดความรู้สึกสากลิ้นในอาหาร นอกจากนี้ในสูตรอาหารทดแทนที่กล่าวถึงยังจำเป็นต้องใช้น้ำมันพืชเป็นส่วนผสมเพื่อให้มีลักษณะแยกชั้นแบบแกงกะทิและให้มีความรู้สึกมันภายในปากเหมือนกับกะทิด้วย ซึ่งเมื่อคำนึงถึงเรื่องการยอมรับของผู้บริโภคต่อสูตรอาหารทดแทน พบว่าควรทดลองต่อไปเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของน้ำแกง โดยการเติมกะทิธรรมชาติลงไปในส่วนผสมของน้ำแกงในปริมาณร้อยละ 10 ของปริมาณที่ใช้ในสูตรดั้งเดิม เพื่อปรับปรุงให้อาหารมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้นโดยยังมีปริมาณของกรดไขมันที่จำเป็นและค่า PUFA/S ในระดับที่น่าพอใจ (วิสิฐ จะวะสิต, 2537; ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546) สมจิตร สุรพัฒน์ (2541) และนันทินา เที่ยงธรรม (2544) ได้ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำโดยเปรียบเทียบสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน เช่น Simpless-D100 และ Prolo-11 และสารทดแทนไขมันคาร์โบไฮเดรต เช่น N-LiteD, MT-01 และ Alpha-Starch พบว่าสามารถลดไขมันกะทิจากร้อยละ 8 เหลือร้อยละ 1.5-2.0 ซึ่งไอศกรีมที่ได้ยังมีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางความหนืดของแกงกะทิสูตรควบคุมบรรจุกระป๋อง (แกงกะทิสูตรเข้มข้น และสูตรเผ็ดน้อย)
2. ศึกษาชนิดและระดับที่เหมาะสมในการใช้สารทดแทนไขมันในแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง (แกงกะทิสูตรเข้มข้น และสูตรเผ็ดน้อย)
3. ศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางความหนืดของแกงกะทิสูตรไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง (แกงกะทิสูตรเข้มข้น และสูตรเผ็ดน้อย)
4. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพขณะเก็บรักษาของแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง (แกงกะทิสูตรเข้มข้น และสูตรเผ็ดน้อย)

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุ

1. วัตถุดิบ

1.1 กะทิสำเร็จรูปยูเอชที ตราชาวเกาะ จากบริษัท เทพผดุงพรมะพร้าว จำกัด

1.2 เครื่องแกงกะทิ (เครื่องแกงแดงจากกลุ่มเครื่องแกงสตรีบ้านทุ่ง ที่ตำบลเขาคราม อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่)

1.3 สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีชื่อสามัญและชื่อทางการค้า ดังต่อไปนี้ (องค์ประกอบทางเคมี สมบัติและข้อบ่งใช้แสดงใน ภาคผนวก)

1.3.1 Maltodextrin (Food grade) (บริษัท เนชั่นแนล สตาร์ช แอนด์ เคมิคัล (ไทยแลนด์) จำกัด) (DE = 17)

1.3.2 แป้งมันสำปะหลังดัดแปร FA-1304 (บริษัทสยาม โมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด)

1.3.3 แป้งมันสำปะหลังดัดแปร MR-300 (บริษัทเอเชียโมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด)

1.4 สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน ซึ่งมีชื่อสามัญ ดังต่อไปนี้ (องค์ประกอบทางเคมี สมบัติและข้อบ่งใช้แสดงใน ภาคผนวก)

1.4.1 โปรตีนจากมะพร้าว (งานวิจัยของ ดร.มณี วิทยานนท์)

1.4.2 Sodium Calcinate (บริษัทวิกกี้ เอนเตอร์ไพรส์ จำกัด)

1.4.3 Soy Protein Isolate (บริษัทวิกกี้ เอนเตอร์ไพรส์ จำกัด)

1.5 กระป๋องบรรจุน้ำแกงกะทิ เบอร์ 2 (ขนาด 307 x 409) ชนิดเคลือบแลคเกอร์ (บริษัทคราวน์ฟู้ด แพ็คเก็จจิ้ง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน))

2. สารเคมี

2.1 สารเคมีที่จะใช้วิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการ Proximate analysis ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995)

2.1.1 วิเคราะห์เยื่อใย

- กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) (Merck KGaA, Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Ajax Finechem, Adivision of Nuplex Industries (Aust) Pty Ltd, Australia)
- เอธิลแอลกอฮอล์ (Ethanol) (Lab-scan Ltd, Ireland)

2.1.2 วิเคราะห์โปรตีน

- กรดซัลฟูริก H_2SO_4 (Merck KGaA, Germany)
- คอปเปอร์ซัลเฟต $CuSO_4$ (Fluka, Sigma-Aldrich chemie GmbH, Belgium)
- โปแตสเซียมซัลเฟต K_2SO_4 (Ajax Finechem, Adivision of Nuplex Industries (Aust) Pty Ltd, Australia)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Ajax Finechem, Adivision of Nuplex Industries (Aust) Pty Ltd, Australia)
- โซเดียมไธโอซัลเฟต (Na) (Carlo Erba Reagent, Erbamont group, Italy)
- กรดบอริก ($B_2O_3.3H_2O$) (Merck KGaA, Germany)
- กรดเกลือ (HCl) (Merck KGaA, Germany)
- เมธีลีนบลู (methylene blue) (Carlo Erba Reagent, Erbamont group, Italy)
- เมธิลเรด (methyl red) (Carlo Erba Reagent, Erbamont group, Italy)

2.1.3 วิเคราะห์ไขมัน

- Petrolium ether (Merck KGaA, Germany)

2.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยการหาค่า Peroxide value, Thiobarbituric acid และ Acid value โดยการไตเตรต (ดัดแปลงจาก *Egan et al.,* 1981, Yu and Shinnhuber, 1962; 1967, A.O.A.C., 1995 ตามลำดับ)

2.2.1 วิเคราะห์ TBAR

- กรดไทโอบาบิทูริก (Thiobarbituric acid/TBA) (Fluka, Sigma-Aldrich GmbH, Belgium)
- กรดเกลือ (HCl) (Merck KGaA, Germany)

- กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid/TCA) (BHD, VWR International Ltd., UK)
- คลอโรฟอร์ม (Chloroform) (AnalaR®, VWR International Ltd., UK)

2.2.2 วิเคราะห์ Peroxide value

- กรดอะซิติก (CH_3COOH) (Merck KGaA, Germany)
- คลอโรฟอร์ม (Chloroform) (AnalaR®, VWR International Ltd., UK)
- โพแทสเซี่ยมไอโอไดด์ (KI) (Merck KGaA, Germany)
- โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) (Ajax Finechem, Adivision of Nuplex Industries (Aust) Pty Ltd., Australia)
- แป้ง (starch)

2.2.3 วิเคราะห์กรดทั้งหมด

- ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein) (บริษัท Merck KGaA, Germany)
- เอธิลแอลกอฮอล์ (Ethanol) (บริษัท Lab-scan Ltd, Ireland)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Ajax Finechem, Adivision of Nuplex Industries (Aust) Pty Ltd., Australia)
- อีเทอร์ (บริษัท Lab-scan Ltd, Ireland)

3. อุปกรณ์

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตน้ำแกงกะทิและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง

3.1.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Sartorius; BP 2100s, USA)

3.1.2 เครื่องครัวต่างๆ

3.1.3 เครื่องผนึกกระป๋อง (Metal Box; R&BD., England)

3.1.4 หม้อนึ่งฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง (Still Steam Retort)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำแกงกะทิ และน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ

3.2.1 เครื่องวัดค่าความหนืด (Viscometer; Brookfield, DVII+, USA)

3.2.2 เครื่องวัดสมบัติการไหล (Rheometer; Hakke, RS 75, Germany)

3.2.3 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Sartorius; BP210s, USA)

3.2.4 เครื่องวัดค่าสี (Hunter lab; Color flex, USA)

3.2.5 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบชิม

3.2.6 ห้องควบคุมอุณหภูมิ 45°C

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีของน้ำแกงกะทิ และน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ

3.3.1 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Sox Tec; Foss tecator,. 2055, Sweden)

3.3.2 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์คลอเรสเตอรอล (Gas Chromatography; Aligent 7890, USA)

3.3.3 ชุดเครื่องมือวิเคราะห์พลังงานรวม (Bomb Calorimetry; IKA, C5000, Germany)

3.3.4 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Shimadzu; UV 1201)

3.3.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง (ยี่ห้อ Hettich; Universal 16, Germany)

3.3.6 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter; Toledo, SevenGo SG2FK2, Switzerland)

3.3.7 ตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Memmert, Germany)

วิธีการทดลอง

1. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางความหนืดของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง (สูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น)

1.1 การวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบเครื่องแกง

นำเครื่องแกงที่ใช้คือเครื่องแกงกะทิ (กลุ่มเครื่องแกงสตรีบ้านทุ่ง ตำบลเขาคราม อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่) โดยสั่งทำเครื่องแกงขึ้นใหม่และให้จัดส่งเครื่องแกงทันทีหลังบรรจุถุงแบบปิดสนิทและบรรจุลังเพื่อขนส่ง เมื่อได้รับเครื่องแกงได้เก็บเครื่องแกงจะจัดเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ -20°C ทันที เพื่อเป็นการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ในเครื่องแกงเริ่มต้น ในการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุดิบประกอบด้วยการวิเคราะห์ค่าต่างๆดังนี้

- วัดค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter lab และรายงานค่าสีในระบบ CIE
- วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น คือ ไขมัน เถ้า โปรตีน และความชื้น (A.O.A.C., 1995)

1.2 การกำหนดสูตรน้ำแกงกะทิควบคุม

ศึกษาข้อมูลแกงกะทิบรรจุซองสูตรทางการค้าจำนวน 1 ยี่ห้อ ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด 1 ชนิด คือแกงแดง เป็นสูตรพื้นฐานของอัตราส่วนระหว่างกะทิและเครื่องแกงในการเตรียมแกง

กะทิให้ใกล้เคียงกับสูตรที่มีอยู่ในท้องตลาดทั่วไป (ยี่ห้อสายไทย) และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (วิสิฐ จะวะสิต และคณะ, 2545) ซึ่งโดยทั่วไปมีปริมาณเครื่องแกงอยู่ในช่วงร้อยละ 9.13 ถึงร้อยละ 13.2 ของน้ำแกงกะทิ จึงศึกษาสูตรน้ำแกงในอัตราส่วนเครื่องแกง คิดเป็นร้อยละ 8 10 12 และ 14 ของน้ำแกงกะทิ แล้วเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพให้ได้ใกล้เคียงกับสูตรทางการค้า โดยพิจารณาเลือกน้ำแกงออกเป็น 2 สูตร คือ สูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น เพื่อใช้เป็นสูตรควบคุมในการทดลองต่อไป ก่อนการบรรจุกระป๋องนั้นมีการให้ความร้อนแก่น้ำแกงที่อุณหภูมิ 80±5°C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อละลายส่วนผสมให้เข้ากันและเป็นการทำให้สารทดแทนไขมันบางชนิดที่เป็นแป้งได้สุกในระดับหนึ่ง แล้วฆ่าเชื้อโดยมีค่าทางความร้อนที่ใช้เป็นเกณฑ์เป้าหมายในการฆ่าเชื้อจะอ้างอิงตามค่า F_0 ของเชื้อ *Clostridium botulinum* สำหรับผลิตภัณฑ์แกงกะทิบรรจุกระป๋องโดยทั่วไปจะทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 116-121°C จนมีค่า F_0 เป้าหมายอยู่ในช่วง 12-16 ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากเครื่องแกงมีส่วนประกอบของเครื่องเทศซึ่งมีการปนเปื้อนของสปอร์ของเชื้อ และเชื้อที่ทนความร้อนได้สูงกว่าเชื้อ *Clostridium botulinum* เช่น *B. Stearothermophilus, C. thermosaccharolyticum* (วิไล รังสาดทอง, 2545; Lopez, 1997) โดยมีสภาวะในการฆ่าเชื้อดังแสดงใน Table 14

Table 14 Heating condition of canned coconut milk based curry

Sterilized condition	Values
Can size (No. 2)	307 x 409
Can capacity	410 ml.
pH	5.40-5.68
Initial temperature before canning	Heating at 80°C for 5 min.
Processing temperature (retort)	116°C
Processing time (retort)	128 min.
F_0	17.204 min.
Sterility test	No growth

1.3 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสประกอบด้วยผู้ทดสอบที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี ซึ่งทั้งหมดเป็นนักศึกษาหรือบุคลากรในคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ไม่เคยมีประวัติบกพร่องในการรับรู้รสและกลิ่นรวมถึงประสาทสัมผัสที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบครั้งนี้ โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสในขั้นตอนนี้แบ่งออกเป็น 2

ประเภทคือ การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับความเผ็ด ความข้น และความมัน ที่เป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเครื่องแกงในสูตรน้ำแกง และการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยโดยใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ทดสอบต่อน้ำแกงกะทิที่มีปริมาณเครื่องแกงเพิ่มขึ้นที่ระดับต่างๆ

จัดการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) โดยใช้ผู้ทดสอบที่สามารถรับประทานอาหารรสเผ็ดได้หรือรับประทานอาหารรสเผ็ดเป็นประจำ จำนวน 15 คน ในการฝึกอบรมเพื่อให้สามารถระบุระดับความเผ็ด ความข้นและความมัน ที่เปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มปริมาณเครื่องแกงในสูตรน้ำแกงกะทิ โดยกำหนดระดับความเข้มของลักษณะต่างๆเป็น 15 ระดับ กำหนดให้ลักษณะที่เข้มที่สุดมีค่าที่ระดับ 15 และลักษณะที่อ่อนที่สุดอยู่ที่ระดับ 1 สำหรับการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale นั้นใช้ผู้ทดสอบแยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้ที่สามารถรับประทานอาหารรสเผ็ดได้หรือรับประทานอาหารรสเผ็ดเป็นประจำจนถึงชอบรับประทานอาหารรสเผ็ด จำนวน 30 คน และผู้ทดสอบที่สามารถรับประทานอาหารรสเผ็ดได้เล็กน้อยหรือไม่ชอบอาหารรสจัด จำนวน 30 คน เพื่อศึกษาการยอมรับน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงในสูตรที่ระดับเครื่องแกงร้อยละ 8 10 12 และ 14 สำหรับพิจารณาเลือกน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นและสูตรเผ็ดน้อยสำหรับการศึกษาในขั้นตอนต่อไป ตามลำดับ

1.4 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง

- ค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter lab และรายงานค่าสีในระบบ CIE
- คุณสมบัติทางความหนืดโดยใช้เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) โดยรายงานค่าความหนืดในหน่วย เซนติพอยท์ (cP) ซึ่งวัดค่าด้วยหัววัดเบอร์ 1 ที่ความเร็วรอบการหมุนของหัววัดเป็น 100 รอบ ต่อนาที โดยวัดค่าความหนืดที่อุณหภูมิห้องตลอดการวิเคราะห์
- คุณสมบัติการไหล โดยใช้เครื่องวัดพฤติกรรมการไหล (Rheometer) (ดัดแปลงจาก Worrasinchai *et al*., 2006) โดยกำหนด Shear rate ในช่วง 0-1000 รอบต่อวินาที และรักษาอุณหภูมิในการวัดค่าไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) ตลอดการวัดคุณสมบัติการไหล
- ค่าความคงตัวของน้ำแกงกะทิ (ดัดแปลงจาก จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547)

1.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำแกงกะทิควบคุมและสูตรทางการค้า

- ปริมาณ ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมันรวม โดยวิธี ของ A.O.A.C. (1995) และปริมาณ คาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณค่าร้อยละขององค์ประกอบอื่น

- Energy (Bomb calorimetry)

2. การศึกษาชนิดและระดับสารทดแทนไขมันต่อลักษณะคุณภาพน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง

2.1 ศึกษาผลการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต

ผลิตน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมที่ได้ใกล้เคียงกับสูตรทางการค้า (จากข้อ 1.2-1.3) ใช้กะทิยูเอชทีเป็นแหล่งของไขมันโดยลดกะทิลงในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ร้อยละ 50 60 70 80 และ 90 ของปริมาณกะทิ) ด้วยการลดปริมาณน้ำกะทิในสูตรลง แล้วทดแทนปริมาณไขมันกะทิที่ลดลงด้วยสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต 3 ชนิด ได้แก่ Maltodextrin (MAL), FA-1304 (FA) และ MR-300 (MR) โดยเตรียมในรูปสารละลายที่ระดับความเข้มข้น 20 2.0 และ 2.5 ตามลำดับ เพื่อให้มีความหนืดเท่ากับน้ำกะทิ นำน้ำแกงกะทิสูตรไขมันต่ำที่ผ่านความร้อนและผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 80$\pm$5°C เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปบรรจุกระป๋อง และฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมเช่นเดียวกับสูตรควบคุม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ประสาทสัมผัส และโภชนาการ ดังข้อ 1.4 และ 1.5

2.2 ศึกษาผลการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน

ผลิตน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมที่ได้ใกล้เคียงกับสูตรทางการค้า (จากข้อ 1.2-1.3) ใช้กะทิยูเอชทีเป็นแหล่งของไขมันโดยลดกะทิลงในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ร้อยละ 50 60 70 80 และ 90 ของปริมาณกะทิ) ด้วยการลดปริมาณน้ำกะทิในสูตรลง แล้วทดแทนปริมาณไขมันกะทิที่ลดลงด้วยสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน 3 ชนิด ได้แก่ โปรตีนจากมะพร้าว (CP) Sodium Calcinate (SD) และ Soy Protein Isolate (SOY) โดยเตรียมในรูปสารละลายที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 10, 6 และ 3.5 ตามลำดับ ให้ความหนืดเท่ากับน้ำกะทิ นำน้ำแกงกะทิสูตรไขมันต่ำที่ผ่านความร้อนและผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 80$\pm$5°C เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปบรรจุกระป๋อง และฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมเช่นเดียวกับสูตรควบคุม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ประสาทสัมผัส และโภชนาการ ดังข้อ 1.4 และ 1.5

2.3 ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมันผสมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน

ผลิตน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมที่ได้ใกล้เคียงกับสูตรทางการค้า (จากข้อ 1.2-1.3) ใช้กะทิยูเอชทีเป็นแหล่งของไขมันโดยลดกะทิลงในปริมาณที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ร้อยละ 50 60 70 80 และ 90 ของปริมาณกะทิ) แล้วทดแทนปริมาณกะทิที่ลดลงด้วยสารทดแทนไขมันผสมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนซึ่งเลือกจากชนิดที่ดีที่สุดของแต่ละกลุ่มจากการทดลองในข้อ 2.1 และ

2.2 โดยผสมสารละลายสารทดแทนไขมันเป็น 3 อัตราส่วน (สารละลายสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต: สารละลายสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน เท่ากับ 1:1, 1:2 และ 2:1) โดยใช้ระดับความเข้มข้นของสารละลายสารทดแทนไขมันแต่ละประเภทตามที่ได้ศึกษาในขั้นต้น นำน้ำแกงกะทิสูตรไขมันต่ำที่ผ่านความร้อนและผสมให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 80$\pm$5°C เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำไปบรรจุกระป๋อง และฆ่าเชื้อในหม้อฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมเช่นเดียวกับสูตรควบคุม จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ ประสาทสัมผัส และโภชนาการ ดังข้อ 1.4 และ 1.5

2.4 การเลือกสูตรแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้สารทดแทนไขมันชนิดต่างๆ

เลือกสูตรน้ำแกงกะทิไขมันต่ำตามข้อ 2.1-2.3 ที่ให้ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ อันประกอบด้วยค่าสี ความหนืด และความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงที่มีค่าใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมมากที่สุดชนิดละ 1 สูตร แล้วทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสเพื่อเลือกสูตรที่มีปริมาณไขมันที่ลดลงมากกว่าและมีเกณฑ์คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ดีจากผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์หรือผ่านการฝึก เพื่อนำมาทดสอบการยอมรับโดยผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไป และเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเพื่อใช้เป็นสูตรแกงกะทิไขมันต่ำทางการค้าต่อไป

2.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาการของแกงกะทิสูตรไขมันต่ำเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิสูตรควบคุม

- Proximate analysis ประกอบด้วยปริมาณ ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมันรวม โดยวิธี ของ A.O.A.C. (1995) และปริมาณ คาร์โบไฮเดรตจากการคำนวณค่าร้อยละขององค์ประกอบอื่น
- Energy (Bomb calorimetry)
- Fatty acid composition (Gas Chromatography) โดยดัดแปลงวิธีจาก Bannon และคณะ (1982; IUPAC. (1979) ข้อ 2.301

วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันโดยตั้งสภาวะของเครื่องดังนี้

Inlet temperature: 290°C

Oven temperature: อุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้นเป็น 210°C คงไว้ 12 นาที

Oven temperature: เพิ่มความร้อนในอัตรา 20°C/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิเป็น 250°C แล้วคงไว้ 8 นาที

Detector temperature: 300°C

คอลัมน์ (Column): เลือกใช้ Select Biodiesel for Flame, ยาว 30 เมตร, 320 µm I.D., ฟิล์มหนา 0.25 µm

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋องที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.4 โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน และเก็บที่สภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 45°C) เป็นระยะเวลา 3 เดือน จากนั้นทำการตรวจวัดคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสโดยสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ สำหรับการเก็บที่สภาวะเร่งและอุณหภูมิห้องตามลำดับ

3.1 การเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยหาค่าขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ

วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยหาค่า

- Peroxide value (PV) ตามวิธีของ Egan และคณะ (1981)
- Thiobarbituric acid (TBA) ดัดแปลงจาก Yu และ Shinnhuber (1962, 1967)
- Acid value (AV) ดัดแปลงจาก A.O.A.C. (1995)

3.2 คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter lab และรายงานค่าสีในระบบ CIE
- คุณสมบัติการไหล โดยใช้เครื่องวัดพฤติกรรมการไหล (Rheometer) (ดัดแปลงจาก Worrasinchai *et al*., 2006) โดยกำหนด Shear rate เพิ่มจาก 0–1000 รอบต่อวินาที ภายใน 5 นาที และรักษาอุณหภูมิในการวัดค่าไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30°C) ตลอดการวัดคุณสมบัติการไหล
- ค่าความคงตัว ดัดแปลงจากวิธีของ จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ (2547)

3.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ก่อนการทดสอบทางประสาทสัมผัสทุกครั้ง กำหนดให้มีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เพื่อยืนยันความปลอดภัยในการบริโภคของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Gilliland *et al*., 1976)

ทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะปรากฏและการยอมรับรวมด้วยการใช้แบบทดสอบการให้คะแนนความชอบ (9 point hedonic scale) ตามข้อ 1.3

4. การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์แกงกะทิไขมันต่ำของผู้บริโภค (Consumer test)

ขั้นตอนการทดสอบชิมประกอบด้วยการเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ศึกษาได้จากข้อ 2.4 ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำของกลุ่มผู้บริโภคโดยทั่วไป จำนวน 100-120 คน ตามวิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Stubenitsky และคณะ (1999) โดยแจกตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิควบคุมและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำพร้อมแบบสอบถามถึงข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการบริโภคน้ำแกงกะทิและความพอใจของผู้ทดสอบ ให้ผู้ทดสอบได้นำไปทดลองบริโภคจริงที่บ้านโดยเว้นระยะห่างในการแจกตัวอย่างสูตรละ 2 สัปดาห์

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ CRD ในการทดลองข้อ 2.1-2.3 และวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อคสมบูรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ข้อมูลโดยการทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดของสารทดแทนไขมันโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่เก็บรักษาโดยใช้ T-test วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for window

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางความหนืดของน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมบรรจุกระป๋อง (สูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น)

1.1 คุณภาพวัตถุดิบเครื่องแกง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเครื่องแกงที่ใช้คือเครื่องแกงกะทิ (แกงแดง) ที่ซื้อจากกลุ่มเครื่องแกงสตรีบ้านทุ่ง ตำบลเขาคราม อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ พบว่าวัตถุดิบเครื่องแกงมีค่าสีที่หมายถึงความสว่าง (L*) เท่ากับ 59.15±1.46 ค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ 9.21±0.34 และมีค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 62.12±0.39 และในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นพบว่าวัตถุดิบเครื่องแกงประกอบด้วย ความชื้น โปรตีน เถ้า ไขมัน และ เยื่อใย (A.O.A.C., 1995) โดยคิดเป็นร้อยละดังแสดงไว้ใน Table 15

Table 15 Chemical composition of curry paste

Chemical composition	Content (%)
Moisture	55.09±0.25
Protein	11.05±0.32
Ash	13.95±0.09
Fat	1.30±0.24
Fiber	6.90±0.30
Carbohydrate*	18.62±0.61

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=3)

- * By calculation

1.2 ผลของปริมาณเครื่องแกงต่อลักษณะคุณภาพของแกงกะทิ

ใช้แกงกะทิกึ่งสำเร็จรูปบรรจุในภาชนะปิดสนิทผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ ยี่ห้อสายไทย (Thai Cuisine) เป็นสูตรทางการค้าเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่าง

น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่ต้องการในงานวิจัยที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม , 2543) และศึกษาอัตราส่วนเครื่องแกงต่อน้ำกะทิจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (วิสิฐ จะวะสิต และคณะ, 2545) เพื่อกำหนดอัตราส่วนระหว่างเครื่องแกงและน้ำกะทิ การเตรียมสูตรน้ำแกงกะทิใช้เครื่องแกงและน้ำกะทิ ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกับสูตรทางการค้าที่คัดเลือก คือสูตรทางการค้าใช้เครื่องแกงร้อยละ 8 10 12 และ 14 ของน้ำแกงกะทิ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80±5°C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อละลายส่วนผสมให้เข้ากัน แล้วผ่านกระบวนการสเตอริไลซ์ดังสภาวะการให้ความร้อนที่ได้แสดงไว้ก่อนหน้านี้ (Table 14) แล้วศึกษาลักษณะทางกายภาพซึ่งประกอบด้วย สี ความคงตัว และความหนืด ของน้ำแกงกะทิสูตรพื้นฐาน พบว่าการใช้เครื่องแกงต่อน้ำกะทิในระดับที่กล่าวไว้ข้างต้นให้ผลต่อลักษณะทางกายภาพดังแสดงไว้ใน Table 16

Table 16 Effect of curry paste content on physical properties of canned coconut milk-base curry

Curry paste (%)	Viscosity (cP)	Stability (%)	L*	a*	b*
8	104.84± 8.39^{d}	85.96±2.44^{c}	64.46±1.64^{a}	8.70±0.40^{e}	54.16±1.23^{e}
10	135.24± 3.55^{c}	89.91±0.83^{b}	61.56±0.88^{b}	10.48±0.23^{d}	55.90±0.19^{d}
12	181.62± 5.47^{b}	94.39±1.57^{a}	58.73±0.24^{c}	12.22±0.36^{b}	57.67±0.21^{b}
14	257.35± 3.52^{a}	93.43±1.60^{a}	60.91±0.49^{b}	12.93±0.23^{a}	59.11±0.40^{a}
Commercial	190.52±10.69^{b}	85.74±2.05^{c}	57.37±0.76^{c}	11.37±0.28^{c}	56.82±0.28^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-e}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

การใช้เครื่องแกงในน้ำแกงกะทิเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้น้ำแกงกะทิมีความหนืดและความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งอาจเกิดจากความเข้มข้นของเครื่องแกงที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มองค์ประกอบบางอย่างที่มีส่วนช่วยให้เกิดความคงตัวของระบบอิมัลชัน เช่น กะปิที่เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีน ซึ่งโปรตีนมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ จึงทำให้น้ำแกงกะทิมีความคงตัวดีขึ้น การที่มีปริมาณเครื่องแกงเพิ่มขึ้นในสูตรน้ำแกงกะทิส่งผลให้ค่าความสว่างของน้ำแกงกะทิลดลง แต่มีค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากอิทธิพลของสีเครื่องแกงนั่นเอง นอกจากอิทธิพลดังกล่าวแล้วนั้น

Chanamai และ McClements (2002) ได้ศึกษาทฤษฎีเพื่อทำนายสีของอิมัลชัน พบว่าความเข้มข้นและขนาดของเม็ดไขมันมีผลต่อสีของอิมัลชัน ซึ่งเมื่อมีปริมาณไขมันเพิ่มมากขึ้นจะทำให้มีค่า L เพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการกระจายของแสงและสะท้อนแสงได้มากขึ้น จึงสอดคล้องกับผลการทดลองใน Table 16 ที่จะเห็นได้ว่าในขณะที่มีการเพิ่มปริมาณเครื่องแกงในน้ำกะทิทำให้มีการใช้น้ำกะทิลดลงตามไปด้วย จึงเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลให้ความสว่างของน้ำแกงกะทิลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณเครื่องแกงในสูตรน้ำแกง

น้ำแกงกะทิสูตรที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับสูตรทางการค้ามากที่สุดคือน้ำแกงกะทิสูตรที่ใช้เครื่องแกงร้อยละ 12 โดยน้ำแกงกะทิในอัตราส่วนทั้งหมดที่ทดสอบนี้มีระดับความคงตัวของน้ำแกงกะทิที่ดี คือมีค่าความคงตัวตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547) เมื่อพิจารณาจากสีพบว่าน้ำแกงกะทิสูตรทางการค้ามีสีใกล้เคียงกับสูตรการทดลองที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 12 มากที่สุด นอกจากการการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพแล้วจึงควรมีการทดสอบการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วย

1.3 ผลของปริมาณเครื่องแกงต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การประเมินผลของการเพิ่มปริมาณเครื่องแกงในน้ำแกงกะทิที่ศึกษาต่อความเผ็ด และความข้นมันที่เปลี่ยนแปลง ที่เกิดต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis) รวมถึงระดับความเผ็ดและความข้นมันของน้ำแกงกะทิที่ผู้ทดสอบต้องการ (ideal) ได้แสดงไว้ใน Table 17

Table 17 Sensory scores on spicy taste, consistency and oiliness of canned coconut milk-based curry, using Quantitative Descriptive Analysis (QDA)

Curry paste (%)	Spicy	Consistency	Creamy
8	5.07 ± 2.27^{d}	5.48 ± 2.30^{c}	7.24 ± 2.99^{a}
10	7.79 ± 1.86^{c}	6.98 ± 2.11^{b}	6.83 ± 2.31^{a}
12	9.53 ± 1.82^{b}	8.22 ± 1.82^{ab}	6.76 ± 2.29^{a}
14	11.19 ± 0.86^{a}	8.62 ± 1.75^{a}	6.33 ± 2.17^{a}
Ideal	9.50 ± 2.17^{b}	7.29 ± 1.75^{ab}	7.12 ± 2.41^{a}

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=15)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p\geq0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) พบว่าการเพิ่มปริมาณเครื่องแกงร้อยละ 2 มีผลให้ค่าความเผ็ดและความข้นเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 2.04 และ 1.05 ระดับ ตามลำดับ สำหรับความมันนั้นการเพิ่มขึ้นของเครื่องแกงร้อยละ 2 มีค่าความมันลดลง 0.30 ระดับ โดยการลดลงของความมันเกิดขึ้นเล็กน้อยซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยความเผ็ดที่ระดับ 9.50 เป็นระดับความเผ็ดเฉลี่ยที่ผู้ทดสอบต้องการ น้ำแกงกะทิที่มีระดับความข้น ความมัน และความเผ็ดใกล้เคียงกับความคาดหวัง (Ideal) มากที่สุดคือสูตรที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 12 ($p<0.05$) จากระดับความเผ็ดที่คาดหวังที่ได้จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) จากข้อมูลความคาดหวังถึงความเผ็ดทำให้สามารถแยกสูตรน้ำแกงกะทิออกเป็นกลุ่มเผ็ดน้อยและเผ็ดมากกว่าระดับที่คาดหวังได้ ซึ่งน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 12 และ 14 มีระดับความเผ็ดที่เท่ากับและมากกว่าระดับความเผ็ดที่คาดหวัง ตามลำดับ โดยน้ำแกงกะทิที่มีระดับความเผ็ดน้อยกว่าระดับคาดหวังปกติประกอบด้วยน้ำแกงกะทิสูตรที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 8 และ 10 ดังนั้นจากการทดสอบทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสโดยวิธีเชิงพรรณนา พบว่าน้ำแกงกะทิที่มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับสูตรทางการค้ามากที่สุดคือสูตรที่มีเครื่องแกงร้อยละ 12

การกำหนดน้ำแกงกะทิควบคุมในการทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาน้ำแกงกะทิเป็น 2 สูตร คือสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิต่อไป นอกจากลักษณะทางกายภาพแล้วจากผลการทดสอบการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบกลุ่มที่ทานเผ็ดได้น้อยจำนวน 30 คน (Table 18) และผู้ทดสอบปกติที่สามารถทานเผ็ดได้หรือทานอาหารรสเผ็ดเป็นประจำจำนวน 30 คน (Table 19)

Table 18 Sensory scores of canned coconut milk based curry prepared from different percentage of curry paste by tasted panelists who preferred less spicy food

Characteristic	Curry paste (%)				
	8	10	12	14	Commercial
Color	7.50±1.07^{a}	7.47±0.90^{b}	6.93±1.17^{c}	6.17±0.95^{d}	6.30±0.70^{bc}
Consistency	7.50±0.73^{a}	6.90±0.84^{b}	6.57±1.07^{b}	5.73±1.11^{c}	5.67±1.18^{c}
Spicy	7.60±0.93^{a}	6.87±0.78^{a}	6.10±1.27^{b}	4.57±1.36^{c}	6.60±1.04^{c}
Oiliness	7.20±0.96^{a}	6.63±1.00^{ab}	6.23±1.19^{bc}	5.90±0.96^{c}	5.83±1.49^{c}
Mouth feel	7.50±1.07^{a}	6.83±0.83^{b}	6.50±1.28^{b}	5.80±0.92^{c}	6.23±1.48^{bc}
Overall	7.63±1.00^{a}	7.07±0.83^{b}	6.37±1.25^{c}	5.55±0.91^{d}	6.63±1.38^{bc}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=30)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in row are not significant difference ($p \geq 0.05$)

ผลการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบกลุ่มที่ทานเผ็ดได้น้อย พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้ำแกงกะทิสูตรที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 8 ในการประเมินปัจจัยด้านความเผ็ดโดยยังคงยอมรับปัจจัยอื่นๆในการทดสอบ โดยเฉลี่ยผู้ทดสอบกลุ่มนี้ไม่ยอมรับน้ำแกงกะทิเมื่อมีส่วนผสมเครื่องแกงร้อยละ 14 เนื่องจากมีรสชาติเผ็ดจนไม่สามารถรับประทานได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการยอมรับต่อลักษณะต่างๆของน้ำแกงกะทิสูตรทางการค้า พบว่าน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 8 เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มนี้ที่ดีในระดับที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีคะแนนสูงกว่าในทุกลักษณะเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรทางการค้า

Table 19 Sensory scores of canned coconut milk based curry prepared from different percentage of curry paste by tasted panelists who preferred spicy food

Characteristics	Curry paste (%)				
	8	10	12	14	Commercial
Color	7.50 ± 1.25^{a}	6.87 ± 1.17^{a}	7.43 ± 1.07^{a}	6.93 ± 1.11^{a}	7.43 ± 0.97^{a}
Consistency	6.93 ± 1.31^{a}	6.70 ± 1.56^{ab}	6.67 ± 1.12^{ab}	7.00 ± 1.14^{a}	6.10 ± 1.60^{b}
Spicy	6.57 ± 1.45^{a}	6.70 ± 1.73^{a}	6.70 ± 1.29^{a}	6.63 ± 1.38^{a}	6.13 ± 1.74^{a}
Oiliness	6.70 ± 1.56^{a}	6.73 ± 1.62^{a}	7.10 ± 1.21^{a}	6.47 ± 1.59^{a}	7.13 ± 0.97^{a}
Mouth feel	6.70 ± 1.39^{a}	7.07 ± 1.46^{a}	6.93 ± 1.08^{a}	7.00 ± 1.20^{a}	6.60 ± 1.73^{a}
Overall	6.80 ± 1.47^{a}	6.73 ± 1.51^{a}	7.37 ± 0.76^{a}	6.73 ± 1.11^{a}	7.17 ± 1.46^{a}

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=30)

- $^{a-b}$ Means with the same superscripts in row are not significant difference ($p\geq0.05$)

ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสน้ำแกงกะทิต่อลักษณะด้าน สี ความข้น ความเผ็ด ความมัน ความข้นมัน และการยอมรับรวมของน้ำแกงกะทิ ที่ทดสอบโดยผู้ทดสอบทั่วไป พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับน้ำแกงกะทิสูตรต่างๆในทุกลักษณะไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p\geq0.05$) เมื่อพิจารณาร่วมกับการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิทางการค้า พบว่าน้ำแกงกะทิสูตรที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 12 มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิสูตรทางการค้ามากที่สุด โดยที่การยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกับสูตรทางการค้า ($p\geq0.05$) จึงใช้น้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 8 เป็นน้ำแกงพื้นฐาน

สูตรเผ็ดน้อย (Light taste) เนื่องจากเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับในการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากกลุ่มผู้ทดสอบที่สามารถทานเผ็ดได้น้อย และเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากกลุ่มผู้ทดสอบทั่วไปไม่แตกต่างจากน้ำแกงกะทิสูตรทางการค้าเมื่อเปรียบเทียบกันในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และเลือกน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ร้อยละ 12 เป็นน้ำแกงพื้นฐานสูตรเข้มข้น (Intense taste) เพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

1.4 ผลของการให้ความร้อนในขั้นตอนการบรรจุกระป๋องต่อลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิควบคุม

หลังจากผ่านการคัดเลือกน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อย (Light taste) และสูตรเข้มข้น (Intense taste) แล้วจึงทำการฆ่าเชื้อน้ำแกงกะทิควบคุมทั้ง 2 สูตร และศึกษาผลของการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่ได้ ดังแสดงไว้ใน Table 20

Table 20 Physical properties of coconut milk based curry before and after canning

Item	Control Curry					
	Light taste			Intense taste		
	Before	After	T-test	Before	After	T-test
Viscosity (cP)	30.55±6.34	72.09±9.40	**	47.15±4.64	129.30±6.82	**
Emulsion stability (%)	78.08±7.23	86.14±3.39	**	91.19±4.17	94.58±2.29	ns
Color						
- L*	65.88±1.14	64.18±1.64	ns	62.23±0.63	58.83±0.26	**
- a*	7.42±1.67	8.75±1.38	**	14.55±0.82	12.18±0.37	**
- b*	57.78±3.23	53.82±1.58	**	64.10±0.45	57.64±0.23	**

Remark:
- Data are presented as mean ± SD (n=5)
- ns = non significant difference ($p \geq 0.05$)
- ** = highly significant difference ($p < 0.01$)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

เมื่อผ่านการให้ความร้อนในการสเตอริไลซ์แก่น้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อย (เครื่องแกงร้อยละ 8) และน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้น (เครื่องแกงร้อยละ 12) พบว่าน้ำแกงกะทิควบคุมบรรจุกระป๋องทั้ง 2 สูตรมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำกะทิหลังจากผ่านกระบวนการให้ความร้อนทั้งความร้อนในระดับการพาสเจอไรซ์ (Peamprasart and Chiewchan, 2006; เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด, 2540; ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546; Peamprasart, 2004) และการสเตอริไลซ์ (Chiewchan *et al*., 2005) ต่างสรุปสอดคล้องกันว่าการให้ความร้อนมีผลให้ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มขึ้น โดยความหนืดจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิในกระบวนการให้ความร้อนสูงขึ้น โดย Peamprasart และ Chiewchan (2006) ได้อธิบายผลของการให้ความร้อนในระดับพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 และ 90°C ต่อความหนืดของน้ำกะทิที่เพิ่มขึ้นว่าอาจเกิดจากโปรตีนที่ประกอบอยู่ในน้ำกะทิ ซึ่งโปรตีนมีผลต่อความหนืดและความคงตัวของน้ำแกงกะทิ เนื่องจากโปรตีนในน้ำกะทิเกิดการเสียสภาพธรรมชาติขึ้นเมื่อมีการให้ความร้อนแก่น้ำกะทิที่ระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 80°C และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 90-95°C จะทำให้โปรตีนส่วนใหญ่ถูกทำลาย (Seow and Gwee, 1997) จากการถูกทำลายของโปรตีนดังกล่าวจึงส่งผลให้ส่วนประกอบต่างๆของน้ำกะทิเกิดการรวมตัวกันให้มีอนุภาคใหญ่ขึ้นจึงทำให้ความหนืดของน้ำกะทิเพิ่มขึ้น สำหรับความคงตัวของน้ำกะทิที่ผ่านการให้ความร้อนโดยไม่มีการเติมสารให้ความคงตัวแก่ระบบอิมัลชันในน้ำกะทินั้นเมื่อผ่านการให้ความร้อนแล้วจะทำให้น้ำกะทิมีความคงตัวลดลง แต่สำหรับน้ำแกงกะทิที่ศึกษาครั้งนี้ใช้ผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิยูเอชทีที่ผ่านการเติมสารให้ความคงตัวแล้ว จึงทำให้ความคงตัวของน้ำแกงกะทิไม่แตกต่างในทางสถิติเมื่อผ่านการให้ความร้อน นอกจากผลของความร้อนต่อความหนืดของน้ำกะทิที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในน้ำแกงกะทิแล้ว ความร้อนยังอาจมีผลให้เกิดการพองตัวขององค์ประกอบต่างๆในเครื่องแกงกะทิจึงทำให้เมื่อวัดค่าความหนืดของน้ำแกงกะทิทั้ง 2 สูตรจึงมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยความหนืดของน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น (เครื่องแกงร้อยละ 12) มีความหนืดเพิ่มขึ้นอัตราการเพิ่มที่สูงกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยนั้นก็อาจมีผลสอดคล้องกับการพองตัวขององค์ประกอบของเครื่องแกงในน้ำแกงกะทินั่นเอง เมื่อพิจารณาถึงความคงตัวในน้ำแกงกะทิหลังผ่านการสเตอริไลซ์พบว่าน้ำแกงกะทิมีความคงตัวเพิ่มขึ้น โดยพบว่าน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยมีความคงตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการสเตอริไลซ์สามารถช่วยพัฒนาความคงตัวของน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยได้ ทั้งนี้อาจเกิดจากการพองตัวขององค์ประกอบต่างๆในน้ำแกงกะทิจึงทำให้เกิดการแยกตัวของเม็ดไขมันออกจากน้ำแกงกะทิได้ยาก แต่สำหรับน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นนั้น เนื่องจากในน้ำแกงกะทิก่อนการสเตอริไลซ์ก็มีองค์ประกอบต่างๆในน้ำแกงมากอยู่แล้วจึงมีความคงตัวอยู่ในระดับที่ดี ถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของความคงตัวแต่ก็ยังถือว่าเป็นความคงตัวของ

ผลิตภัณฑ์ที่มีกะทิเป็นส่วนประกอบหลักในระดับที่ดี กล่าวคือมีความคงตัวในระดับที่มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547)

เมื่อพิจารณาผลของการให้ความร้อนในการสเตอริไลซ์ต่อสีน้ำแกงกะทิพบว่าการให้ความร้อนมีผลให้ความสว่าง (L*) ของน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อย (เครื่องแกงร้อยละ 8) มีแนวโน้มลดลงแต่ไม่แตกต่างในทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาความสว่างในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น (เครื่องแกงร้อยละ 12) พบว่าความสว่างของน้ำแกงกะทิมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งการที่ความสว่างของน้ำแกงกะทิที่ลดลงนี้อาจเกิดจากในกระบวนการสเตอริไลซ์ทำให้เกิดการพองตัวของเครื่องแกงเพิ่มมากขึ้น เมื่อมีการวัดค่าความสว่างของน้ำแกงกะทิที่วัดโดยเครื่อง Hunter Lab ซึ่งเป็นการวัดการสะท้อนของแสงจึงทำให้ความสว่างของน้ำแกงกะทิลดลง นอกจากสาเหตุของเครื่องแกงแล้วความสว่างของน้ำแกงกะทิที่ลดลงยังอาจเกิดจากการความคล้ำจากสีของน้ำกะทิด้วย ดังเช่นผลการทดลองของ Gwee (1988) ที่พบว่าการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์มีผลให้น้ำกะทิมีสีคล้ำลง (ค่า L ลดลง) โดย Gwee (1998) ได้อธิบายว่าเกิดจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard) และคาราเมล (caramelisation) ขึ้นเล็กน้อยระหว่างกระบวนการให้ความร้อน Chiewchan และคณะ (2006) ได้อธิบายผลของการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ที่ทำให้ความสว่าง (L) ของน้ำกะทิลดลงว่า อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำอย่างเช่นน้ำกะทิ (pH ประมาณ 6) นั้นจะเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกิดจากเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) เมื่อได้รับความร้อนสูง (มากกว่า 100°C) สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (b*) นั้นพบว่าการสเตอริไลซ์ทำให้น้ำแกงกะทิทั้ง 2 สูตรมีค่า b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อน้ำกะทิผ่านการให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์แล้วจะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chiewchan และคณะ (2006) โดยพบว่าอุณหภูมิในการสเตอริไลซ์ที่เพิ่มขึ้นยิ่งส่งผลให้ความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้แล้ว สุดารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล และคณะ (2008) ได้ศึกษาผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ พบว่าความสว่างของน้ำกะทิ (L) มีค่าลดลง และความเป็นสีแดง (a) มีค่าสูงขึ้น โดยพวกเขาได้อธิบายว่าน้ำกะทิมีโปรตีนประกอบอยู่ เมื่อผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงจึงเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ทำให้น้ำกะทิมีสีน้ำตาลเกิดขึ้น เมื่อมีการวิเคราะห์สีจึงพบการลดลงของค่า L และการเพิ่มขึ้นของค่า a ซึ่งหมายถึงความสว่างและความเป็นสีแดงตามลำดับ สอดคล้องกับค่าความเป็นสีแดง (a*) ของน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้นที่มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังสเตอริไลซ์น้ำแกงกะทิ

1.5 ผลของการให้ความร้อนต่อองค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำแกงกะทิสูตรควบคุม

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมบรรจุกระป๋องประกอบด้วย ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใย ที่ประกอบอยู่ในน้ำแกงกะทิ โดยรายงานในรูปแบบของร้อยละในน้ำแกงกะทิ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีที่กล่าวไว้ข้างต้นที่เกิดขึ้นในน้ำแกงกะทิก่อนและหลังบรรจุกระป๋อง ดังแสดงใน Table 21

Table 21 Chemical composition of coconut milk based curry before and after canning

Item	Control Curry					
	Light taste			Intense taste		
	Before	After	T-test	Before	After	T-test
Moisture (%)	75.70±0.02	75.99±0.22	ns	74.97±0.03	74.90±0.10	ns
Protein (%)	3.92±0.03	3.82±0.06	ns	3.92±0.05	3.91±0.03	ns
Fat (%)	16.79±0.02	16.69±0.19	ns	16.23±0.03	15.98±0.18	ns
Ash (%)	1.32±0.01	1.27±0.02	ns	1.74±0.01	1.61±0.01	ns
Fiber (%)	3.02±0.05	2.75±0.03	*	3.05±0.11	2.92±0.05	ns
Carbohydrate (%)[1]	2.27±0.04	2.32±0.49	ns	3.14±0.03	3.62±0.20	ns
pH	5.60+0.05	5.61+0.09	ns	5.42+0.05	5.45+0.05	ns

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=3)

- [1] By calculation
- ns = non significant difference ($p \geq 0.05$)
- * = significantly difference ($0.01 \leq p < 0.05$)

จาก Table 21 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีซึ่งประกอบด้วย ความชื้นและไขมันของน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยทั้งก่อนและหลังการบรรจุกระป๋องต่างมีปริมาณมากกว่าสูตรเข้มข้น เนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยมีปริมาณกะทิมากกว่าในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น จึงทำให้มีองค์ประกอบสำคัญของกะทิคือความชื้นและไขมันมีค่าสูงกว่า สำหรับปริมาณโปรตีน เถ้า เยื่อใย คาร์โบไฮเดรตนั้นเป็นส่วนประกอบที่พบทั้งในกะทิและในเครื่องแกง แต่ในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นมีปริมาณเครื่องแกงมากกว่า จึงทำให้มีส่วนประกอบทางเคมีดังกล่าวที่มากกว่า ในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยพบว่ามีปริมาณส่วนประกอบดังกล่าวน้อยกว่าน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นมีปริมาณเครื่องแกงสูงกว่าจึงมีปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตในน้ำแกงกะทิ

มากกว่าในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย เนื่องจากองค์ประกอบของเครื่องแกงมีกะปีเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 9.09 ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นนั้นจึงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกะปีที่มีในเครื่องแกง วันทนี สว่างอารมณ์ และคณะ (2549) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกะปีในการวิจัยเพื่อผลิตและศึกษาคุณค่าทางอาหารของกะปี พบว่ากะปีมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยร้อยละ 22.3$\pm$0.3 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ได้รายงานไว้โดยกรมประมง (ร้อยละ 26) ปริมาณไขมันร้อยละ 1.1$\pm$0.1 สอดคล้องกับกรมประมง (ร้อยละ 1) และปริมาณเถ้าร้อยละ 19.8$\pm$0.2 ซึ่งเมื่อเพิ่มสัดส่วนเครื่องแกงในน้ำแกงกะทิทำให้เพิ่มปริมาณกะปี แล้วเป็นผลให้มีปริมาณโปรตีนในสูตรน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงกะทิประกอบเพิ่มมากขึ้นไปด้วย น้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย มีปริมาณความชื้น ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตมากกว่าสูตรเข้มข้น เนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยมีปริมาณน้ำกะทิมากกว่านั่นเอง โดยในน้ำกะทิสำเร็จรูปมีการเติมสารให้ความคงตัวของน้ำกะทิประกอบอยู่ด้วยจึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่า

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีก่อนและหลังการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ในขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง พบว่าความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมันในน้ำแกงกะทิทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยความร้อนในขั้นตอนการบรรจุกระป๋องนี้มีผลต่อการลดลงของเยื่อใยในน้ำแกงกะทิทั้งสูตรเผ็ดน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งอาจเป็นเพราะน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยมีส่วนของของแข็งประกอบอยู่น้อยกว่าสูตเข้มข้น เมื่อได้รับความร้อนในขั้นตอนการบรรจุกระป๋องในระดับและระยะเวลานานเท่ากับสูตรเข้มข้นจึงทำให้ส่วนของเส้นใยในอาหารเกิดการเสียโครงสร้างและแยกตัวออก รวมถึงอาจถูกย่อยด้วยความร้อนทำให้เกิดการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลของชนิดและระดับสารทดแทนไขมันต่อลักษณะคุณภาพน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง

2.1 ผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต

Alting และคณะ (2009) กล่าวว่าการใช้สารทดแทนไขมันที่เป็นผลผลิตจากแป้งนั้นต้องละลายในระดับที่มีความเข้มข้นค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง maltodextrin ที่จะต้องละลายที่ระดับความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 3 จึงจะแสดงพฤติกรรมการเป็นสารทดแทนไขมันที่ดีได้ สอดคล้องกับการเตรียมสารละลาย MAL เพื่อใช้ทดแทนกะทิในการทดลองนี้ ซึ่งพบว่าต้องใช้ maltodextrin เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จึงจะทำให้สารละลาย MAL มีค่าความหนืดไม่แตกต่างกับค่าความหนืดของกะทิสำเร็จรูปที่ใช้ Moore และคณะ (1984) อ้างโดย Pongsawatmanit และ

คณะ (2006) กล่าวว่าในการประยุกต์ใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรในผลิตภัณฑ์ประเภทของเหลวที่ต้องการความหนืดอย่างเช่นซุปนั้นต้องใช้สารละลายแป้งมันสำปะหลังที่ระดับความเข้มข้นต่ำ โดยในการทดลองนี้พบว่าการเตรียมสารละลาย FA และ MR ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่ได้จากการดัดแปรสตาร์ชจากมันสำปะหลังด้วยวิธี pregelatinization และการ crosslinking ตามลำดับ โดยละลายในน้ำที่ระดับความเข้มข้นของ FA-1304 และ MR-300 เพียงร้อยละ 2.0 และ 2.5 ตามลำดับ

ผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตต่อลักษณะทางกายภาพที่ประกอบด้วยความหนืด ความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นโดยเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมทั้ง 2 สูตร ดังแสดงใน Table 22 และ Table 23 ตามลำดับ

Table 22 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with carbohydrate-based fat replacers

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
MAL-50	80.57±10.60^{fgh}	74.79±3.44^{fg}	53.42±1.49^{cde}	13.91±2.28^{bcde}	58.67±1.35^{ab}
MAL-60	58.47± 2.16^{hi}	73.79±1.93^{fg}	50.94±1.82^{ef}	14.49±1.15^{bcde}	58.16±1.28^{abc}
MAL-70	61.73±11.12^{ghi}	83.73±4.05^{cdef}	45.22±1.98^{g}	16.49±1.12^{abc}	57.04±1.54^{abc}
MAL-80	56.97± 5.51^{i}	75.40±7.24^{efg}	38.77±2.27^{h}	17.62±0.88^{a}	53.93±0.44^{c}
MAL-90	58.43± 5.40^{hi}	72.63±6.17^{fg}	33.17±1.34^{i}	18.34±1.05^{a}	48.82±2.59^{d}
FA-50	88.00± 6.73^{ef}	90.76±7.88^{abc}	60.28±3.58^{ab}	14.43±2.35^{bcde}	59.20±2.13^{a}
FA-60	82.97± 2.46^{fg}	95.03±7.14^{ab}	59.19±5.14^{ab}	12.99±0.62^{def}	58.37±2.35^{ab}
FA-70	105.00± 4.50^{de}	98.30±2.19^{a}	57.94±7.06^{bc}	13.81±0.89^{bcde}	58.40±2.42^{ab}
FA-80	111.57± 2.33^{d}	95.39±5.23^{ab}	52.38±3.75^{def}	13.90±2.19^{bcde}	57.89±3.90^{abc}
FA-90	106.57± 3.57^{de}	88.10±8.82^{abcd}	47.89±3.29^{fg}	15.70±2.06^{abcd}	56.62±3.88^{abc}
MR-50	138.63±24.87^{c}	97.48±3.29^{ab}	59.78±0.44^{ab}	13.67±1.95^{cde}	58.26±0.64^{abc}
MR-60	151.67± 0.85^{bc}	95.83±6.48^{ab}	57.46±1.17^{bcd}	12.24±1.65^{ef}	57.64±1.33^{abc}
MR-70	175.60±23.58^{a}	95.32±7.64^{ab}	55.49±0.71^{bcde}	12.55±1.03^{ef}	57.68±2.03^{abc}
MR-80	155.67± 6.78^{abc}	67.75±4.81^{g}	52.29±1.39^{def}	14.26±0.76^{bcde}	57.42±1.25^{abc}
MR-90	163.37± 6.43^{ab}	79.21±9.15^{def}	45.08±1.42^{g}	16.67±1.03^{ab}	55.00±2.98^{abc}
Control[1]	71.97± 8.82^{fghi}	86.14±3.39^{bcde}	64.18±1.64^{a}	10.42±1.15^{f}	54.82±1.58^{bc}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-i}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)

- [1] Full fat light taste control curry (8% curry paste)

-.Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

Table 23 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with carbohydrate-based fat replacers

Sample	Viscosity (cP)	Stability (%)	Color		
			L*	a*	b*
MAL-50	92.30±15.32^{f}	77.82±12.21^{c}	50.12±2.30^{def}	15.23±0.58^{ef}	60.07±1.24^{abc}
MAL-60	86.07± 8.20^{f}	80.69± 5.03^{bc}	42.60±0.60^{g}	16.38±0.68^{de}	54.56±1.48^{de}
MAL-70	80.73± 6.88^{f}	79.61±12.72^{bc}	38.47±0.26^{g}	17.51±0.45^{bcd}	52.52±1.75^{de}
MAL-80	77.03± 7.50^{f}	99.27± 0.65^{a}	33.92±1.16^{h}	18.46±0.87^{abc}	49.32±0.86^{f}
MAL-90	75.37± 6.95^{f}	90.38±12.76^{ab}	34.30±5.74^{h}	18.49±0.99^{abc}	45.35±0.76^{g}
FA-50	140.43±16.38^{de}	94.44± 9.62^{a}	55.75±1.69^{abc}	13.28±2.17^{fg}	62.09±1.56^{a}
FA-60	142.07±13.47^{de}	99.35± 1.13^{a}	51.73±0.53^{cde}	15.04±1.85^{ef}	60.83±0.96^{ab}
FA-70	158.67±11.17^{d}	95.20± 8.31^{a}	47.58±3.60^{ef}	16.46±2.66^{cde}	59.14±1.15^{bc}
FA-80	286.27±12.14^{a}	97.73± 3.93^{a}	41.80±2.57^{g}	18.88±0.15^{ab}	54.74±0.07^{de}
FA-90	296.77±10.31^{a}	99.81± 0.22^{a}	40.83±1.01^{g}	19.71±0.16^{a}	54.19±0.31^{de}
MR-50	154.43±11.72^{d}	99.36± 1.10^{a}	56.22±3.28^{ab}	14.17±0.19^{fg}	53.49±2.12^{de}
MR-60	197.67± 4.90^{c}	99.48± 0.89^{a}	52.77±1.79^{bcd}	14.81±0.64^{ef}	52.32±2.57^{e}
MR-70	191.77±10.57^{c}	99.56± 0.76^{a}	50.81±0.98^{def}	16.21±0.19^{de}	54.84±0.24^{d}
MR-80	211.83±15.89^{bc}	93.39± 5.73^{a}	46.86±0.76^{f}	17.36±0.38^{bcd}	53.62±1.12^{de}
MR-90	228.43±18.16^{b}	92.97± 2.67^{a}	42.56±4.12^{g}	17.90±0.56^{abcd}	54.91±1.27^{d}
Control[2]	126.60± 3.05^{e}	94.66± 2.30^{a}	58.16±0.72^{a}	12.78±0.27^{g}	57.97±0.50^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-i}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- [2] Full fat Intense taste control curry (12% curry paste)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

ในการคัดเลือกระดับและชนิดของสารทดแทนไขมันที่เหมาะสำหรับใช้ทดแทนกะทิในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำจะพิจารณาจากสารทดแทนไขมันที่ให้ลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมมากที่สุด เมื่อพิจารณาผลของการใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตพบว่าการใช้สารละลาย MAL ทดแทนกะทิในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย (Table 22) ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความหนืดในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยพบว่าเมื่อมีการทดแทน

กะทิในระดับการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยมีความหนืดลดลง (ภาคผนวก ง Table appendix 4) แต่การลดลงดังกล่าวไม่ถือว่าแตกต่างในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม (Table 22) การใช้สารละลาย MAL ทดแทนกะทิในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นทำให้น้ำแกงกะทิมีความหนืดน้อยกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้น (Table 23) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การใช้สารละลาย FA และ MR ทดแทนกะทิในระดับการทดแทนกะทิที่สูงขึ้นส่งผลให้มีความหนืดเพิ่มขึ้นในระดับที่ไม่แตกต่างในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 5 และ Table appendix 6) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม ($p<0.05$) (Table 22 และ Table 23) ผลต่อความหนืดของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ พบว่า MAL ไม่มีผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแกงสูตรเผ็ดน้อย แตกต่างจาก FA และ MR ซึ่งเมื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนกะทิจะทำให้ความหนืดเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง MR จะก่อให้เกิดความหนืดที่แตกต่างจากน้ำแกงกะทิควบคุมมาก ($p<0.05$) (Table 22 และ Table 23) เนื่องจากโมเลกุลของ maltodextrin มีความสามารถในการพองตัวน้อยกว่าโมเลกุลของสตาร์ชมันสำปะหลังที่ผ่านดัดแปรด้วยวิธี crosslinking มาแล้ว สอดคล้องกับผลการทดลองของ นันทินา เที่ยงธรรม (2544) ที่ใช้ N-Lite-D, MT-01 และ Alpha starch ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่เป็น maltodextrin, แป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยวิธี cross linking และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ด้วยวิธี pregelatinization ตามลำดับ ทดแทนกะทิในไอศกรีม ที่พบว่าการใช้ N-Lite-D ทำให้ความหนืดของไอศกรีมมีความหนืดน้อยกว่าการใช้ MT-01 และ Alpha starch ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการดัดแปรสตาร์ชด้วยวิธี cross linking เป็นการเพิ่มความสามารถให้กับเม็ดสตาร์ชในการให้ความหนืดเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเดียวกับวิธี pregelatinization ที่ช่วยให้สตาร์ชละลายน้ำได้ดีและมีความหนืดสูง (Snyder, 1984 อ้างโดย นันทินา เที่ยงธรรม, 2544) กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2543) กล่าวสอดคล้องกันว่า โครงสร้างของสตาร์ชดัดแปรด้วยวิธี cross linking ใช้พันธะเคมีที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมาเสริมพันธะไฮโดรเจนทำให้เม็ดสตาร์ชแข็งแรง ให้ความหนืดสูงแม้ใช้อุณหภูมิสูงก็ตาม นอกจากนี้ Rapaille และ Vanhemelrick (1997) อ้างโดย Temsiripong และคณะ (2005) กล่าวว่าโดยทั่วไปในทางอุตสาหกรรมมักใช้ แป้งดัดแปรด้วยวิธี pregelatinization เป็นสารเพิ่มความเข้มข้นของของเหลวโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมอาหารในประเทศทางตอนใต้ของทวีปเอเชีย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่มีความหนืดสูง ไม่ตกตะกอนและใช้ต้นทุนต่ำ เนื่องจากแป้งดัดแปลงชนิดนี้มีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืดได้ดี การใช้ FA และ MR ทำให้ความหนืดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ($p<0.05$) โดยการใช้ FA ที่ระดับการทดแทนกะทิไม่เกินร้อยละ 60 ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของความหนืดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้น ($p \geq 0.05$) (Table 23) ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Miyazaki และคณะ (2006) ที่พบว่าการดัดแปร

สตาร์ชด้วยวิธี crosslinking เป็นการเพิ่มความสามารถให้กับเม็ดสตาร์ชในการให้ความหนืดที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับการ pregelatinization ที่ช่วยให้สตาร์ชละลายน้ำได้ดีและให้ความหนืดสูง

การใช้ MAL ทดแทนกะทิในน้ำแกงกะทิในระดับที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความคงตัวของอิมัลชันในน้ำแกงกะทิที่ทดแทนกะทิด้วยสารละลาย MAL มีค่าต่ำกว่าระดับความคงตัวของระบบอิมัลชันในผลิตภัณฑ์กะทิที่ดี (ภาคผนวก ง Table appendix 4) คือร้อยละ 80 (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547) แต่เมื่อทดแทนกะทิในระดับการทดแทนตั้งแต่ร้อยละ 60 ขึ้นไปในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น (ภาคผนวก ง Table appendix 13) ทำให้ปรากฏลักษณะความคงตัวที่ดี จากการทดลองของ Klinkesorn และคณะ (2004) พบว่าการเติมสารละลาย maltodextrin ลงไปในระบบอิมัลชัน (แบบน้ำมันในน้ำ) ของน้ำข้าวโพดทำให้ระบบอิมัลชันเกิดความคงตัวและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการไหล สำหรับการใช้ FA และ MR ไม่ส่งผลกระทบในทางลบต่อความคงตัวของผลิตภัณฑ์ แต่กลับช่วยพัฒนาความคงตัวของน้ำแกงกะทิให้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 5, 6, 14 และ 15) ซึ่งความคงตัวที่เพิ่มขึ้นมีผลมาจากความหนืดที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้องค์ประกอบต่างๆที่ประกอบอยู่ในน้ำแกงกะทิเคลื่อนที่ได้ยากขึ้นและเนื่องจากโครงสร้างของสตาร์ชที่ได้มีการดัดแปลงโครงสร้างเพื่อประโยชน์ทางความคงตัวของระบบอิมัลชัน (นันทินา เที่ยงธรรม, 2544) ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั่นเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารละลาย MR ที่ระดับการทดแทนกะทิเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลให้น้ำแกงกะทิที่ได้มีความหนืดที่เพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้สารละลาย FA และความหนืดของน้ำแกงกะทิควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

maltodextrin เป็นสารทดแทนไขมันที่ให้สารละลายที่มีลักษณะใสแตกต่างจากกะทิที่มีสีขาวข้นและเป็นสารทดแทนไขมันที่สามารถกระจายตัวได้ดี (นันทินา เที่ยงธรรม, 2544) จึงทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ได้มีลักษณะที่มีสีแดงของเครื่องแกงชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างกับน้ำแกงกะทิควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 22 และ Table 23) โดยมีแนวโน้มความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้นตามระดับการทดแทนกะทิที่เพิ่มขึ้น (ภาคผนวก ง Table appendix 4 และ Table appendix 13) สำหรับน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นที่ใช้ MAL มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีในระดับที่น้อยกว่าในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย เนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นมีส่วนประกอบของเครื่องแกงมากกว่าจึงมีความชัดเจนของสีเครื่องแกงกะทิที่มากกว่าสูตรเผ็ดน้อยอยู่แล้ว การใช้สารละลาย MAL ทดแทนกะทิในระดับที่น้อย (ร้อยละ 50-60) จึงมีอิทธิพลต่อสีการเปลี่ยนแปลงค่าสีแต่ไม่แตกต่างอย่างชัดเจน ($p \geq 0.05$) การใช้สารละลาย FA และ MR ทดแทนกะทิในผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำนั้นไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของค่า b* ซึ่งบอกถึงความเป็นสีเหลืองของ

ผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิ (Table 22) แต่การใช้สารละลาย FA ทดแทนกะทิมากกว่าร้อยละ 70 และสารละลาย MR ที่ระดับการทดแทนกะทิมากกว่าร้อยละ 60 จะก่อให้เกิดความเป็นสีแดงของผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิสูตรควบคุม (Table 22 และ Table 23) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากสารละลายสารทดแทนไขมันดังกล่าวมีสีขาวขุ่นน้อยกว่ากะทิ และเนื่องจากการที่สารลาย FA และ MR ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรซึ่งจะช่วยเพิ่มความข้นให้แก่ผลิตภัณฑ์ จึงทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้สารละลาย FA และ MR มีความสว่าง (L*) ลดลงและมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม ($p<0.05$) ในน้ำแกงกะทิทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น (Table 22 และ Table 23) การใช้สารละลาย FA ในระดับการทดแทนกะทิไม่เกินร้อยละ 60 นั้น ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างทางกายภาพของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น แต่การใช้ MR มีผลเพิ่มความหนืดต่อน้ำแกงกะทิไขมันต่ำแม้ว่าจะใช้สารละลาย MR ที่มีความหนืดเริ่มต้นหลังการให้ความร้อนเท่ากับความหนืดของน้ำกะทิหลังการให้ความร้อนแล้วก็ตาม ซึ่งอาจเป็นเพราะในกระบวนการเตรียมน้ำแกงกะทิได้ให้ความร้อนในหลายขั้นตอนตั้งแต่การเตรียมสารละลายสารทดแทนไขมัน การให้ความร้อนเพื่อคนผสมส่วนประกอบและการให้ความร้อนในขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง จึงทำให้อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแกงกะทิได้ อย่างไรก็ตามการใช้สารละลาย FA และ MR ทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำมีความคงตัวของระบบอิมัลชันที่ดีจนถึงอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการแยกชั้นของน้ำแกงกะทิอีกด้วย

จากข้อมูลทางกายภาพของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยที่ได้จากการทดแทนกะทิด้วยสารละลายสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรต สามารถสรุปได้ว่าการใช้ Maltodextrin มีผลกระทบให้เกิดความแตกต่างของความหนืด แต่การใช้ FA และ MR ส่งผลเพิ่มความหนืดและความคงตัวของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ โดยคุณลักษณะที่เป็นสารทดแทนไขมันที่สามารถละลายในน้ำได้ดี และให้สารละลายที่ใส จึงส่งผลกระทบต่อสีของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ FA ซึ่งเป็นแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยวิธี pregelatinization มีคุณสมบัติในการละลายน้ำและสามารถกระจายสาย polysaccharide ในน้ำกะทิได้ง่ายจึงเป็นส่วนช่วยขัดขวางการเคลื่อนที่ในการแยกชั้นของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ สำหรับ MR ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วยวิธี crosslinking ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงของเม็ดแป้งให้สามารถพองตัวได้มากและไม่แตกตัวที่อุณหภูมิสูง การใช้สารละลาย MR จึงสามารถช่วยเพิ่มความหนืดและความคงตัวโดยอาศัยเม็ดแป้งที่พองตัวเมื่อโดนความร้อนจึงขัดขวางการเคลื่อนที่ของอนุภาคอื่นในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำและเพิ่มความหนืด ด้วยคุณสมบัติที่เมื่อละลายน้ำแล้วให้สารละลายที่มีสีค่อนข้างขาวขุ่นของ FA และ MR จึงส่งผลกระทบต่อสีของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำในระดับที่น้อยกว่า Maltodextrin เมื่อพิจารณา

คัดเลือกชนิดและระดับการทดแทนกะทิที่เหมาะสมจึงควรพิจารณาน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่มีความคงตัวและมีสีใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมมากที่สุด โดยที่ระดับการทดแทนที่คัดเลือกต้องให้ความหนืดของน้ำแกงกะทิไม่แตกต่างจากน้ำแกงกะทิควบคุม จึงสรุปได้ว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่มีค่าทางกายภาพไม่แตกต่างหรือใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมทุกลักษณะ ($p \geq 0.05$) ได้แก่สูตรที่ใช้สารละลาย FA ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 60 และน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้น ที่มีค่าทางกายภาพใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมมากที่สุดทุกลักษณะได้แก่สูตรที่ใช้สารละลาย FA ทดแทนน้ำกะทิร้อยละ 50

2.2 ผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน

ในขั้นตอนการเตรียมสารละลายสารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีนพบว่า Soy Protein Isolate สามารถละลายน้ำได้ดีและไม่เกิดการจับตัวกับเป็นก้อน แต่ Sodium Caseinate นั้นมีการจับตัวกันเป็นก้อนเกิดขึ้นได้ง่าย ทั้งนี้เนื่องจาก Soy Protein Isolate เป็นโปรตีนทรงกลม (globular protein) สามารถละลายได้ดีในช่วง pH กว้าง ในขณะที่ Sodium Caseinate เป็นโปรตีนที่เกิดการเกาะกลุ่มและการรวมมวลได้ง่ายในสภาวะที่มีแคลเซียมไอออนร่วมกับการให้ความร้อน โดยเฉพาะเมื่อลด pH ให้เข้าใกล้ 4.6 ซึ่งเป็น Isoelectric pH ของเคซีน (Liu, 1997) และตกตะกอนได้เมื่อเติมแคลเซียมไอออนหลังจากการให้ความร้อนที่สูงพอที่จะทำให้โปรตีนเสียสภาพบางส่วน (Scilingo and Anon, 1996)

ผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนประกอบด้วยโปรตีนสกัดจากกากมะพร้าว (CP) Sodium Caseinate (SC) และ Soy Protein Isolate (SOY) เข้มข้นร้อยละ 10 6 และ 3.5 ตามลำดับ ต่อลักษณะทางกายภาพที่ประกอบด้วยความหนืด ความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิ ค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นตามลำดับ ดังแสดงผลใน Table 24 และ Table 25 ตามลำดับ

Table 24 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with protein-based fat replacers

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
SOY-50	70.63±4.30^{abc}	91.73±0.36^{b}	61.31±0.33^{a}	8.84±0.56^{i}	56.00±0.80^{cd}
SOY-60	67.83±2.41^{c}	99.87±0.23^{a}	60.00±0.06^{bc}	9.36±0.35^{hi}	55.96±0.37^{cd}
SOY-70	69.47±2.04^{bc}	83.76±1.33^{c}	58.76±0.29^{d}	9.84±0.07^{h}	56.28±0.12^{bc}
SOY-80	56.97±3.76^{d}	64.96±5.08^{d}	55.39±0.14^{g}	11.32±0.28^{g}	56.14±1.15^{bcd}
SOY-90	60.23±2.50^{d}	58.26±1.76^{e}	50.80±0.43^{i}	12.91±0.44^{de}	54.84±0.16^{d}
SC-50	60.97±5.44^{d}	51.33±2.06^{fg}	60.84±1.00^{ab}	12.00±0.16^{f}	59.87±0.89^{a}
SC-60	56.73±1.92^{d}	40.44±5.98^{hi}	57.27±0.41^{ef}	13.18±0.32^{cd}	59.44±0.85^{a}
SC-70	55.27±3.04^{d}	41.91±0.69^{h}	54.53±0.29^{gh}	14.55±0.05^{b}	59.91±0.58^{a}
SC-80	54.07±3.00^{d}	26.95±1.53^{j}	49.85±0.43^{i}	14.58±0.21^{b}	57.44±0.55^{b}
SC-90	53.67±1.53^{d}	21.37±2.41^{k}	44.91±0.17^{j}	15.93±0.11^{a}	55.60±1.21^{cd}
CP-50	70.13±4.25^{abc}	56.25±4.91^{ef}	54.04±0.57^{h}	14.60±0.17^{b}	55.60±0.39^{cd}
CP-60	72.60±5.86^{abc}	54.54±4.16^{efg}	54.71±0.60^{gh}	13.48±0.25^{c}	55.77±0.26^{cd}
CP-70	75.43±1.46^{ab}	49.66±0.79^{g}	56.44±0.35^{f}	13.00±0.37^{cde}	55.73±0.33^{cd}
CP-80	77.43±1.27^{a}	50.15±0.59^{g}	57.83±0.22^{de}	12.48±0.37^{ef}	56.14±0.26^{bcd}
CP-90	77.50±1.41^{a}	36.67±1.32^{i}	59.76±0.32^{c}	12.37±0.27^{f}	56.44±0.19^{bc}
Control[1]	72.09±9.36^{abc}	86.14±4.68^{c}	60.18±1.64^{bc}	8.95±0.38^{i}	54.82±1.58^{d}

Remark:
- Data are presented as mean ± SD (n=5)
- $^{a-k}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- [1] Full fat light taste control curry (8% curry paste)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

Table 25 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with protein-based fat replacers.

Sample	Viscosity (cP)	Stability (%)	Color		
			L*	a*	b*
SOY-50	109.70±5.56^{cd}	99.40±0.79^{a}	55.94±0.08^{d}	12.48±0.24^{j}	56.14±0.11^{fg}
SOY-60	103.48±3.08^{d}	99.45±0.57^{a}	54.91±0.16^{f}	12.65±0.21^{j}	55.73±0.18^{gh}
SOY-70	119.53±4.74^{a}	98.21±1.60^{ab}	53.04±0.19^{g}	13.48±0.18^{hi}	55.86±0.12^{gh}
SOY-80	110.87±5.28^{bc}	94.82±2.76^{b}	51.04±0.08^{h}	14.60±0.06^{g}	55.60±0.04^{h}
SOY-90	120.47±4.70^{a}	84.97±4.46^{d}	47.53±0.05^{i}	15.12±0.24^{e}	54.06±0.08^{j}
SC-50	74.67±4.01^{f}	99.75±0.22^{a}	53.01±0.23^{g}	14.70±0.03^{fg}	57.35±0.07^{c}
SC-60	75.60±3.74^{f}	94.61±4.73^{b}	51.00±0.03^{h}	15.63±0.20^{d}	57.38±0.13^{c}
SC-70	71.60±4.80^{fg}	84.91±1.85^{d}	47.81±0.19^{i}	17.45±0.25^{c}	57.19±0.23^{c}
SC-80	64.93±2.01^{h}	69.77±0.24^{e}	44.58±0.24^{k}	18.48±0.17^{a}	56.48±0.08^{ef}
SC-90	65.93±2.91^{gh}	63.29±2.38^{f}	45.93±0.17^{j}	17.99±0.07^{b}	56.59±0.13^{de}
CP-50	103.40±1.80^{d}	90.28±0.30^{c}	59.58±0.24^{a}	12.58±0.22^{j}	58.65±0.80^{a}
CP-60	106.27±1.50^{cd}	85.39±2.30^{d}	57.93±0.17^{b}	12.91±0.31^{j}	58.13±0.29^{b}
CP-70	104.20±1.20^{d}	72.79±1.81^{e}	56.48±0.08^{c}	13.45±0.37^{i}	56.98±0.18^{cd}
CP-80	94.40±2.11^{e}	60.37±2.45^{f}	56.33±0.40^{c}	13.87±0.24^{h}	55.62±0.22^{h}
CP-90	95.47±1.90^{e}	50.23±1.48^{g}	55.46±0.38^{e}	15.07±0.32^{ef}	54.84±0.24^{i}
Control[2]	116.90±4.20^{ab}	94.58±2.29^{b}	55.82±0.22^{d}	12.51±0.40^{j}	55.64±0.23^{h}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-j}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- [2] Full fat Intense taste control curry (12% curry paste)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

จากผลการทดลองใน Table 24 พบว่าการใช้สารละลาย SOY ในระดับการทดแทนกะทิที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความหนืดของน้ำแกงกะทิลดลงเล็กน้อย ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อมีเครื่องแกงประกอบในน้ำแกงมากขึ้นซึ่งเป็นน้ำแกงสูตรเข้มข้น (Table 25) พบว่าการใช้สารละลาย SOY ทดแทนน้ำกะทิทำให้น้ำแกงกะทิมีความหนืดเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ซึ่งความหนืดที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจเกิดจากน้ำแกงกะทิมีส่วนประกอบของเครื่องแกงเมื่อผ่านการให้ความร้อนในขั้นตอนการฆ่า

เชื้อจึงทำให้องค์ประกอบต่างๆในเครื่องแกงเกิดการพองตัว ประกอบกับองค์ประกอบของโปรตีนที่มีมากขึ้นในเครื่องแกงซึ่งมีส่วนประกอบของกะปิที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก จึงทำให้น้ำแกงกะทิเกิดความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในสูตรเข้มข้น ($p<0.05$) และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของความหนืดอย่างชัดเจนทางสถิติในสูตรเผ็ดน้อย เนื่องจากสูตรเผ็ดน้อยมีเครื่องแกงประกอบอยู่เพียงร้อยละ 8 เมื่อเกิดการพองตัวของอนุภาคต่างๆในส่วนนี้จึงไม่ส่งผลให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนืดอย่างชัดเจน นอกจากนี้โครงสร้างของ Soy Protein Isolate สามารถสร้างโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายร่างแหที่สามารถจับน้ำ ไขมัน และของแข็งให้อยู่ร่วมกันได้ ซึ่งเป็นผลทำให้องค์ประกอบต่างๆเคลื่อนตัวได้ยากจึงทำให้อิมัลชันมีความหนืดและความคงตัวสูงขึ้น (Bianchi, 1985) น้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ทดแทนกะทิด้วยสารละลายสารทดแทนไขมัน Sodium Caseinate (SC) พบว่าการใช้สารละลาย SC ในระดับการทดแทนที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ความหนืดของน้ำแกงมีแนวโน้มลดลงโดยไม่ถือว่าแตกต่างในทางสถิติในสูตรเผ็ดน้อย ($p\geq0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 9) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น ($p<0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 18) ซึ่งอาจเกิดจากการรวมตัวกันเป็นก้อนของ Sodium Caseinate ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการละลายเนื่องจาก Sodium caseinate สามารถละลายได้ในช่วง pH ที่จำกัด (Liu, 1997) โดยค่าความหนืดของน้ำแกงกะทิที่ใช้ SC ทดแทนกะทิมีความสอดคล้องกับความคงตัวที่จะกล่าวถึงต่อไป การใช้สารละลายโปรตีนมะพร้าวไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างทางสถิติต่อความหนืดของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำเนื่องจากโปรตีนที่ประกอบอยู่ในสารทดแทนไขมันดังกล่าวนี้เป็นโปรตีนชนิดเดียวกันกับที่มีในน้ำกะทิที่ใช้ในน้ำแกงกะทิควบคุมทั้ง 2 สูตร ระดับการทดแทนและความร้อนที่ใช้ในการฆ่าเชื้อจึงไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของความหนืดในการเปรียบเทียบทางสถิติ แต่การใช้ CP อาจมีผลให้เกิดความแตกต่างของความหนืดเล็กน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำกะทิทางการค้านั้นมีการเติมสารให้ความคงตัวบางส่วนอยู่แล้ว สารให้ความคงตัวแก่น้ำกะทิที่นิยมใช้ในการผลิตน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เช่น polyoxyethylene, sorbitan, monostearate และ/หรือ sorbitan monostearate เป็นต้น ส่วนสารสเตบิไลเซอร์ที่ใช้คือ soy lecithin, alginate, carboxymethyl cellulose (CMC), casein, carrageenan, guar gum, karaya gum และ locust bean gum เป็นต้น

ความคงตัวของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้ SOY เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ความคงตัวลดลงแต่ยังคงอยู่ในระดับความคงตัวที่ดีคือมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 การเกิดการแยกชั้นของส่วนประกอบในน้ำแกงที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากการใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีนเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ต้องใช้ความร้อนสูงกว่า 100°C จึงทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนบางส่วนที่ประกอบอยู่ในน้ำแกงกะทิ โดยมากจะเกิดเมื่อให้ความร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ

80°C (Steinkraus *et al*., 1968 อ้างโดย ทศพรพรรณ รัตนภักดี, 2546) แต่อย่างไรก็ตามการแยกชั้นดังกล่าวสามารถทำให้เม็ดไขมันกระจายตัวรวมเป็นเนื้อเดียวได้อีกครั้งด้วยการเขย่า (Escueta, 1980) โดยความคงตัวของน้ำแกงกะทิที่ใช้ SOY ทดแทนน้ำกะทิในระดับร้อยละ 80-90 มีค่าลดลง ($p \geq 0.05$) จนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าความคงตัวร้อยละ 80 (ภาคผนวก ง Table appendix 8) โดยอาจเกิดเนื่องจากในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยอาศัยความคงตัวจากโปรตีนที่ประกอบอยู่ในกะปิและสารให้ความคงตัวที่มีประกอบอยู่ในน้ำกะทิสำเร็จรูป เมื่อมีการทดแทนน้ำกะทิด้วย SOY ซึ่งเป็นโปรตีนเมื่อผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่ต้องใช้ความร้อนในระดับสูงจึงทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติในอัตราส่วนที่มากขึ้น ทำให้ค่าความคงตัวของน้ำแกงกะทิลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Escueta (1980) ที่ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่ออัตราการแยกชั้นของน้ำกะทิ พบว่าน้ำกะทิที่ผ่านการให้ความร้อนแบบสเตอริไลซ์จะเกิดการแยกชั้นมากกว่าน้ำแกงกะทิที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนเนื่องจากความร้อนทำให้อิมัลชันไม่คงตัว การใช้ Sodium Caseinate มีผลให้ความคงตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น ($p<0.05$) ในการใช้สารละลายโปรตีนสกัดจากกากมะพร้าวนั้น คุณาพร เงินศรีตระกูล และ รัชดาภรณ์ เพ็ชรนิคม (2545) รายงานคุณสมบัติการละลายและความหนืดของโปรตีนมะพร้าวเข้มข้น ที่ได้จากการสกัดจากกากมะพร้าวด้วยสารละลายกรด NaCl พบว่าไนโตรเจนของโปรตีนมะพร้าวสามารถละลายได้ดีในน้ำที่มีสภาพเป็นด่าง โดยมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำสุดในช่วง pH 4-5 ซึ่งเป็นจุด isoelectric point (pI) ของโปรตีนมะพร้าว การละลายของไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH เปลี่ยนแปลงห่างจากค่า pI น้ำแกงกะทิในการทดลองนี้มีค่า pH ของน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีค่าอยู่ในช่วง 5.61 และ 5.48 ตามลำดับ จึงทำให้เกิดลักษณะความคงตัวที่ไม่ดีของน้ำแกงกะทิที่ใช้โปรตีนมะพร้าวทดแทนกะทิ เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด (2544) ได้ทดสอบความคงตัวของน้ำกะทิบรรจุกระป๋องที่ใช้ Tween 60 เป็นสารทดแทนไขมัน โดย Tween 60 เป็นสารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีน พบว่าเมื่อมีการใช้ Tween 60 ในระดับความเข้มข้นที่มากกว่าร้อยละ 5.64 ทำให้เกิดการเกิดการแยกชั้นของน้ำกะทิ โดย เอกสิทธิ์ อ่อนสะอาด (2544) ได้อธิบายว่าการแยกชั้นดังกล่าวอาจเกิดจากการใช้ Tween 60 เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มากเกินไป ทำให้ Tween 60 แทรกตัวรวมกับโปรตีนส่วนที่อยู่รอบอนุภาคไขมันมากเกินความต้องการ แทนที่จะช่วยกีดขวางไม่ให้โปรตีนรวมตัวกันกลับทำให้โปรตีนเชื่อมเข้าด้วยกัน เพราะโมเลกุลของโปรตีนในน้ำกะทิมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและชอบน้ำมันสามารถเชื่อมต่อกับสารอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำและส่วนที่ชอบน้ำมันเช่นกัน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้จะเห็นว่าในการใช้สารทดแทนไขมันชนิดเดียวกันและระดับการทดแทนกะทิในน้ำแกงที่มีปริมาณเครื่องแกงมากกว่า (สูตรเข้มข้น) จะให้ค่าความคงตัวที่ดีกว่า อาจเกิดเนื่องจากในน้ำแกงกะทิสูตร

เข้มข้นมีปริมาณของแข็งที่มากกว่า โปรตีนที่ได้จากสารทดแทนไขมันจึงมีส่วนที่จับไว้ในโครงสร้างร่างแหได้มากกว่าทำให้การจับกันเองจึงเกิดขึ้นน้อยกว่านั่นเอง

สีของตัวอย่างน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้ SOY ในระดับการทดแทนที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ความสว่างของน้ำแกงกะทิลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 8 และ Table appendix 17) เนื่องจากสีของสารละลาย SOY มีความสว่างน้อยกว่าน้ำกะทิ และเมื่อเปรียบเทียบกับ SC และ CP พบว่า SOY ให้ความสว่างมากกว่า SC แต่น้อยกว่า CP (Table 24 และ Table 25) สอดคล้องกับการทดลองของ ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) ที่พบว่าอิมัลชันของกะทิดัดแปลงไขมันที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองให้สีเหลืองออกคล้ำ โดยมีค่าความสว่างต่ำกว่ากะทิปกติแต่สว่างกว่ากะทิดัดแปลงไขมันที่เตรียมจาก Sodium Caseinate ในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นมีการลดลงของความสว่างในระดับที่ไม่เกิดความแตกต่างในทางสถิติ ($p\geq0.05$) (Table 25) เนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นมีองค์ประกอบของเครื่องแกงที่เข้มข้นและมีสีที่เข้มคล้ำกว่าสูตรเผ็ดน้อย การเพิ่มขึ้นของสารละลาย SOY และการลดลงของกะทิจึงไม่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความสว่างอย่างชัดเจน การใช้สารละลาย SOY ทดแทนกะทิในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ความเป็นสีแดงของตัวอย่างน้ำแกงกะทิเพิ่มขึ้นโดยการใช้ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50-60 ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างของสีแดงเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ($p\geq0.05$) (Table 24 และ Table 25) การเพิ่มขึ้นของความเป็นสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนสูงกว่าร้อยละ 60 (ภาคผนวก ง Table appendix 8 และ Table appendix 17) เป็นผลมาจากการลดลงของปริมาณกะทิและอาจเกิดจากความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิที่ลดลง จึงส่งผลให้เกิดการแยกตัวของน้ำมันสีแดงซึ่งเป็นสีของพริกที่ละลายอยู่ในส่วนของน้ำมัน สำหรับค่า b* ที่ลดลง ซึ่งหมายถึงการลดลงของความเป็นสีเหลืองการใช้สารละลาย SC ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของค่าสีในน้ำแกงกะทิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความสว่าง (L*) สำหรับการใช้ในการทดแทนน้ำกะทิในสูตรเผ็ดน้อย โปรตีนมะพร้าวทดแทนกะทิในน้ำแกงที่ระดับการทดแทนต่างๆทำให้แกงกะทิที่ได้มีความคงตัวของอิมัลชันต่ำกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมมาก ($p<0.05$) ทั้งในสูตรแกงกะทิเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น (Table 24 และ Table 25) และการใช้สารละลายโปรตีนมะพร้าวที่ระดับการทดแทนเพิ่มขึ้นยังส่งผลให้ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งในการเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม (Table 24 และ Table 25) และการเปรียบเทียบทางสถิติเมื่อมีระดับการทดแทน SC เพิ่มขึ้น (ภาคผนวก ง Table appendix 9 และ Table appendix 18) ซึ่งค่าความเป็นสีแดงที่เพิ่มขึ้นนี้มีความสอดคล้องกับความคงตัวของระบบอิมัลชันของน้ำแกงกะทิที่ลดลง

เมื่อพิจารณาคัดเลือกสูตรน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ได้จากการใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและกลุ่มโปรตีน จากการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่มีความสำคัญของผลิตภัณฑ์กับน้ำแกงกะทิควบคุมแล้วพบว่าการใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและกลุ่มโปรตีนที่ให้ลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมทั้งสองสูตร (สูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น) คือการใช้สารละลาย FA และ SOY ตามลำดับ โดยการใช้สารทดแทนไขมันที่ระดับการทดแทนที่เหมาะสมคือที่ระดับการทดแทนกะทิ ร้อยละ 50-60 ซึ่งจะนำสารทดแทนไขมันที่ผ่านการคัดเลือกทั้งสองชนิดไปใช้ในการศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในอัตราส่วน 1:2 1:1 และ 2:1 ในขั้นตอนต่อไป

2.3 ผลของการใช้สารทดแทนไขมันผสมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน

เทวี โพธิผละ (2536) กล่าวว่าการใช้ตัวทำอิมัลชัน (emulsifier) แบบผสม ทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวดีกว่าการใช้ตัวทำอิมัลชัน (emulsifier) ชนิดเดียว สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำกะทินั้น ประสงค์ ทุ่งเก้า (2531) พบว่าการเติมอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) แบบผสมสามารถทำให้น้ำกะทิสำเร็จรูปที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 14 มีคุณภาพดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและกลุ่มโปรตีน อันได้แก่ FA และ SOY ตามลำดับ ในอัตราส่วนการผสม 1:1 1:2 และ 2:1 โดยศึกษาที่ระดับการทดแทนน้ำกะทิร้อยละ 50-90 เช่นเดียวกับข้อ 2.1 และ 2.2 ให้ผลต่อลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิที่การใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นแสดงใน Table 26 และ Table 27

Table 26 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with mixed fat replacers (FA:SOY)

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
1:2-50	63.67± 7.27^{def}	86.00±1.13^{cde}	65.22±0.93^{a}	6.11±0.24^{h}	59.11±1.10^{b}
1:2-60	57.80± 2.03^{ef}	95.08±8.53^{abc}	63.27±1.51^{ab}	7.40±0.87^{efgh}	59.32±0.65^{ab}
1:2-70	65.60±12.18^{def}	99.17±1.04^{a}	62.62±1.58^{ab}	8.42±0.74^{defg}	61.11±0.68^{ab}
1:2-80	51.40± 6.16^{f}	89.48±9.14^{bcde}	58.38±4.62^{cd}	10.36±2.03^{bc}	60.30±0.35^{ab}
1:2-90	47.67± 6.60^{f}	82.62±5.23^{de}	49.19±0.47^{e}	14.34±0.63^{a}	58.84±1.13^{b}
1:1-50	72.90± 5.53^{cdef}	91.18±8.12^{abcd}	64.34±0.53^{ab}	7.39±0.45^{efgh}	61.18±0.80^{ab}
1:1-60	83.60± 9.04^{cd}	95.09±8.51^{abc}	64.69±2.43^{a}	7.04±1.70^{fgh}	60.25±1.12^{ab}
1:1-70	81.93±11.40^{cde}	99.47±0.76^{a}	64.33±0.15^{ab}	7.20±0.30^{fgh}	59.88±1.17^{ab}
1:1-80	135.43±27.03^{b}	90.40±3.77^{abcd}	61.21±0.61^{bc}	9.68±0.25^{cd}	61.90±0.97^{a}
1:1-90	188.27± 1.17^{a}	80.42±3.41^{e}	49.35±1.01^{e}	14.97±0.41^{a}	62.09±0.40^{a}
2:1-50	69.97± 6.73^{cdef}	98.65±1.73^{a}	64.27±0.98^{ab}	7.02±0.34^{gh}	61.01±1.84^{ab}
2:1-60	69.27±13.96^{cdef}	96.70±3.20^{a}	63.05±2.43^{ab}	7.72±1.31^{efgh}	60.84±1.42^{ab}
2:1-70	71.47± 17.27^{cdef}	99.11±1.37^{ab}	63.70±0.91^{ab}	7.28±0.24^{fgh}	59.75±1.64^{ab}
2:1-80	86.40±18.17^{cd}	92.82±2.27^{abc}	61.20±0.48^{bc}	8.94±0.26^{cde}	61.04±0.86^{ab}
2:1-90	93.40±22.64^{c}	86.96±2.92^{cde}	56.86±1.47^{d}	11.49±0.86^{b}	61.05±0.25^{ab}
Control[1]	72.09± 9.40^{cdef}	86.14±3.39^{cde}	64.18±1.64^{ab}	8.75±0.38^{def}	53.82±1.58^{c}

Remark:
- Data are presented as mean ± SD (n=5)
- $^{a-h}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- [1] Full fat light taste control curry (8% curry paste)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

Table 27 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with mixed fat replacers (FA:SOY)

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
1:2–50	116.33±10.07^{efg}	99.32±0.70^{a}	58.48±0.79^{a}	11.49±0.80^{i}	63.02±0.86^{a}
1:2-60	120.60±13.31^{ef}	99.42±0.61^{a}	58.37±0.82^{a}	12.56±0.16^{fgh}	62.19±0.51^{ab}
1:2-70	82.20±5.50^{h}	93.96±2.50^{ab}	54.55±0.70^{c}	14.70±0.46^{bc}	60.52±0.53^{c}
1:2-80	94.53±12.73^{fgh}	86.17±6.87^{c}	53.59±0.83^{c}	14.13±0.18^{cd}	62.08±0.27^{ab}
1:2-90	91.00±15.65^{gh}	81.93±5.70^{c}	47.83±0.85^{e}	16.91±0.72^{a}	61.02±0.55^{bc}
1:1-50	109.20±16.69^{efg}	99.46±0.64^{a}	56.94±0.21^{b}	11.86±0.71^{hi}	62.74±1.22^{a}
1:1-60	118.37±11.01^{ef}	98.75±1.11^{a}	55.05±0.81^{c}	13.03±0.95^{efg}	62.49±0.58^{a}
1:1-70	122.58± 9.24^{e}	97.16±2.47^{ab}	54.19±0.88^{c}	13.62±0.41^{def}	62.49±0.77^{a}
1:1-80	181.80±18.76^{c}	92.80±2.67^{b}	51.97±1.39^{d}	15.37±1.06^{b}	62.90±0.57^{a}
1:1-90	217.63±17.59^{ab}	91.60±3.66^{b}	46.08±0.62^{f}	17.75±0.13^{a}	60.75±0.57^{c}
2:1-50	155.57±10.66^{d}	99.31±0.77^{a}	59.73±1.36^{a}	12.90±0.34^{fgh}	62.47±0.38^{a}
2:1-60	164.93±17.11^{cd}	99.03±1.03^{a}	58.63±1.01^{a}	12.67±0.60^{fgh}	62.24±0.31^{ab}
2:1-70	114.33±14.49^{efg}	96.38±0.68^{ab}	53.76±0.49^{c}	12.60±0.58^{fgh}	60.53±1.31^{c}
2:1-80	207.73±19.79^{b}	94.34±4.68^{ab}	51.38±0.31^{d}	14.40±0.14^{bcd}	61.03±0.14^{bc}
2:1-90	235.47±16.01^{a}	95.40±1.39^{ab}	52.12±1.09^{d}	13.94±0.42^{cde}	60.63±0.67^{c}
Control[2]	127.47±7.30^{e}	94.58±2.29^{ab}	58.83±0.26^{a}	12.18±0.37^{ghi}	62.30±0.35^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- [2] Full fat Intense taste control curry (12% curry paste)
- Evaluated viscosity at revolution = 100 rpm

ผลของลักษณะทางกายภาพในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วน 1:1 1:2 และ 2:1 เมื่อพิจารณาถึงระดับการทดแทนกะทิด้วยสารทดแทนไขมันแบบผสม FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 พบว่าความหนืดและความคงตัวของน้ำแกงกะทิเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ($p \geq 0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 10) และมีค่า

ไม่แตกต่างกับน้ำแกงกะทิควบคุม ($p<0.05$) (Table 26) ซึ่งเมื่อพิจารณาระหว่างการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมกับการใช้สารทดแทนไขมันชนิดเดียว พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมมีแนวโน้มเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้น้ำแกงกะทิมากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อในการผสมนั้นใช้ FA ในอัตราส่วนที่เท่ากันหรือมากกว่า SOY สุนทรี สุวรรณสิชณ์ (2550) ได้ทดลองใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างสตาร์ชมันสำปะหลังร่วมกับ Sodium Caseinate หรือ Soy Protein Isolate หรือ คาราจีแนน ในไส้กรอกแฟรงค์เฟเตอร์ไขมันต่ำ พบว่ามีแนวโน้มช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ไส้กรอกได้สูงกว่าการใช้สารทดแทนไขมันชนิดเดียว โดยการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมทั้ง 3 อัตราส่วนทำให้ไม่เกิดการสูญเสียน้ำจากตัวอย่างไส้กรอกระหว่างการเก็บรักษาเลย ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับผลการทดลองของ นันทินา เที่ยงธรรม (2544) ที่ได้ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ โดยพบว่าการใช้การเพิ่มอัตราส่วนการใช้สารทดแทนไขมันคาร์โบไฮเดรตในอัตราส่วนระหว่างสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตต่อสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนจะส่งผลให้ไอศกรีมมีความหนืดที่เพิ่มขึ้น โดย นันทินา เที่ยงธรรม (2544) ได้อ้างถึงการทดลองเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีนและกลุ่มคาร์โบไฮเดรตของ Schmidt และคณะ (1993) ที่พบว่าสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดตให้ความหนืดสูงกว่าสารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีน นอกจากนี้แล้ว ธนวรรณ บุญปั้น และคณะ (2542) ยังได้ทดลองใช้สารทดแทนไขมัน Soy/Oat-1 ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันที่ผสมระหว่างแป้งถั่วเหลืองกับ Nu-Trim ที่สกัดจากแป้งข้าวโอ๊ต ในอัตราส่วน 1:1 ทดแทนกะทิในอาหารคาวและอาหารหวานหลายชนิด พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันดังกล่าวมีผลเพิ่มความข้นเหนียวในอาหารที่ทดลอง โดยพวกเขาสรุปว่าสามารถใช้สารทดแทนไขมันได้ดีในอาหารคาวที่มีเครื่องเทศและถั่วเป็นส่วนประกอบ ส่วนในอาหารหวานนั้นสามารถใช้ทดแทนกะทิได้บ้างแต่ใช้ได้ต่ำ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการยอมรับเรื่องกลิ่นซึ่ง Soy/Oat-1 มีกลิ่นของถั่วค่อนข้างชัดเจนและทำให้อาหารค่อนข้างมีสีคล้ำ

เมื่อพิจารณาสีของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ทดแทนกะทิด้วยสารทดแทนไขมันแบบผสมในอัตราส่วน 1:2 ส่งผลต่อสีของน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น โดยมีค่า L* ลดลงซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ธนวรรณ บุญปั้น และคณะ (2542) ที่ได้กล่าวถึงไว้ข้างต้น สำหรับค่า a* และ b* พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ FA ผสมในสารละลายสารทดแทนไขมันแบบผสมในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นคือในอัตราการผสม FA:SOY เป็น 1:1 และ 2:1 พบว่าเมื่อมีการใช้ FA เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความหนืดของน้ำแกงกะทิเพิ่มมากขึ้น ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาสีของน้ำแกงกะทิพบว่าการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในอัตราส่วน 1:1 และ 2:1 เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่า L* ลดลง ($p<0.05$) และค่า a* เพิ่มขึ้นทั้งน้ำแกงสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น ($p<0.05$) และมีผลลดค่า b* ใน

น้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยลงเล็กน้อย ($p \geq 0.05$) และลดลงอย่างชัดเจนในน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น ($p < 0.05$) การใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมส่งผลให้เกิดความคงตัวที่ดีของน้ำแกงกะทิทุกอัตราส่วนการผสมและระดับการทดแทนน้ำกะทิ เมื่อพิจารณาน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ทดแทนกะทิด้วยสารทดแทนไขมันแบบผสมทั้ง 3 อัตราส่วนจะเห็นได้ว่าการใช้สารละลายแบบผสมสามารถช่วยให้น้ำแกงกะทิมีความคงตัวในระดับที่ดี

2.4 ผลของสารทดแทนไขมันต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การคัดเลือกชนิดของสารทดแทนไขมันที่มีคุณภาพเหมาะสำหรับการใช้ทดแทนน้ำกะทิเพื่อผลิตน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพจากตอนที่ผ่านมา พบว่าสารละลายสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในการทดแทนกะทิในน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยประกอบด้วย สารละลาย FA ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 สารละลาย SOY ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50-60 และสารละลายสารทดแทนไขมันผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 1:1 และ 2:1 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 แล้วศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อ สี กลิ่น ความเผ็ด ความข้นมัน และการยอมรับรวม จากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสจำนวน 30 คน โดยการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-point hedonic scale ดังแสดงใน Table 28

Table 28 Sensory evaluation of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with different type of fat replacers

Fat replacer	Substitution level (%)	Factors				
		Color	Flavor	Spicy	Creamy	Overall
FA	60	5.70 ± 1.63^{b}	6.50 ± 1.31^{b}	6.27 ± 1.49^{ab}	6.30 ± 0.94^{bc}	6.80 ± 1.07^{b}
SOY	50	7.13 ± 1.46^{a}	6.87 ± 1.33^{ab}	6.50 ± 1.07^{ab}	6.87 ± 0.86^{ab}	6.90 ± 1.03^{a}
SOY	60	7.43 ± 1.07^{a}	7.22 ± 0.96^{a}	6.60 ± 1.07^{ab}	7.00 ± 1.08^{a}	6.98 ± 1.04^{a}
1:2 (FA:SOY)	60	7.10 ± 1.23^{a}	6.97 ± 1.24^{ab}	6.10 ± 1.42^{ab}	5.53 ± 1.24^{d}	6.93 ± 1.25^{a}
1:1 (FA:SOY)	60	7.37 ± 1.00^{a}	6.97 ± 1.10^{ab}	6.03 ± 1.03^{b}	6.30 ± 1.02^{bc}	6.40 ± 0.89^{ab}
2:1 (FA:SOY)	60	7.27 ± 0.99^{a}	6.68 ± 1.25^{ab}	6.48 ± 1.18^{ab}	5.80 ± 1.33^{cd}	6.23 ± 0.69^{b}
Control[1]	-	7.00 ± 1.58^{a}	6.40 ± 1.40^{b}	6.77 ± 1.38^{a}	6.43 ± 1.53^{ab}	6.83 ± 1.58^{ab}

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=30)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)

- [1] Full fat light taste control curry (8% curry paste)

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบต่อน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับต่อกลิ่นของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำมากกว่าน้ำแกงกะทิควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องจากการสเตอริไลส์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำกะทิคือเกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส เนื่องจากความร้อนทำลายกลิ่นรส “fresh nutty” ของน้ำกะทิลง และเกิดกลิ่นรสที่เรียกว่า “cooked” ขึ้นได้ นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีทำให้สีของน้ำกะทิคล้ำได้ (Gwee, 1988) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ผู้ทดสอบชิมกล่าวถึงน้ำแกงกะทิควบคุมว่าเกิดกลิ่นคล้ายกะทิไหม้ (cooked) เกิดขึ้นอย่างชัดเจนกว่าน้ำแกงกะทิสูตรอื่น ทั้งนี้อาจเกิดจากน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรต่างๆ นั้นมีการลดปริมาณกะทิลง กลิ่นดังกล่าวที่เกิดขึ้นจากการน้ำกะทิโดนความร้อนในระดับสูงจึงไม่ปรากฏเด่นชัด สำหรับการยอมรับต่อความข้นมัน พบว่าผู้ทดสอบให้การยอมรับน้ำแกงกะทิที่ใช้ SOY ทดแทนกะทิในระดับคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากน้ำแกงกะทิควบคุม ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจาก SOY เป็นสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนที่มีโครงสร้างของโปรตีนทรงกลม (globular protein) มีโมเลกุลขนาดเล็ก โดยมีขนาดประมาณ 0.1-0.2 ไมครอน จำนวนมาก เกาะรวมกลุ่มกับโมเลกุลของน้ำ อนุภาคทรงกลมสม่ำเสมอทำให้สามารถกลิ้งไปกลิ้งมาได้ง่าย เป็นผลให้ต่อมรับรสรู้สึกถึงของเหลวคล้ายครีมที่มีความเนียนข้นเช่นเดียวกับไขมัน (Lucca and Tepper, 1994, Liu, 1997, ตวงศิริ เจตนาธรรมจิต, 2542 และ ดารณี วโรดมวิจิตร, 2544) โดยผู้บริโภคยอมรับต่อปัจจัยดังกล่าวไม่แตกต่างกับน้ำแกงกะทิควบคุม ($p \geq 0.05$) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับการทดลองของนันทินา เที่ยงธรรม (2544) ที่พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนทำให้ไอศกรีมมีความอ่อนนุ่มมากกว่าสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต เช่นเดียวกับการทดลองของ Kailasapathy และ Somgvanich (1998) ที่ศึกษาเนื้อสัมผัสของไอศกรีมลดไขมันพบว่า สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนมีความแข็งน้อยกว่าสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตและมีความยืดหยุ่นมากกว่า สำหรับน้ำแกงกะทิที่ทดแทนกะทิด้วย FA พบว่าคะแนนการยอมรับความข้นมันของผู้ทดสอบชิมยังให้การยอมรับในระดับคะแนนประมาณ 6.30 คะแนน ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย ซึ่งอาจเนื่องจากสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตสร้างโมเลกุลของเม็ดแป้งให้พองตัวขึ้นเมื่อสัมผัสกับน้ำทำให้ผู้ชิมรับรู้ถึงความรู้สึกคล้ายความมัน ในขณะที่สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนมีโมเลกุลขนาดเล็กจำนวนมากให้ความรู้สึกคล้ายครีมเช่นกัน นันทินา เที่ยงธรรม (2544) ได้ใช้สารทดแทนไขมันในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไอศกรีมทดแทนกะทิไม่ต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุม

ผู้ทดสอบให้การยอมรับต่อน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรที่ใช้ SOY อยู่ในกลุ่มที่มีค่าการยอมรับสูงที่สุดในแต่ละปัจจัย โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดแทนน้ำกะทิที่ระดับการทดแทนร้อยละ 50 และ 60 พบว่าผู้ทดสอบไม่ได้ให้ความรู้สึกที่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ

($p \geq 0.05$) การทดแทนด้วย SOY ในระดับการทดแทนกะทิที่มากกว่าจึงเป็นสูตรที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นสูตรน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยได้ดีกว่า ดังนั้นน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยที่เหมาะสมจะเป็นสูตรที่พัฒนาได้ดีที่สุดและใช้ในการศึกษาอายุการเก็บคือสูตรที่ทดแทนด้วยสารละลาย SOY ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 60 เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุมแล้วมีความใกล้เคียงกันในทางกายภาพมากกว่าสูตรอื่นๆ และยังมีการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 9-point hedonic scale มีค่าเท่ากับ 6.98 ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ($p \geq 0.05$) กับน้ำแกงกะทิควบคุมที่มีการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 6.83 ตามผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่แสดงใน Table 28

การใช้สารทดแทนไขมันของน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นนั้นสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมในการใช้ทดแทนกะทิจากการคัดเลือกโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพในขั้นตอนก่อนหน้านี้ พบว่าสารทดแทนไขมันประกอบด้วย FA ร้อยละ 60 สารละลาย SOY ร้อยละ 60 สารละลายผสมระหว่าง FA:SOY ที่อัตราส่วน 1:2 ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 50-60 อัตราส่วน 1:1 ร้อยละ 60 และอัตราส่วน 2:1 ร้อยละ 60 แล้วทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสจำนวน 30 คน เพื่อพิจารณาระดับการยอมรับต่อ สี กลิ่น ความเผ็ด ความข้นมัน และการยอมรับรวม โดยการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-point hedonic scale ดังแสดงใน Table 29

Table 29 Sensory evaluation score of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste)

Fat replacer	Substitution level (%)	Factors				
		Color	Flavor	Spicy	Creamy	Overall
FA	60	5.23 ± 1.04^{d}	6.40 ± 1.28^{ab}	5.93 ± 1.30^{b}	5.97 ± 1.00^{b}	5.93 ± 0.83^{c}
SOY	60	6.40 ± 0.93^{b}	6.20 ± 0.81^{a}	6.07 ± 1.08^{b}	6.23 ± 1.25^{ab}	6.42 ± 0.89^{bc}
1:2(FA:SOY)	50	7.20 ± 0.89^{a}	7.07 ± 0.87^{a}	6.50 ± 1.04^{ab}	6.53 ± 0.94^{ab}	6.77 ± 0.68^{ab}
	60	7.30 ± 0.79^{a}	6.90 ± 1.30^{ab}	6.53 ± 1.01^{ab}	6.67 ± 0.76^{a}	7.00 ± 0.69^{a}
1:1(FA:SOY)	60	5.70 ± 1.15^{cd}	6.78 ± 1.85^{ab}	6.32 ± 1.48^{b}	6.17 ± 1.29^{ab}	6.43 ± 1.22^{bc}
2:1(FA:SOY)	60	5.97 ± 1.22^{bc}	6.47 ± 1.68^{ab}	6.22 ± 1.23^{b}	6.27 ± 1.05^{ab}	6.40 ± 0.93^{bc}
Control[2]	-	7.08 ± 0.98^{a}	7.17 ± 1.29^{a}	7.03 ± 1.30^{a}	6.40 ± 1.43^{ab}	7.27 ± 1.34^{a}

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=30)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)

- [2] Full fat Intense taste control curry (12% curry paste)

จากการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้น โดยเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิสูตรควบคุม พบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้คะแนนการยอมรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรที่ใช้สารทดแทนไขมันที่ผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 ทั้งที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 50 และ 60 โดยเฉพาะอย่างยิ่งการยอมรับในลักษณะคุณภาพที่กล่าวถึงสีของน้ำแกง ความเผ็ด และลักษณะความชอบรวม ซึ่งเห็นได้ว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้สารละลายสารทดแทนไขมันดังกล่าวทดแทนกะทิจะได้รับคะแนนการยอมรับสูงที่สุด และไม่น้อยกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในการพิจารณาถึงการยอมรับในด้านความเผ็ดของตัวอย่าง พบว่าผู้ที่ให้คะแนนการยอมความเผ็ดน้อยกว่า 5 คะแนน ซึ่งหมายถึงรู้สึกเฉยๆกับลักษณะดังกล่าวไปจนถึงไม่ชอบมาก คิดเป็นร้อยละ 17.62 ของการทดสอบลักษณะดังกล่าวทั้งหมด และได้ให้ข้อเสนอแนะถึงสาเหตุที่ไม่ยอมรับลักษณะดังกล่าวในตัวอย่างน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นว่าเป็นเพราะมีความเผ็ดเกินไป และเมื่อตรวจสอบความชอบรับประทานรสเผ็ดของผู้ทดสอบพบว่าผู้ที่ให้คะแนนการยอมรับดังกล่าวเป็นผู้ที่ไม่ชอบทานรสเผ็ด ซึ่งเป็นผู้ทดสอบที่มีระดับการยอมรับความเผ็ดได้ในระดับต่ำ นอกจากนี้แล้วความเผ็ดที่เพิ่มขึ้นอาจมีสาเหตุจากการที่ระบบอิมัลชันในตัวอย่างเกิดขึ้นไม่ดีแล้วทำให้เกิดรสเผ็ดขึ้นชัดเจนในตัวอย่างที่เพิ่มมากขึ้น โดยสังเกตได้จากแกงกะทิไขมันต่ำสูตรที่ใช้สารละลาย FA ทดแทนกะทิซึ่งมีความคงตัวของระบบอิมัลชันที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ ไขมันเป็นตัวพาสารให้กลิ่นรสในอาหารเมื่อมีการลดปริมาณกะทิซึ่งเป็นการลดไขมันไปด้วยทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำมีคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรสน้อยกว่าน้ำแกงกะทิควบคุม (Kilara, 1998; Roos, 1997) แต่เนื่องจากสารทดแทนไขมันแบบผสมมีทั้งสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตที่สามารถเป็นตัวพากลิ่นรสได้ เนื่องจากกลิ่นรสที่ละลายในไขมันเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอะไมโลสในเม็ดสตาร์ชที่เกิดเจลาติไนซ์ไปแล้วจึงทำให้พันธะภายในร่างแหของเม็ดสตาร์ชอ่อนตัวลง หมู่ไฮดรอกซีซึ่งเป็นบริเวณที่มีขั้วของโมเลกุลหันออกภายนอก ทำให้ภายในโมเลกุลของเม็ดสตาร์ชเกิดเป็นบริเวณที่ชอบไขมัน สารให้กลิ่นรสที่ละลายได้ในไขมันจึงถูกจับอยู่ภายในโครงสร้าง helix coils ของอะไมโลส กลิ่นรสถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อโครงสร้างดังกล่าวถูกย่อยด้วยเอนไซม์อะไมเลส (Plug and Haring, 1993) โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ นันทินา เที่ยงธรรม (2544) ที่ได้ทดลองใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและกลุ่มโปรตีนในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสตาร์ชที่ดัดแปรด้วยวิธีต่างๆสามารถช่วยพากลิ่นรสของไอศกรีมแทนไขมันได้เช่น โดย นันทินา เที่ยงธรรม (2544) ได้สรุปว่าการใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตเพียงอย่างเดียวหรือใช้ทดแทนสารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีนจะช่วยให้คะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่นรสในไอศกรีมกะทิมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ธนวรรณ บุญปั้น

(2542) ได้ทดลองใช้สารทดแทนไขมันแบบผสม Soy/Oat-1 ทดแทนกะทิในอาหารคาวและหวานของไทยบางชนิด สรุปได้ว่าสามารถใช้สารทดแทนไขมันดังกล่าวได้ในระดับการทดแทนสูงเมื่ออาหารนั้นเป็นอาหารคาวที่มีเครื่องเทศประกอบอยู่มากเช่น แกงเขียวหวานไก่ เป็นต้น

จากผลการศึกษาน้ำแกงกะทิไขมันต่ำทั้งสูตรเผ็ดน้อย (เครื่องแกง ร้อยละ 8) และสูตรเข้มข้น (เครื่องแกง ร้อยละ 12) โดยพิจารณาเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ อันประกอบด้วย ความหนืด ความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิ และสี (ค่า L* a* และ b*) และการพิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบทั่วไป พบว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยที่มีลักษณะทางกายภาพและคะแนนการยอมรับใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยมากที่สุด คือน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยที่ทดแทนกะทิด้วยสารละลาย SOY ในระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 60 ของปริมาณน้ำแกงกะทิ สำหรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นที่มีลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้นมากที่สุดคือ น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นที่ทดแทนกะทิด้วยสารละลายสารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 ในระดับการทดแทนน้ำกะทิร้อยละ 60

2.5 องค์ประกอบทางโภชนาการของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิควบคุม

องค์ประกอบทางเคมีและพลังงานของผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น ทั้งสูตรควบคุมและสูตรไขมันต่ำที่ใช้สารทดแทนไขมันในสูตรเผ็ดน้อยเป็น SOY ทดแทนกะทิร้อยละ 60 และสูตรเข้มข้นที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่าง FA:SOY เป็น 1:2 ที่ระดับการทดแทนร้อยละ 60 โดยแสดงไว้ใน Table 30

Table 30 Nutritional composition of control and reduced fat coconut milk based curry

Nutritional Content	Light taste		Intense taste	
	Full fat	Reduced fat	Full fat	Reduced fat
Moisture (%)	76.72±0.15^{c}	87.98±0.83^{a}	76.24±0.62^{c}	86.20±0.04^{b}
Protein (%)	3.63±0.06^{c}	4.18±0.16^{a}	3.90±0.03^{b}	3.95±0.05^{b}
Ash (%)	1.46±0.03^{c}	1.12±0.04^{d}	1.66±0.01^{a}	1.61±0.02^{b}
Fat (%)	16.78±0.18^{a}	5.99±0.54^{c}	16.05±0.14^{b}	5.80±0.08^{c}
Fiber (%)	2.73±0.03^{b}	2.78±0.15^{ab}	2.89±0.05^{a}	2.93±0.06^{a}
Carbohydrate (%)*	1.41±0.39^{bc}	0.73±0.33^{c}	2.14±0.63^{ab}	2.45±0.02^{a}
Calories (KJ/g)	7.12±0.11^{a}	3.20±0.19^{c}	6.96±0.14^{a}	3.45±0.02^{b}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=3)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in row are not significant difference ($p \geq 0.05$)

- * By calculation

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น จะเห็นได้ว่าน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมทั้ง 2 สูตร มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ เนื่องจากน้ำแกงกะทิไขมันต่ำได้มีการใช้สารละลายสารทดแทนไขมันที่ละลายด้วยน้ำเพื่อใช้ทดแทนปริมาณกะทิ การเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยเกิดจากการใช้ SOY ซึ่งเป็นโปรตีนสกัดเข้มข้นจากถั่วเหลือง จึงทำให้มีปริมาณโปรตีนที่สูง น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นก็พบปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สารละลายสารทดแทนไขมันที่ผสมระหว่าง FA:SOY ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณไขมันในน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นเปรียบเทียบกับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันที่เป็นสารละลาย SOY และสารละลายผสมระหว่าง FA:SOY ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 60 สามารถลดปริมาณไขมันในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นได้ถึงร้อยละ 64.30 และร้อยละ 63.86 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการรับบริโภคน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ได้ พบว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นสามารถลดพลังงานลงได้ร้อยละ 55.06 และ 50.00 ตามลำดับ โดยการลดลงของพลังงานที่ได้รับมีอัตราการลดลงน้อยกว่าอัตราการลดลงของปริมาณไขมันในน้ำแกงกะทินั้น อาจเกิดจากพลังงานในอาหารได้รับจากองค์ประกอบโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบอยู่ในอาหารด้วย

องค์ประกอบของกรดไขมันในตัวอย่างน้ำแกงกะทิทั้ง 4 ตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วยน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อย (ทดแทนกะทิด้วย SOY ร้อยละ 60) และน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นควบคุมและไขมันต่ำ (ทดแทนกะทิด้วย FA:SOY ร้อยละ 60) หลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อและการบรรจุกระป๋องโดยได้แสดงองค์ประกอบและปริมาณของกรดไขมันของผลิตภัณฑ์ใน Table 31

Table 31 Content of fatty acids in sterilized full fat and reduced fat coconut milk based curry

Fatty acid composition	L-Full fat (g/100 g)	L-Reduced fat (g/100 g)	I-Full fat (g/100 g)	I-Reduced fat (g/100 g)
Capric acid (C8:0)	0.39	0.19	0.37	0.17
Caprylic acid (C10:0)	0.41	0.20	0.40	0.18
Luaric acid (C12:0)	3.81	1.72	3.66	1.50
Myristic acid (C14:0)	1.74	0.63	1.73	0.49
Palmitic acid (C16:0)	0.87	0.35	0.86	0.29
Stearic aid (C18:0)	0.31	0.12	0.31	0.10
Oleic acid (C18:1)	0.53	0.21	0.51	0.17
Linoleic acid (C18:2)	0.13	0.10	0.15	0.09

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=3)

- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%
- Sterilization condition: 116°C/ 128 minutes, F_0 = 17.204

จากข้อมูลองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีประกอบอยู่ในตัวอย่างทั้ง 4 สูตร พบว่าน้ำแกงกะทิแต่ละสูตรมีชนิดของกรดไขมันไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาถึงปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่ลดลงในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น พบว่าสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 57.37 และ 62.76 ตามลำดับ โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่ประกอบอยู่มากในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำคือกรดลอริก จากการวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันในน้ำกะทิโดย Canapi และคณะ (1996) และ ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) ก็พบว่ากรดลอริกเป็นกรดไขมันที่ประกอบอยู่ในน้ำกะทิมากที่สุดเช่นกัน ซึ่งกรดลิโนเลอิกเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย โดยมีความสำคัญต่อโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ การขนถ่ายคอเลสเตอรอลในเลือด และช่วยชะลอการแข็งตัวของเลือด (Adams, 1982)

2.6 ลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง

หลังจากผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อตัวอย่างน้ำแกงกะทิที่ได้รับการคัดเลือกในข้างต้นทั้ง 4 สูตร แล้ว ได้พิจารณาลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิ ดังแสดงไว้ใน Table 32 และ Figure 8 ตามลำดับ

Table 32 Physical properties of reduced fat coconut milk-based curry before and after canning

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
Before canning					
L-Full fat	120.41+19.24	76.32+7.51	63.95+6.23	12.48+2.18	61.11+2.71
L-Reduced fat	103.73+3.72	98.31+3.61	62.04+0.38	10.28+0.62	66.75+0.68
I-Full fat	223.49+10.54	96.02+3.03	65.08+1.24	13.66+0.90	74.32+0.62
I-Reduced fat	207.54+23.72	95.35+6.23	69.73+3.97	13.06+0.43	74.82+4.70
After canning					
L-Full fat	74.94+7.39	87.16+3.80	61.91+2.85	9.72+1.21	54.59+1.46
L-Reduced fat	67.94+1.91	98.83+1.51	59.94+0.16	9.29+0.27	55.99+0.27
I-Full fat	127.92+5.26	95.21+1.93	58.88+0.21	12.16+0.29	62.27+0.27
I-Reduced fat	119.98+11.78	97.27+3.31	58.08+1.59	12.55+0.12	59.99+3.08
T-test					
L-Full fat	**	**	ns	**	**
L-Reduced fat	**	ns	ns	**	ns
I-Full fat	**	ns	**	**	**
I-Reduced fat	**	ns	**	**	ns

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=5)

- L-Light taste coconut milk-based curry
- I-Intense taste coconut milk-based curry
- T-test between before and after canning; ns = non significantly difference ($p \geq 0.05$) and **= highly significant difference ($p < 0.01$)
- Evaluated viscosity at shear rate = 100 rpm/s

ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพน้ำแกงกะทิที่ผ่านการฆ่าเชื้อระดับสเตอริไลซ์ พบว่าน้ำแกงกะทิที่ได้มีความคงตัวสูงโดยความคงตัวดังกล่าวมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของค่าความคงตัวที่ดีของผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิ ซึ่งมาตรฐานค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์กะทิคือมีความคงตัวที่ระดับร้อยละ 80 ขึ้นไป (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547) น้ำแกงกะทิสูตรควบคุมที่มีความคงตัวที่ดีอยู่แล้วนั้นอาจมีสาเหตุมากจากการที่หยดน้ำมันในกะทิถูกล้อมรอบด้วย

ฟอสโฟไลปิดของเยื่อหุ้มเซลล์ (phospholipids membrane) ทำหน้าที่เป็นตัวทำอิมัลชัน (emulsifier) ให้ระบบอิมัลชันในกะทิคงตัว (Salunkhe *et al*., 1992) และน้ำกะทิยูเอชทีที่ใช้นั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เพื่อรักษาความคงตัวของกะทิอยู่แล้ว สำหรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำมีความหนืดน้อยกว่าน้ำแกงกะทิสูตรควบคุมนั้นอาจเกิดเนื่องจากการการสูญเสียสภาพธรรมชาติ เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนของโปรตีนที่กระจายตัวอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งส่งผลให้มีความคงตัวของระบบอิมัลชันและความหนืดในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำใช้สารทดแทนไขมันซึ่งเป็นโปรตีนสกัดเข้มข้นจากถั่วเหลืองในสูตรเผ็ดน้อยมีค่าลดลง ในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นนั้นมีการใช้สารละลายที่ผสมระหว่างสารทดแทนไขมันที่เป็นสตาร์ชดัดแปรจากมันสำปะหลังกับโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองเข้มข้นซึ่งเป็นสารละลายที่มีคุณสมบัติในการเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่ง Temsiripong และคณะ (2005) ที่ได้กล่าวว่าโดยทั่วไปในทางอุตสาหกรรมมักใช้แป้งดัดแปลงชนิดนี้เป็นสารเพิ่มความเข้มข้นของของเหลวโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมทางอาหารในประเทศทางตอนใต้ของทวีปเอเชีย เนื่องจากมีคุณสมบัติที่มีความหนืดสูง ไม่ตกตะกอนและใช้ต้นทุนต่ำ นอกจากนี้แล้วยังสอดคล้องกับที่ Miyazaki และคณะ (2006) กล่าวว่าการดัดแปรสตาร์ชด้วยวิธี crosslinking เป็นการเพิ่มความสามารถให้กับเม็ดสตาร์ชในการให้ความหนืดที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับการ pregelatinization ที่ช่วยให้สตาร์ชละลายน้ำได้ดีและให้ความหนืดสูง

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลด้วยเครื่อง Rheometer โดยคนตัวอย่างให้มีความเป็นเนื้อเดียวกันหลังเปิดกระป๋องก่อนการวัดค่า พบว่าตัวอย่างน้ำแกงกะทิมีพฤติกรรมการไหลที่วัด ณ อุณหภูมิ 30°C ไว้ใน Figure 8

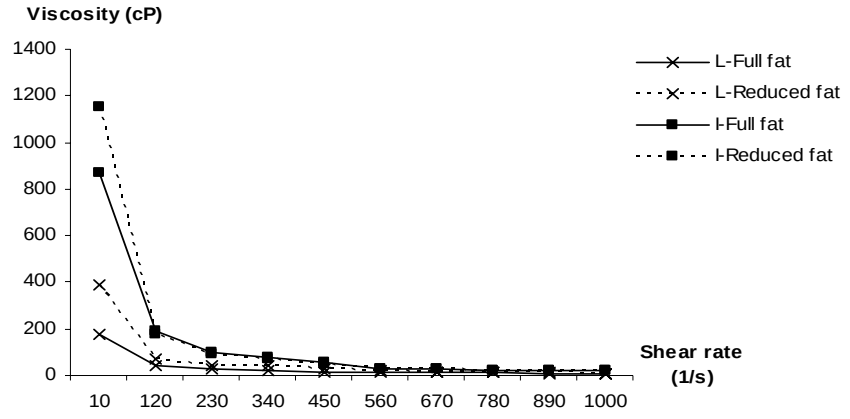


Figure 8 Rheological properties of sterilized coconut milk-based curry

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- L-Light taste coconut curry
- I-Intense taste coconut curry
- Evaluated viscosity at shear rate = 100 rpm/s

Vitali และคณะ (1985) ได้ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อน้ำกะทิที่อุณหภูมิ 15-50°C ซึ่งพวกเขาพบว่าน้ำกะทิมีพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic เช่นกันทั้งก่อนและหลังการให้ความร้อน นอกจากนี้ Simuang และคณะ (2004) ได้รายงานผลของให้ความร้อนต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำกะทิในทำนองเดียวกันอีกด้วย สอดคล้องกับผลการทดลองใน Figure 8 พบว่าน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องประกอบด้วยน้ำแกงกะทิควบคุมและไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อย และน้ำแกงกะทิควบคุมและไขมันต่ำสูตรเข้มข้นแสดงพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic โดยมีดัชนีพฤติกรรมการไหล (Flow behavior index หรือ *n*) เป็น 0.30, 0.13, 0.36 และ 0.03 ตามลำดับ น้ำแกงกะทิที่ลดไขมันลงจะแสดงพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic และความหนืดมากกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมทั้ง 2 สูตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นจากการทดแทนน้ำกะทิด้วยสารทดแทนไขมัน นอกจากนี้แล้วน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น ยังแสดงพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic มากกว่าน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย โดยน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ในปริมาณที่มากกว่าจะมีความหนืดที่มีค่ามากกว่าเนื่องจากน้ำแกงกะทิที่มีอนุภาคหนาแน่นกว่าทำให้เกิดการเคลื่อนตัวที่ยากกว่านั่นเอง

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

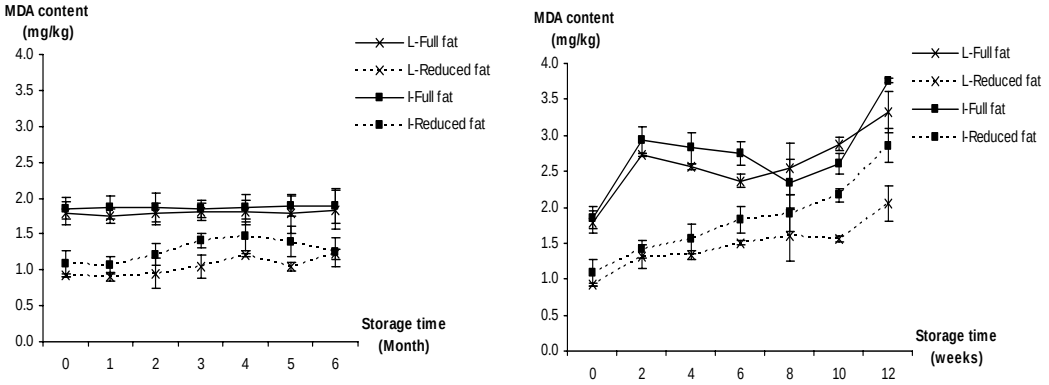
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋องที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.4 ประกอบด้วยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 6 เดือน และเก็บที่สภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 45°C) เป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยทำการวิเคราะห์คุณภาพของตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ สำหรับการเก็บที่สภาวะเร่งและอุณหภูมิห้องตามลำดับ

3.1 การเปลี่ยนแปลงของไขมันโดยหาค่าขององค์ประกอบทางเคมีต่างๆ

ปริมาณเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ในผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำและไขมันเต็มรูปบรรจุกระป๋องทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นที่อุณหภูมิห้อง (28$\pm$2°C) และในสภาวะเร่งตลอดระยะเวลาการเก็บทั้งสิ้น 6 เดือน และ 3 เดือนตามลำดับ ได้ถูกทำการวิเคราะห์หรือประเมินการเกิดออกซิเดชันของไขมันในผลิตภัณฑ์ในระยะเริ่มต้น พบว่าการเก็บรักษาในสภาวะการเก็บทั้ง 2 แบบ ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าเพอร์ออกไซด์ ของตัวอย่างน้ำแกงกะทิทั้งหมด ถึงแม้ว่าในขั้นตอนการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอร์ริไลซ์เป็นการให้ความร้อนแก่อาหารด้วยอุณหภูมิสูง ซึ่งน่าจะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้ (Hamilton, 1994) แต่ก็ไม่สามารถตรวจพบค่าเพอร์ออกไซด์ในตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 ตัวอย่างเมื่อมีการทดลองนำ

ไขมันที่ได้จากการสกัดจากตัวอย่างน้ำแกงตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในภาชนะเปิดฝากลับตรวจพบค่าเพอร์ออกไซด์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าค่าเพอร์ออกไซด์ ที่พบนั้นอาจเกิดจากปฏิกิริยาของไขมันกับออกซิเจนในอากาศ ซึ่งในภาชนะบรรจุที่เป็นกระป๋องปิดสนิทที่ใช้ในการวิจัยนั้นป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่ทำให้เกิดเพอร์ออกไซด์ได้ หรืออาจเกิดน้อยจนไม่สามารถตรวจวัดค่าดังกล่าวในการศึกษานี้ได้ ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ที่ต้องอาศัยอนุมูลอิสระเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา โดยมีไฮโดรเปอร์ออกไซด์เป็นสาร intermediate ของปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารไฮโดรเปอร์ออกไซด์จึงไม่คงตัวและสามารถสลายตัวไปเป็นสารอื่นได้ การวิเคราะห์การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันนั้นยังสามารถตรวจสอบได้อีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ตรวจวัดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันคือการวัดค่า TBA ซึ่งเป็นการตรวจวัดสาร malonaldehyde (MDA) ซึ่งเป็นสารประเภทอัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นค่า TBA จึงเป็นการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหลังจากการสลายตัวของสารไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (Hamilton, 1994)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นในตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28$\pm$2°C) และที่อุณหภูมิ 45°C ระหว่างการเก็บรักษาได้รายงานไว้ในรูปของปริมาณ malonaldehyde ในหน่วย มิลลิกรัม ในตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง 1 กิโลกรัม โดยรายงานแยกระหว่างผลการวิเคราะห์จากการเก็บตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิห้องและสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45°C (Figure 9)



(Room temperature) (45°C)

Figure 9 Changes in malonaldehyde (MDA) content of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

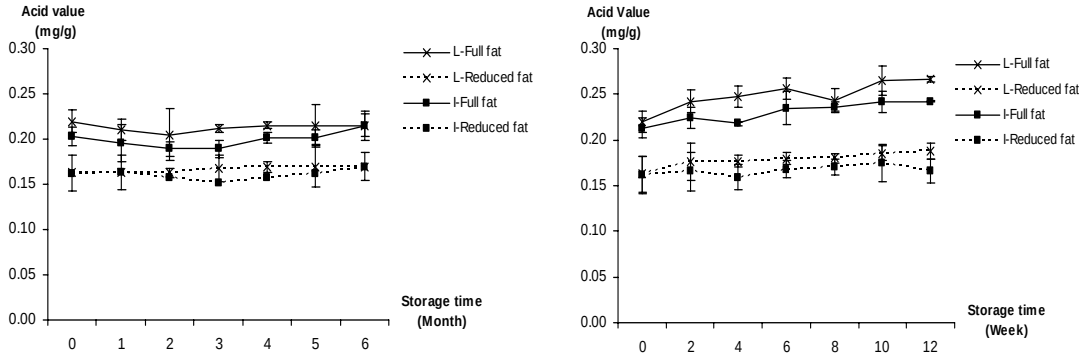
Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD (n=5)

- L-Light taste coconut curry
- I-Intense taste coconut curry

ผลการเปลี่ยนแปลงของค่า MDA ในน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างพบว่า น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องมีปริมาณ malonaldehyde อยู่ในตัวอย่างน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำเริ่มต้นเป็น 1.79 และ 0.93 มิลลิกรัม ในตัวอย่าง 1 กิโลกรัม และในตัวอย่างน้ำแกงกะทิควบคุมและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นเป็น 1.65 และ 1.04 มิลลิกรัม ในตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ซึ่งอาจเกิดจากการผ่านกระบวนการให้ความร้อนทั้งก่อนและขณะฆ่าเชื้อทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันในตัวอย่างน้ำแกงกะทิ ซึ่งสอดคล้องกับ ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) ที่พบปริมาณ malonaldehyde ในน้ำกะทิภายหลังการบรรจุกระป๋องแบบพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 70 และ 90°C ซึ่งเป็นค่าที่พบได้จากผลของการให้ความร้อนที่ได้กระตุ้นการเกิดออกซิเดชันนั่นเอง โดยพบว่าปริมาณ malonaldehyde ในน้ำแกงกะทิควบคุมทั้ง 2 สูตร คือสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีปริมาณมากกว่าในตัวอย่างน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ อาจมีสาเหตุมาจากการที่น้ำแกงกะทิควบคุมมีปริมาณไขมันในตัวอย่างมากกว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ โดยน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีปริมาณไขมันมากกว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำร้อยละ 29.55 และ 33.90 ตามลำดับ และในสูตรเข้มข้นจะมีปริมาณ malonaldehyde ที่น้อยกว่าสูตรเผ็ดน้อยอาจมีสาเหตุจากการที่สูตรเผ็ดน้อยมีปริมาณไขมันที่มากกว่าและสูตรเข้มข้นยังมีองค์ประกอบที่เป็นเครื่องเทศที่ช่วยในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มากกว่า (Srinivasan, 2005) ผลการวิเคราะห์ MDA ในน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง

พบว่าน้ำแกงกะทิไขมันเต็มรูปมีแนวโน้มคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาโดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างในทางสถิติ แต่น้ำแกงกะทิไขมันต่ำทั้งสูตรเข้มข้นและสูตรเผ็ดน้อยนั้นพบว่าค่า MDA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาครบ 3-4 เดือน หลังจากนั้นมีค่าลดลง ($p \geq 0.05$) โดยค่าการเปลี่ยนแปลงของ MDA ที่เกิดขึ้นเฉพาะในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำนั้นอาจเป็นเพราะในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำมีปริมาณความชื้นมากกว่า จึงอาจมีปัจจัยในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในน้ำแกงกะทิได้มากกว่าน้ำแกงกะทิไขมันเต็มรูปบรรจุกระป๋อง เมื่อพิจารณาถึงการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C พบว่าค่า MDAในน้ำแกงกะทิทั้ง 4 สูตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 10 และ 12 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง (45±2°C) เป็นผลกระตุ้นการเกิดออกซิเดชันได้ดีกว่า

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28±2°C) ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน ได้รายงานเป็นค่าซึ่งเกิดจากกรดไขมันอิสระที่แตกตัวจาก triglyceride ของไขมันที่มีอยู่ในตัวอย่าง (Figure 10)



(Room temperature) (45°C)

Figure 10 Changes in acid value of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

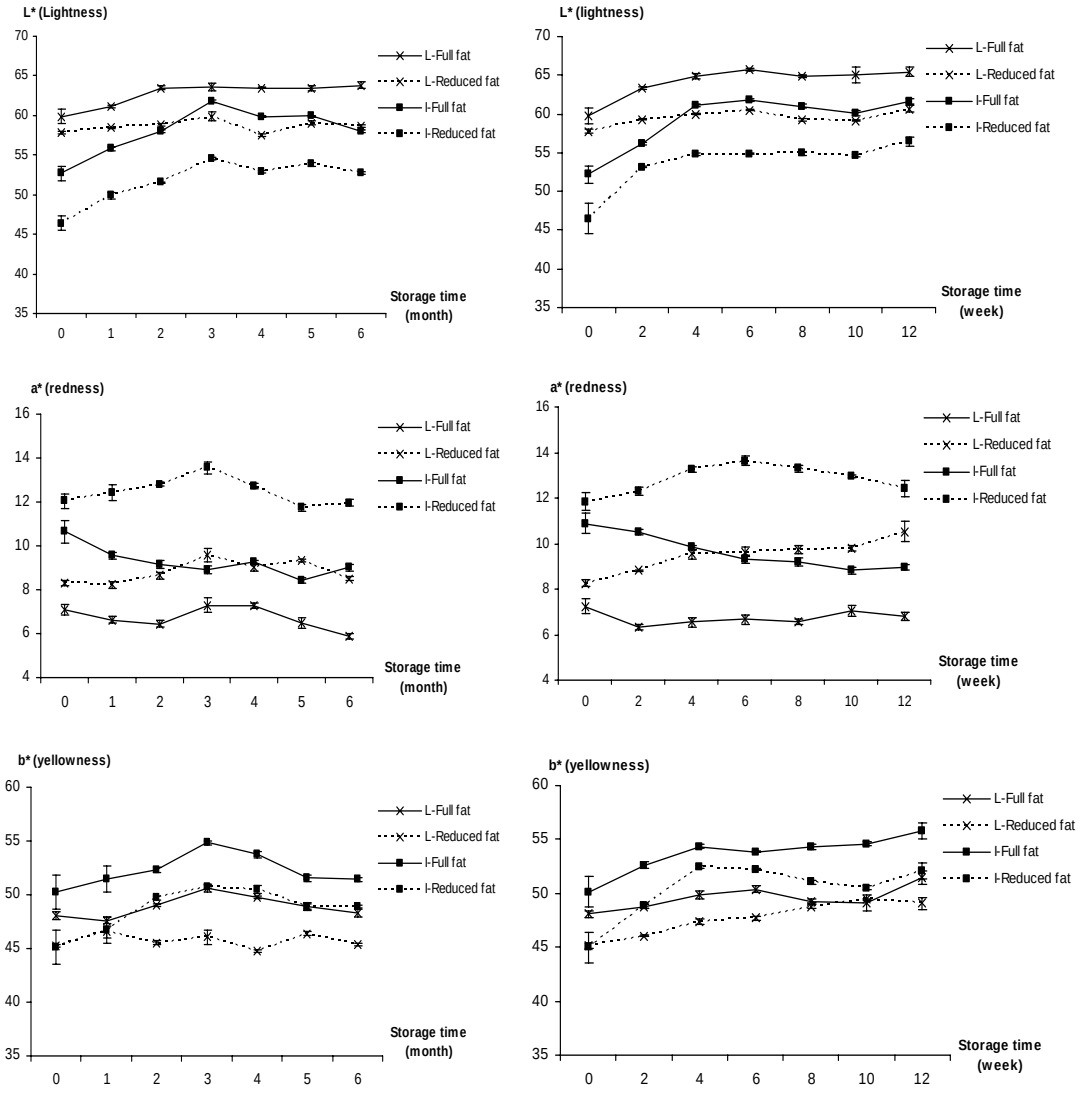
Remark:
- Data are presented as mean ± SD (n=3)
- L-Light taste coconut curry
- I-Intense taste coconut curry

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดในตัวอย่างน้ำแกงกะทิที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง (28±2°C) พบว่าค่ากรดที่มีอยู่ในตัวอย่างเริ่มต้นก่อนการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่น้ำแกงกะทิสูตรควบคุมทั้ง 2 สูตร มีปริมาณกรดในระดับคงที่ โดยน้ำแกงกะทิควบคุม

ทั้ง 2 สูตรนี้มีปริมาณกรดเริ่มต้นมากกว่าน้ำแกงกะทิสูตรไขมันต่ำทั้ง 2 สูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณกรดเริ่มต้นที่ไม่เท่ากันนี้อาจเกิดเนื่องมาจากปริมาณไขมันและปริมาณน้ำที่ประกอบอยู่ในตัวอย่างมีค่าต่างกัน โดยเมื่อเก็บรักษาที่เวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น ในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนั้นไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่ากรดในตัวอย่างในทางสถิติ ($p\geq0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ ทศพรพรรณ รัตนภักดี (2546) ที่พบว่าการเก็บรักษาน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อแบบ พาสเจอร์ไรซ์ด้วยอุณหภูมิ 70 และ 90°C ในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิปกติไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดของตัวอย่างเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28+2°C) เป็นเวลา 6 เดือน ไม่มีผลเพิ่มค่ากรดของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องอาจเกิดเนื่องจากการให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อและสภาวะการบรรจุที่ปิดสนิทในกระป๋องนั้นเป็นปัจจัยที่ช่วยลดและป้องกันปัจจัยในการเกิดปฏิกิริยา hydrolysis ของไขมันในตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องหรืออาจเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวขึ้นน้อยมาก สำหรับการเก็บรักษาน้ำแกงกะทิที่สภาวะเร่ง (อุณหภูมิ 45°C) นั้นพบว่าค่าความเป็นกรดของตัวอย่างทั้ง 4 ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง จนกระทั่งเมื่อถึงระยะเวลาในการเก็บที่ 10-12 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรดของทั้ง 4 ตัวอย่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดของตัวอย่างน้ำแกงกะทิ เป็นตัวบ่งบอกถึงระดับการเกิดกลิ่นหืนของไขมันหรือการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระซึ่งเมื่อมีค่ามากในระดับหนึ่งจะก่อให้เกิดกลิ่นหืนที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพได้

3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องจะเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่ประกอบด้วย สี (L* a* และ b*) ความหนืด พฤติกรรมการไหลและความคงตัวของระบบอิมัลชันในน้ำแกงกะทิ โดยการวัดค่าสี ในรายงานนี้ได้แยกผลการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างน้ำแกงกะทิโดยแยกเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง (L*) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และความเป็นสีเหลือง (b*) ในระหว่างการเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้องและสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C ดังแสดงใน Figure 11



Room temperature Heated temperature (45°C)

Figure 11 Changes in color profile (L*, a* and b*) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

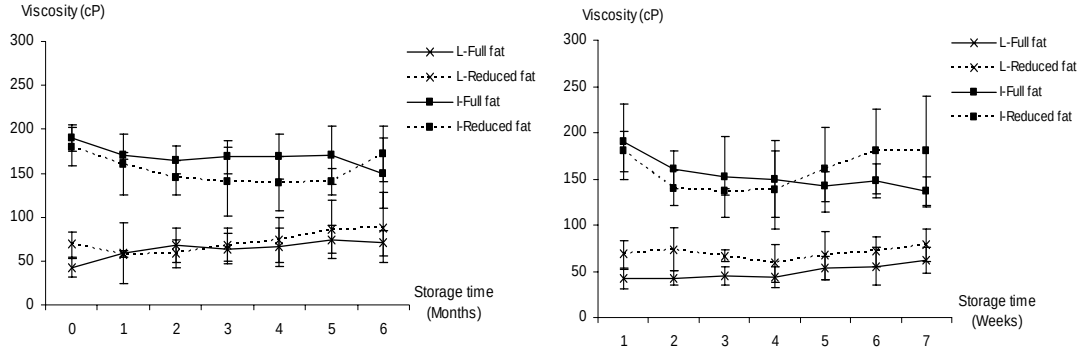
Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- L-Light taste coconut curry
- I-Intense taste coconut curry

จากกราฟการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำแกงกะทิที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง พบว่าค่า L* หรือความสว่างของตัวอย่างน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยทั้งน้ำแกงกะทิควบคุมและไขมันต่ำนั้นมีค่าความสว่างที่มากกว่าสูตรเข้มข้นเนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างน้อยกว่าสูตรเข้มข้น โดยเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยมีแนวโน้มค่าสีค่อนข้างคงที่ คือไม่เกิดการ

เปลี่ยนแปลงค่าสีทั้ง 3 ชนิด ($p \geq 0.05$) แต่สำหรับน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้นทั้งน้ำแกงกะทิควบคุมและไขมันต่ำที่เก็บไว้ในสภาวะการเก็บที่เป็นอุณหภูมิห้อง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่าง แต่เมื่อวิเคราะห์ในทางสถิติแล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่อยู่ในระดับที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยผลการทดลองดังกล่าวขัดแย้งกับผลการทดลองของ เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด (2540) ที่พบว่าเมื่อเก็บรักษาน้ำกะทิแปลงไขมันบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 50$\pm$2 และ 60$\pm$2°C และปิติกานต์ ตติยพันธุ์ (2548) ที่ได้ทดลองเก็บน้ำกะทิสเตอริไลซ์ที่ไม่ใช้และใช้อิมัลไฟเออร์และสเตริไลเซอร์ คือ Tween 60 พบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นจะทำให้สีของน้ำกะทิมีสีคล้ำขึ้นหรือมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากผลิตภัณฑ์น้ำกะทิบรรจุกระป๋องนั้นเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดขึ้นและส่งผลต่อสีของน้ำกะทิบรรจุกระป๋องอย่างชัดเจน เนื่องจากไม่มีองค์ประกอบอื่นมาบดบังการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อสีของตัวอย่าง แต่สำหรับน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องนั้นยังมีองค์ประกอบของเครื่องแกงซึ่งอาจเกิดการพองตัวขององค์ประกอบดังกล่าวเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บที่เพิ่มขึ้นจึงทำให้ความสว่างของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น สำหรับน้ำแกงกะทิที่เก็บไว้ในสภาวะเร่ง พบว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นในลักษณะเช่นเดียวกันกับการเก็บในอุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการไหลในตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตร เมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28$\pm$2°C) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45$\pm$2°C ดังแสดงใน Figure 12 ในระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน และ 12 สัปดาห์ ตามลำดับ

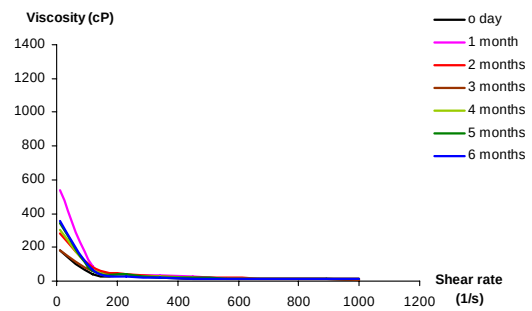


(Room temperature) (45°C)

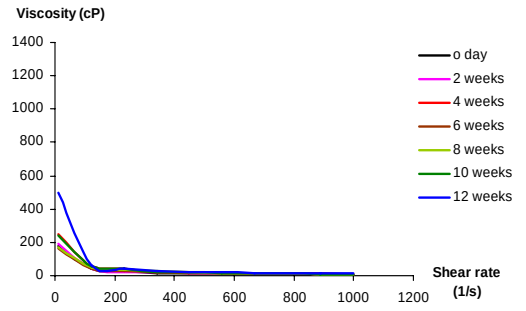
Figure 12 Changes in viscosity of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Remark:
- Data are presented as mean $\pm$ SD (n=5)
- L-Light taste coconut curry
- I-Intense taste coconut curry
- Evaluated viscosity at shear rate = 100 rpm/s

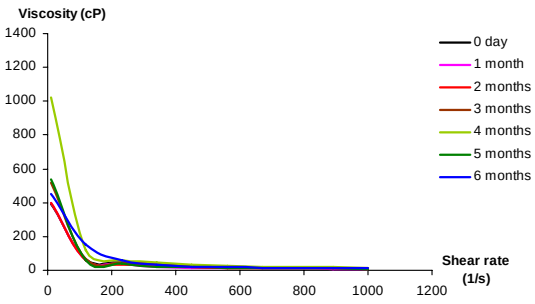
จาก Figure 12 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของความหนืดในตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง (28±2°C) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่เก็บที่สภาพเร่ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการพองตัวขององค์ประกอบต่างๆในน้ำแกงกะทิ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพองตัวของโปรตีนและสารเยื่อใยในน้ำแกงกะทิ แนวโน้มดังกล่าวให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ สุเพ็ญ ด้วงทอง (2542) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน แต่การเปลี่ยนแปลงของความหนืดในช่วงระยะเวลาและสภาพการเก็บดังกล่าวนี้ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อวิเคราะห์ในทางสถิติ ($p \geq 0.05$)



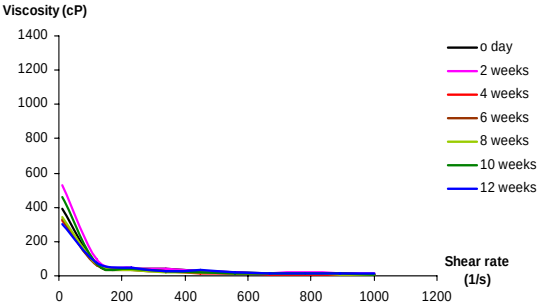
(L-Full fat)



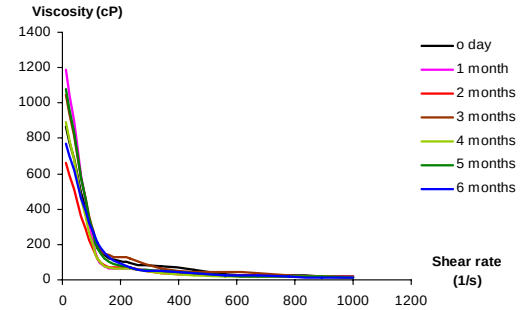
(L-Full fat)



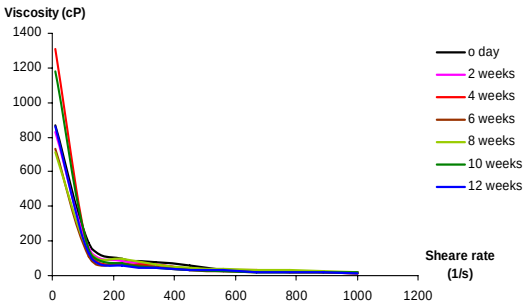
(L-Reduced fat)



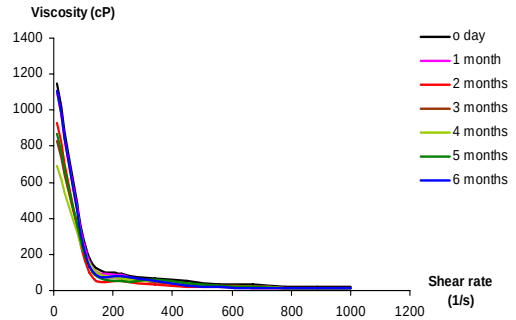
(L-Reduced fat)



(I-Full fat)

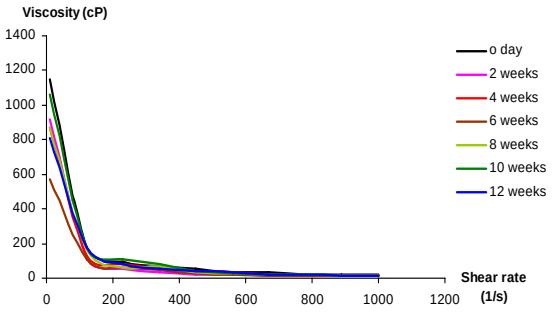


(I-Full fat)



(I-Reduced fat)

(Room temperature)



(I-Reduced fat)

(45°C)

Figure 13 Changes in rheological behavior of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C.

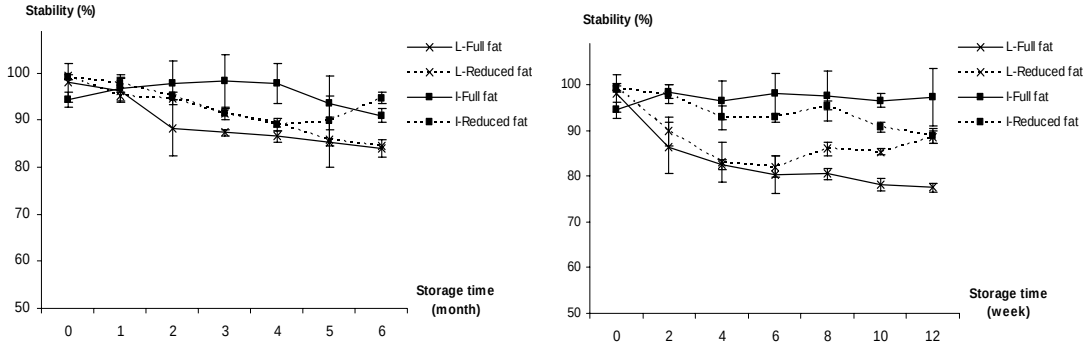
Table 33 Flow behavior index (n) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	0.30±0.03[a]	0.13±0.05[a]	0.36±0.44[a]	0.03±0.02[a]
1	0.14±0.07[b]	0.13±0.05[a]	0.07±0.02[a]	0.11±0.10[a]
2	0.21±0.04[ab]	0.21±0.13[a]	0.19±0.13[a]	0.10±0.07[a]
3	0.26±0.04[ab]	0.12±0.05[a]	0.07±0.08[a]	0.10±0.14[a]
4	0.25±0.09[ab]	0.13±0.07[a]	0.09±0.05[a]	0.10±0.10[a]
5	0.16±0.09[b]	0.08±0.02[a]	0.05±0.03[a]	0.06±0.01[a]
6	0.16±0.06[b]	0.10±0.07[a]	0.07±0.04[a]	0.02±0.02[a]
45°C (weeks)				
0	0.30±0.06[a]	0.13±0.05[a]	0.36±0.44[a]	0.03±0.02[b]
2	0.34±0.10[a]	0.14+0.05[a]	0.17±0.16[a]	0.04±0.02[b]
4	0.21±0.10[a]	0.06+.0.13[a]	0.04±0.03[a]	0.06±0.04[ab]
6	0.39±0.20[a]	0.26+0.05[a]	0.18±0.20[a]	0.20±0.11[a]
8	0.31±0.07[a]	0.25+0.07[a]	0.14±0.11[a]	0.10±0.09[ab]
10	0.31±0.24[a]	0.14+0.02[a]	0.08±0.06[a]	0.07±0.10[ab]
12	0.22±0.08[a]	0.18+0.07[a]	0.10±0.08[a]	0.14±0.09[ab]

Remark:
- Data are presented as mean ± SD (n=3)
- [a-b] Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%
- Evaluated rheological behavior at shear rate = 100 rpm/s

เมื่อพิจารณา Figure 13 แสดงพฤติกรรมการไหลของตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง พบว่าระยะเวลาและสภาวะการเก็บรักษาน้ำแกงกะทิไม่มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิแต่อย่างใด โดยยังคงมีพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic เช่นเดิม น้ำแกงกะทิที่เก็บรักษาในสภาวะการเก็บที่อุณหภูมิห้องไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (Flow behavior index หรือ n) ของตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตรทดลอง โดยน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีค่า n อยู่ในช่วง 0.14-0.30 และ 0.05-0.36 ตามลำดับ สำหรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีค่า n อยู่ในช่วง 0.08-0.21 และ 0.02-0.11 ตามลำดับ สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีค่า มีค่า n อยู่ในช่วง 0.06-0.26 และ 0.03-0.30 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของค่า n ระหว่างการเก็บรักษาใน Table 33

การเปลี่ยนแปลงของค่าความคงตัวของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิห้อง (28±2°C) และที่สภาวะเร่ง (45°C) ดังแสดงไว้ใน Figure 14



(Room temperature) (45°C)

Figure 14 Changes in stability of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Remark: Analyzed with 5 replication of random sampling for sterilized samples

จาก Figure 14 พบว่าระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความคงตัวของน้ำแกงกะทิทั้ง 4 สูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง แต่น้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยทั้งน้ำแกงกะทิควบคุมและไขมันต่ำนั้นแสดงแนวโน้มในการลดลงของค่าความคงตัวมากกว่าแกงกะทิสูตรเข้มข้น ($p<0.05$) ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยมีปริมาณเครื่องแกงประกอบอยู่น้อยกว่า และมีส่วนประกอบของน้ำมากกว่า

สูตรเข้มข้น เมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มมากขึ้นน้ำในส่วนดังกล่าวจึงเกิดการแยกตัวออกจากระบบอิมัลชันได้มากขึ้น ทำให้ค่าความคงตัวของน้ำแกงกะทิสูตรดังกล่าวลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อย พบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งเพิ่มขึ้นถึงสัปดาห์ที่ 10-12 นั้น น้ำแกงกะทิจะมีความคงตัวอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ คือมีความคงตัวต่ำกว่าร้อยละ 80 (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547) ซึ่งน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยกลับยังคงมีความคงตัวอยู่ในระดับมาตรฐาน โดยอาจเกิดจากสารละลาย SOY ที่ใช้ทดแทนไขมันนั้นมีความสามารถเป็นสารเพิ่มความคงตัวของระบบอิมัลชัน โดยโปรตีนเป็นโมเลกุลที่มีทั้งส่วนที่มีขั้วหรือส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่มีขั้วหรือส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ซึ่งแสดงสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยโปรตีนจะจับตัวล้อมรอบบริเวณเม็ดไขมันไว้ โดยหันข้างด้านที่ไม่มีขั้วเข้าหาส่วนไขมัน และหันด้านที่มีขั้วเข้าหาส่วนน้ำ เป็นการขัดขวางและป้องกันไม่ให้เม็ดไขมันเข้ามารวมตัวกัน เนื่องจากเกิดแรงผลักกันระหว่างประจุบนโมเลกุลโปรตีน (repulsive interaction) ทำให้เม็ดไขมันสามารถกระจายตัวอยู่ได้ (Zayas, 1997; Fisher and Paker, 1988)

3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Gilliland และคณะ (1976) พบว่าไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์จากตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทุกตัวอย่างและทุกระยะเวลาในการศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาต่างๆ ที่ทุกระดับความเจือจางของตัวอย่างอาหารใน buffer peptone จึงสามารถมั่นใจได้ว่าตัวอย่างน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะและระยะเวลาต่างๆไม่ก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จึงนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตร โดยประเมินการยอมรับทางด้านสี กลิ่น ความมัน รสเผ็ด และความชอบโดยรวม ด้วยการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale และรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยโดยแยกสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของระดับการยอมรับน้ำแกงกะทิตามสภาวะการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้องและสภาวะเร่ง ดังแสดงใน Figure 15 และ Figure 16 ตามลำดับ

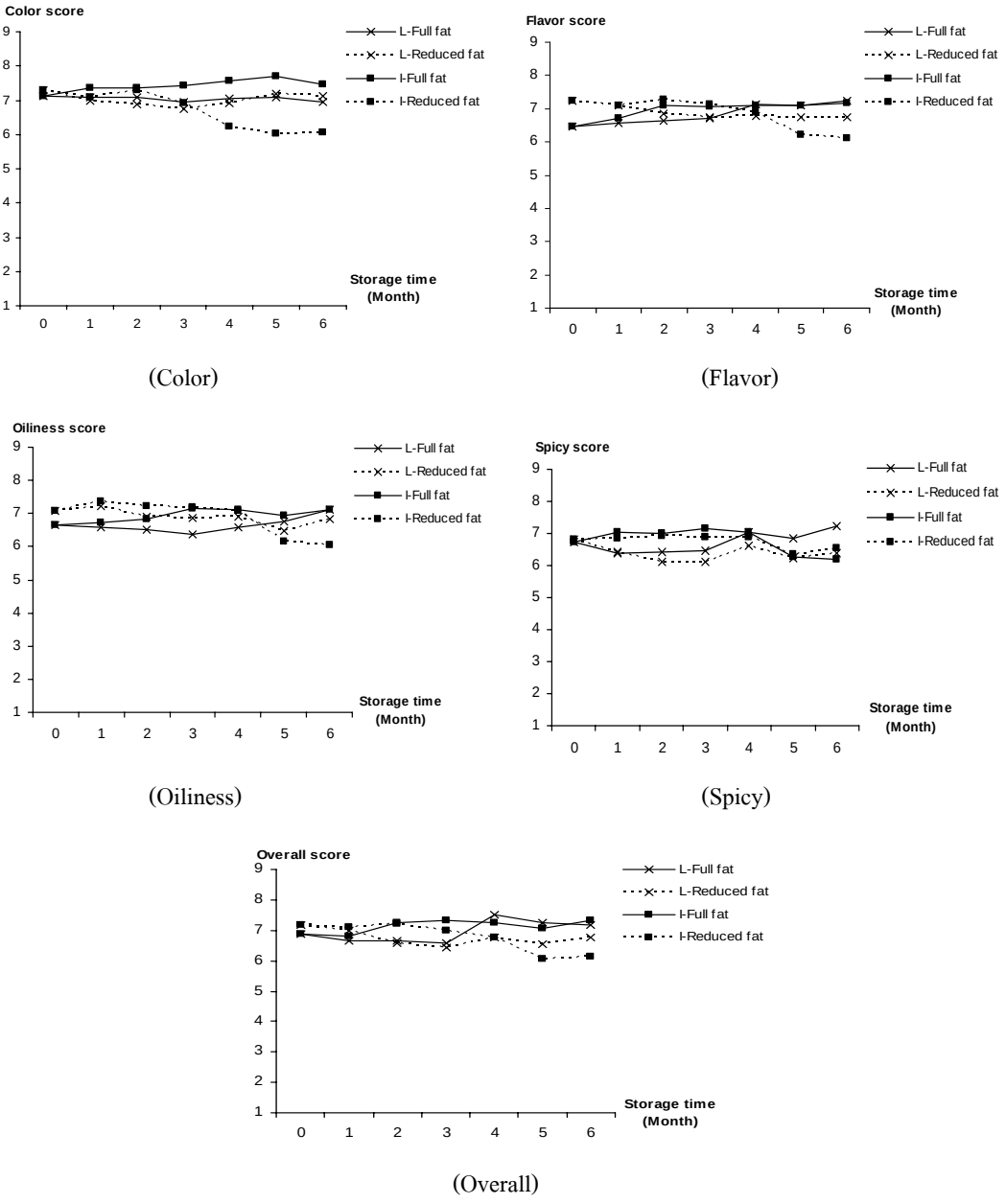
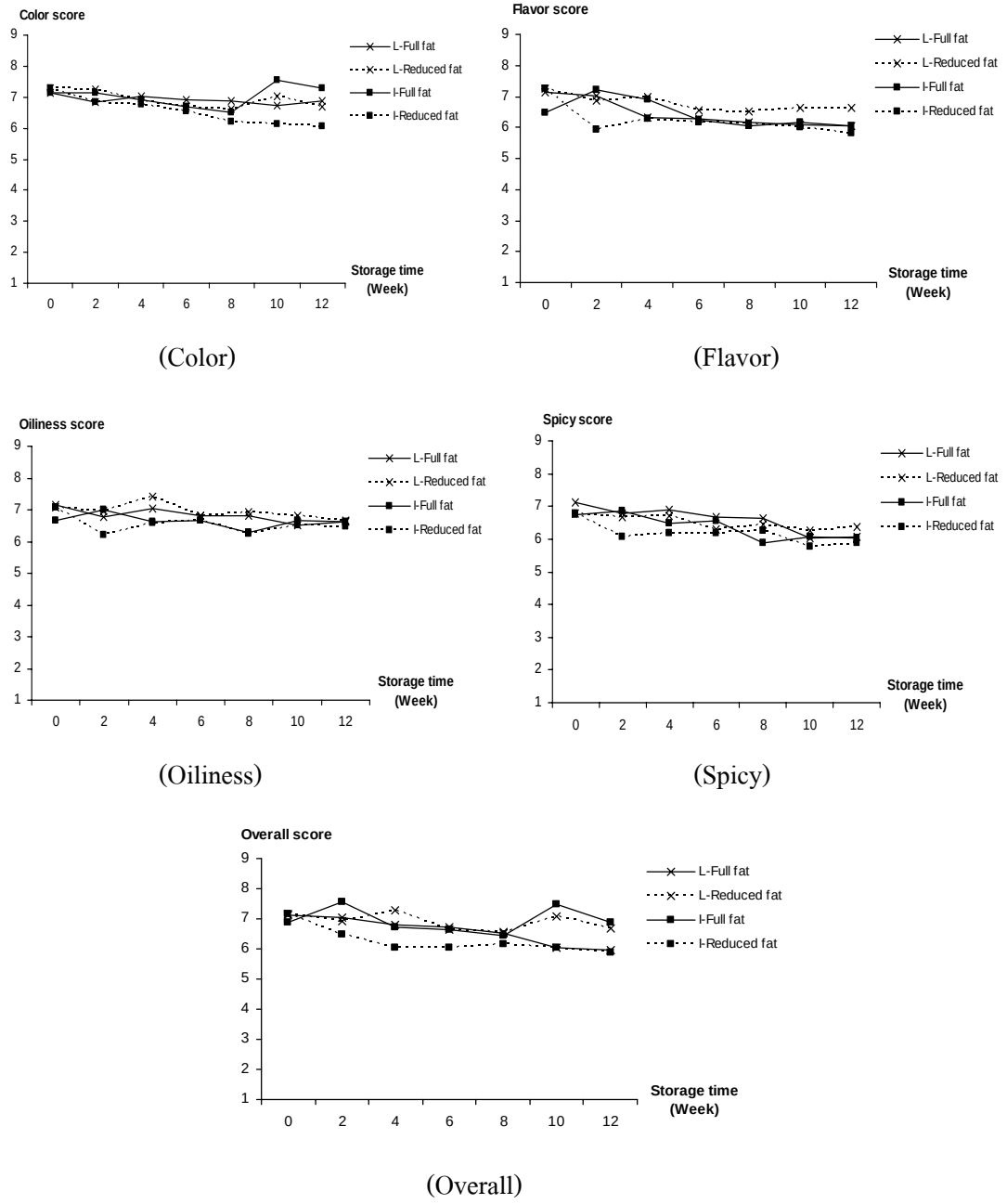


Figure 15 Changes in sensory scores of coconut milk-based curry during storage at room temperature (28±2°C)

คะแนนการยอมรับน้ำแกงกะทิในช่วงเริ่มเก็บรักษาพบว่าน้ำแกงกะทิทุกสูตรมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุกปัจจัยที่ทำการทดสอบมีค่ามากกว่า 6.5 คะแนน น้ำแกงกะทิไขมันต่ำจะมีระดับการยอมรับดีกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพิ่มมากขึ้นพบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลง

อย่างชัดเจนกว่าน้ำแกงกะทิสูตรอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเป็น 5-6 เดือน พบว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นจะได้รับการยอมรับต่ำกว่าค่าที่วิเคราะห์จากระยะเวลาการเก็บรักษาก่อนหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 29-33) แต่ยังคงมีค่าการยอมรับสูงกว่า 6 คะแนน ซึ่งหมายถึงชอบเล็กน้อย



(Color) (Flavor)

(Oiliness) (Spicy)

(Overall)

Figure 16 Changes in sensory scores of coconut milk-based curry during storage at 45°C

การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องในสภาวะเร่ง (Figure 16) พบว่าเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มของคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อสี กลิ่น และความมันที่ลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดสอบตัวอย่างในช่วงระยะเวลาการเก็บระหว่าง 0-4 สัปดาห์ ($p \geq 0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 29-33) และคะแนนการยอมรับต่อความเผ็ดและความชอบรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ภาคผนวก ง Table appendix 29-33) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 0-4 สัปดาห์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องไขมันต่ำสูตรเข้มข้นซึ่งได้รับคะแนนการยอมรับทางด้านกลิ่น ความเผ็ด และความชอบโดยรวมในสัปดาห์สุดท้ายต่ำกว่า 6 คะแนน ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากเป็นน้ำแกงกะทิสูตรที่มีปริมาณน้ำกะทิประกอบอยู่น้อยที่สุด เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจึงทำให้น้ำแกงกะทิขาดความข้นมันซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ดีของกะทิในน้ำแกงกะทิ ประกอบกับค่าความเป็นสีแดงที่มีค่าสูงกว่าสูตรอื่นๆซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาของน้ำแกงกะทิสูตรดังกล่าวเพิ่มขึ้น จึงทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นที่เก็บในสภาวะเร่งเป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมเป็น 5.9 คะแนน

4. การยอมรับผลิตภัณฑ์แกงกะทิไขมันต่ำของผู้บริโภค (Consumer test)

เตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง ประกอบด้วยน้ำแกงกะทิไขมันเต็มสูตรเผ็ดน้อย (เครื่องแกงร้อยละ 8) และสูตรเข้มข้น (เครื่องแกงร้อยละ 12) และน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยที่ใช้สารละลาย SOY ทดแทนปริมาณกะทิร้อยละ 60 และน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นที่ทดแทนกะทิด้วยสารละลายผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 แล้วทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำของกลุ่มผู้บริโภคโดยทั่วไปในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100-120 คน โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นผู้บริโภควัยทำงาน และนักศึกษาที่สามารถปรุงอาหารทานได้ ซึ่งมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูปและมีการประกอบอาหารรับประทานเองอยู่แล้ว การทดสอบจัดการดำเนินการตามวิธีการของ Stubenitsky และคณะ (1999) ซึ่งเป็นการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำของผู้บริโภคทั่วไป โดยการเปิดเผยแก่ผู้ทดสอบว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ แล้วมีการเว้นระยะการทดสอบการยอมรับตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารไขมันเต็มและอาหารไขมันต่ำประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อไม่ให้เกิดการเปรียบเทียบการยอมรับระหว่างผลิตภัณฑ์ไขมันเต็มและไขมันต่ำ โดยการแจกตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิทั้ง 4 สูตร ซึ่งประกอบด้วยน้ำแกงกะทิควบคุมและลดไขมันสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น โดยให้ผู้ทดสอบได้นำ

กลับไปปรุงที่บ้านพร้อมแบบสอบถามสำหรับน้ำแกงกะทิแต่ละสูตรและคำแนะนำวิธีการปรุงและการตอบคำถาม จากการทดสอบดังกล่าวนำมาได้รายงานผลการยอมรับผลิตภัณฑ์ (Table 32) ในหน่วยร้อยละของผู้บริโภคที่ได้ทดสอบ และความชอบในปัจจัยต่างๆต่อผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ (Table 33) โดยใช้ระบบการให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale

Table 34 Consumers acceptance test on sterilized coconut milk-based curry

Question	Sample			
	L-Full fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-Reduced fat
1. Do you accept this product? (%)				
- Accept	80.0	92.7	93.2	86.4
- Reject	20.0	7.3	6.8	13.6
2. Will you buy sterilized coconut milk-based curry if there are sale in market?				
- Yes	64.5	75.5	83.6	75.5
- No	12.7	9.1	1.8	10.0
- Not sure	22.7	15.5	14.5	14.5
3. How much properly price for this product? (Baht per a can)				
- 30 Baht	30.0	30.0	18.2	25.5
- 35 Baht	43.6	44.5	43.6	43.6
- 40 Baht	20.9	20.9	28.2	24.5
- 45 Baht	3.6	4.5	9.1	6.4
- 50 Baht	1.8	0.0	0.9	0.0

ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยทั่วไปจำนวน 110 คน ที่ได้รายงานเป็นร้อยละของผู้ที่ให้ความเห็นตามข้อมูลที่กำหนดในแบบสอบถาม พบว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยทั่วไปมากกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อย คือมีผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 92.7 สำหรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นนั้นถึงแม้จะได้รับการยอมรับน้อยกว่าน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้นแต่ก็ยังได้รับการยอมรับในระดับสูง คือร้อยละ 86.4 ของผู้ทดสอบทั้งหมด ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การยอมรับน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตร โดยน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยเป็นที่ยอมรับในการซื้อมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากน้ำแกงกะทิสูตรดังกล่าวมีความเผ็ด และความข้นมันในระดับที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด

เมื่อพิจารณาจากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในลักษณะคุณภาพต่างๆที่ประกอบด้วยลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความข้นมัน และความชอบโดยรวม ต่อผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ โดยเปรียบเทียบผลการทดสอบความชอบที่ผู้ทดสอบได้ให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale ในแต่ละปัจจัยพบว่ามีคะแนนการยอมรับแสดงดัง Table 33

Table 33 Sensory scores of consumer test on canned coconut milk-based curry

Factors	Sample			
	L-Full fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-Reduced fat
Appearance	6.89 ± 1.08^{b}	6.96 ± 1.15^{ab}	7.24 ± 1.03^{a}	6.72 ± 1.17^{b}
Color	7.05 ± 1.23^{ab}	7.25 ± 0.95^{a}	7.24 ± 0.99^{a}	6.83 ± 1.33^{b}
Flavor	6.77 ± 1.13^{a}	6.80 ± 1.17^{a}	7.04 ± 1.20^{a}	6.76 ± 1.29^{a}
Taste	6.91 ± 1.20^{ab}	6.48 ± 1.28^{c}	7.15 ± 1.05^{a}	6.77 ± 1.19^{bc}
Mouth feel	6.75 ± 1.28^{b}	6.60 ± 1.32^{b}	7.10 ± 1.18^{a}	6.70 ± 1.16^{b}
Overall	7.08 ± 0.98^{ab}	6.85 ± 1.25^{b}	7.26 ± 0.83^{a}	6.73 ± 1.21^{c}

Remark: - Data are presented as mean $\pm$ SD, evaluated by 110 consumers using 9-point hedonic scale

- $^{a-c}$ Means with the same superscripts in row are not significant difference ($p\geq0.05$)

ผลการทดสอบโดยผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 110 คน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องในการทดลองเป็นอย่างดี โดยมีคะแนนการยอมรับต่อทุกๆปัจจัยในการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากกว่า 6.5 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับที่ชอบปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบความชอบโดยรวมของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตร พบว่าน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นมีค่าต่ำสุด โดยยังคงได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่า 6 คะแนน ซึ่งเป็นระดับยังเป็นที่ยอมรับ และน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้นบรรจุกระป๋องได้รับคะแนนความชอบต่อทุกคุณลักษณะที่ประเมินมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในทางสถิติกับน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตร

บทที่ 4

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การกำหนดสูตรน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นที่ใช้ข้อมูลอัตราส่วนระหว่างน้ำกะทิต่อเครื่องแกงที่มีในท้องตลาดและงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ามีการใช้เครื่องแกงร้อยละ 8-14 โดยน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นที่ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมากที่สุดคือน้ำแกงกะทิที่มีเครื่องแกงประกอบอยู่ในสูตรร้อยละ 8 และ 12 ตามลำดับ โดยน้ำแกงกะทิที่ได้มีพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic และจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของเครื่องแกงเพิ่มมากขึ้น น้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นบรรจุกระป๋องมีองค์ประกอบทางโภชนาการ ประกอบด้วยปริมาณความชื้นร้อยละ 75.99 และ 74.90 โปรตีนร้อยละ 3.82 และ 3.91 ไขมันร้อยละ 16.69 และ 15.98 เถ้าร้อยละ 1.39 และ 1.58 เส้นใยร้อยละ 2.75 และ 2.92 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.11 และ 3.62 ตามลำดับ โดยมีพลังงานในน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น 7.37 และ 7.10 กิโลจูลต่อกรัม ตามลำดับ

การให้ความร้อนในระดับสเตอริไลซ์ต่อน้ำแกงกะทิสูตรเผ็ดน้อย (เครื่องแกงร้อยละ 8) และน้ำแกงกะทิสูตรเข้มข้น (เครื่องแกงร้อยละ 12) ในขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง ทำให้มีปริมาณเถ้าในน้ำแกงกะทิลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งเป็นการสูญเสียแร่ธาตุที่ประกอบอยู่ในน้ำแกงกะทิ และมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความหนืด ความคงตัว และความเป็นสีแดงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และส่งผลให้ความสว่าง และความเป็นสีเหลืองของน้ำแกงกะทิลดลง การให้ความร้อนในขั้นตอนการบรรจุกระป๋องนี้ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิ โดยยังคงมีพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic

การศึกษาน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง โดยใช้สารละลายสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วย Maltodextrin และสตาร์ชมันสำประหลังดัดแปรทางการค้า 2 ชนิด คือ FA-1304 และ MR-300 เข้มข้นร้อยละ 20 2 และ 2.5 ตามลำดับ กลุ่มโปรตีนประกอบด้วยโปรตีนสกัดจากกากมะพร้าว Sodium caseinate และ Soy protein isolate เข้มข้นร้อยละ 15 6 และ 3.5 ตามลำดับ พบว่าการใช้สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากสตาร์ชดัดแปรส่งผลเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับตัวอย่างน้ำแกงกะทิ การใช้สารทดแทนไขมันกลุ่มโปรตีนส่งผลให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุม โดยมีผลช่วยเพิ่มความคงตัวในน้ำแกงกะทิไขมันต่ำ และศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างสารทดแทนไขมันกลุ่มคาร์โบไฮเดรตและกลุ่มโปรตีน ซึ่งสารทดแทนไขมันที่ให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำมีลักษณะทาง

กายภาพใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมคือ FA และ SOY ตามลำดับ โดยได้ศึกษาการผสมระหว่าง FA:SOY ในอัตราส่วนการผสมเป็น 1:2 1:1 และ 2:1 เมื่อพิจารณาคัดเลือกน้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ใช้สารทดแทนไขมันต่างๆ พบว่าการใช้ SOY ทดแทนกะทิในระดับการทดแทนร้อยละ 60 ทำให้น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยมีลักษณะทางกายภาพและการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเผ็ดน้อยมากที่สุด สำหรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเข้มข้นพบว่าการใช้สารทดแทนไขมันที่ผสม FA:SOY ในอัตราส่วน 1:2 ที่ระดับการทดแทนกะทิร้อยละ 60 มีลักษณะทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับน้ำแกงกะทิควบคุมสูตรเข้มข้นมากที่สุด น้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นมีพฤติกรรมการไหลแบบ pseudoplastic เช่นเดียวกับสูตรควบคุม น้ำแกงกะทิไขมันต่ำที่ได้สามารถลดไขมันลงได้ร้อยละ 64.30 และ 63.86 ตามลำดับ ซึ่งช่วยลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดลงได้คิดเป็นร้อยละ 57.37 และ 62.76 ตามลำดับ โดยน้ำแกงกะทิให้พลังงานลดลงได้ร้อยละ 55.06 และ 50 ตามลำดับ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาน้ำแกงกะทิควบคุมและน้ำแกงกะทิไขมันต่ำทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้น ที่สภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 45°C โดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพคือความหนืด ความคงตัว และค่าสี (L* a* และ b*) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีประกอบด้วยปริมาณ Peroxide ค่า TBA และปริมาณกรดในตัวอย่างระหว่างการเก็บรักษา และตรวจสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิม พบว่าเมื่อเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ของน้ำแกงกะทิทั้ง 4 สูตร สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45°C พบการเพิ่มขึ้นของค่า TBA โดยเพิ่มขึ้นจนมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่า TBA เริ่มต้นเมื่อการเก็บรักษาอยู่ในสัปดาห์ที่ 10 สอดคล้องกับค่ากรดในน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องที่เพิ่มขึ้นจนมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่ากรดเริ่มต้น ระยะเวลาในการเก็บรักษาและอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อพฤติกรรมการไหลของน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง แต่มีผลต่อการลดลงของความคงตัว และความเป็นสีแดงของน้ำแกงกะทิ เมื่อพิจารณาการยอมรับทางประสาทสัมผัสพบว่าการเก็บรักษาที่ 45°C ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับรวมต่อน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องต่ำกว่า 6 คะแนนในการเก็บรักษาที่ 12 สัปดาห์

น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องไขมันเต็มและไขมันต่ำทั้งสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นต่างได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไป โดยผู้บริโภคทั่วไปยอมรับน้ำแกงกะทิไขมันเต็มสูตรเผ็ดน้อยและสูตรเข้มข้นเป็น ร้อยละ 80 และ 93.2 และยอมรับน้ำแกงกะทิไขมันต่ำสูตรเผ็ดน้อยและ

สูตรเข้มข้นเป็น ร้อยละ 92.7 และ 86.4 ของผู้บริโภคทั่วไป ตามลำดับ และพร้อมจะซื้อผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องทั้ง 4 สูตร มากกว่าร้อยละ 60 ของผู้บริโภคทั่วไปทั้งหมด

ข้อเสนอแนะ

ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิตน้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋องสู่กลุ่มเครื่องแกงสตรีบ้านทุ่ง ซึ่งมีความเข้มแข็งในการผลิต และมียอดขายเครื่องแกงสูง หรือกลุ่มชุมชนอื่นๆที่สนใจ ควรควบคุมหรือกำหนดจำนวนเชื้อเริ่มต้นของเครื่องแกง เพื่อเปรียบเทียบและเป็นค่าควบคุมให้สอดคล้องกับค่า F_0 ที่กำหนดในขั้นตอนการผลิต

ในการศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในรูปสารละลายควรมีการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายในการใช้ทดแทนกะทิในผลิตภัณฑ์ ในสภาวะการให้ความร้อนและกระบวนการผลิตเดียวกันกับผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผ่านความร้อน เช่นการสเตอริไลซ์ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบทางโครงสร้างแก่สารทดแทนไขมันแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2543. อุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป (แกงสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง/ถุงพลาสติก). (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.ryt9.com/s/ryt9m/249845/ (27 กันยายน 2550)

กรผกา อรรคนิตย์. 2539. การผลิตน้ำกะทิคืนรูปแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืชบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กองส่งเสริมการประมง กรมประมง. 2549. การแปรรูปสัตว์น้ำ. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

คุณาพร เงินศรีตระกูล และรัชดาภรณ์ เพ็ชรนิคม. 2545. การสกัดโปรตีนจากมะพร้าวที่เหลือจากการบีบน้ำมันและกะทิ. ปัญหาพิเศษวิทยาศาตรบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จิระศักดิ์ วังวิวัฒน์. 2528. ผลของโปรตีนเกษตรและวัตถุกันเสียต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอเตอร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราภรณ์ สอดจิตร์ และศศิวิมล จิตรากร. 2544. การผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปรเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์น้ำสลัดและซอสมะเขือเทศในระดับอุตสาหกรรม. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

จีร์ ศรชัย. 2548. กะปิสูตรโกตุ๋ย กะปิคุณภาพดีที่ระนอง. หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. พุธที่ 30 มีนาคม 2548: 12.

จันทิมา ภูงามเงิน, นภาพร เชี่ยวชาญ และสุวิช ศิริวัฒนโยธิน. 2547. ผลของสารเพิ่มความคงตัวบางชนิดต่อคุณภาพน้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋อง. ว.วิจัยและพัฒนา มจธ. 27: 375-390.

ดารณี วโรดมวิจิตร. 2544. การลดไขมันในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์โดยใช้สารทดแทนไขมันจำพวกคาร์โบไฮเดรต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ตวงศิริ เจตนาธรรมจิต. การพัฒนาผลิตภัณฑ์มายองเนสลดพลังงานโดยใช้แป้งดัดแปรจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อทดแทนไขมัน. 2542. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีชัย พืชผล. 2537. สารที่ใช้แทนไขมัน. ว.วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน. 48: 17-19.

ทศพรพรรณ รัตนภักดี. 2546. การผลิตและอายุการเก็บรักษาน้ำกะทิดัดแปลงไขมันพาสเจอไรซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทวี โพธิผละ. 2536. การใช้วัตถุเจือปนอาหาร. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ.

ธนวรรณ บุญปั้น, สายพิณ มณีพันธ์, เย็นใจ ฐิตะฐาน, ช่อลัดดา เที่ยงพุก และอุษา ภูคัสมาศ. 2542. การประเมินผลโดยวิธีประสาทสัมผัสและคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทยที่ใช้ Soy/oat-1 ทดแทนกะทิ. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์). 33: 609-619.

นันทินา เที่ยงธรรม. 2544. การใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสงค์ ทุ่งเก้า. 2531. การใช้สารอิมัลซิไฟเออร์และกัม ในการรักษาความคงตัวของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลันเกษตรศาสตร์.

ปิติกานต์ ตติยพันธุ์. 2548. บทบาทของอิมัลซิไฟเออร์ สเตบิไลเซอร์และโปรตีนต่อลักษณะคุณภาพของน้ำกะทิสเตอริไลซ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรินทร์ รักถาวร. 2542. การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. 2540. อิมัลชันทางเครื่องสำอาง. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ: 1-69.

เพลินใจ ตังคณะกุล, วารุณี วารัญญานนท์ และเกศศิณี ตระกูลทิวากร. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารไทยสุขภาพเสริมยุทธศาสตร์ครัวไทยสู่ครัวโลก. รายงานการวิจัย. พัฒนาการผลิตอาหารไทยปลอดภัยสู่ครัวโลก. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มินตรา นภัสสรา. 2539. เครื่องแกงในครัวไทย. ครัว: นิตยสารอาหารและการครัว. 2: 60-67.

วันทนี สว่างอารมณ์, สุวรรณา วัฒนาคาม, ศิริพร พลายลมูล, บุญมี กวินเสกสรรค์, เย็นหทัย แน่นหนา, อรสา ทยานสมุทร และจรัญ ประจัญบาล. 2549. การผลิตและคุณค่าทางอาหารของกะปี. ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์. 6: 63-78.

วัฒนา วิริวุฒิกร. 2540. กระเทียมพืชสมุนไพรในครัวเรือน. ว.อาหาร. 27: 120-122.

วิทิต วัฒนาวิบูล. 2528. เกลือ: เครื่องปรุงรสธรรมดาที่มีคุณค่ามหาศาล. หมอชาวบ้าน. 6: 40-42.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.

วิสิฐ จะวะสิต และรุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์. 2535. การวิจัยเพื่อพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ สูตรทดแทนกะทิ. ว.อาหาร. 22: 16-27.

วิสิฐ จะวะสิต, จิตติมา สิงหวณิช, อาณดี นิติธรรมยง, สิติมา จิตตินันทน์ และรุ่งรัตน์ แจ่มจันทร์. 2537. รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ: อาหารสูตรกะทิ (ว73999 ฉ.1; 74000 ฉ.2). สถาบันวิจัยโภชนาการ. มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิสิฐ จะวะสิต. 2537. รายงานการวิจัยเรื่องการพัฒนาอาหารเพื่อสุขภาพ: อาหารสูตรกะทิ. สถาบันวิจัยโภชนาการ. มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิสิฐ จะวะสิต, วงสวาท โกศัลวัฒน์, สมศรี เจริญเกียรติกุล และสมเกียรติ โกศัลวัฒน์. 2545. การวิเคราะห์โอกาสและศักยภาพของการพัฒนาอาหารไทยสู่ตลาดโลก. สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2539. แกงเผ็ดยอดนิยมของคนกรุงเทพมหานคร. (ซีดีรอม). ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์. 2542. ตลาดแกงกะทิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง. ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์. กรุงเทพฯ.

สมจิต สุรพัฒน์. 2541. การใช้สตาร์ชดัดแปรเป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีมกะทิ (ท-อ 2.41). รายงานการวิจัย. ณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2542. ไม้ริมรั้ว. องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2531. การเตรียมและการรักษาความคงตัวของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง. รายงานการวิจัย. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุดารัตน์ พุทธฤกษ์มงคล, สุจิตตรา เหมคช, จันทิมา ภูงามเงิน และเกตินันท์ กิตติพงศ์พิทยา. 2551. ผลของปริมาณไขมันและความร้อนระดับสเตอริไลซ์ต่อคุณภาพสีของน้ำกะทิ. ว. วิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 18: 80-88.

สุนทรี สุวรรณสิชฌน์. 2550. การใช้สตาร์ชมันสำปะหลังร่วมกับโซเดียมเคซีเนต โปรตีนถั่วเหลือง และคาร์ราจีแนนเป็นสารทดแทนไขมันในไส้กรอกแฟรงค์เฟอเตอร์ไขมันต่ำ. ว. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 15: 8-21.

สุเพ็ญ ด้วงทอง. 2542. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์นมยูเอชทีระหว่างการเก็บรักษา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน. 2541. สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน. องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2528. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารกะทิสำเร็จรูป (มอก. 582-2528). สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2535. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งดัดแปรสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. มอก. 1073-2535. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

เสริมศักดิ์ คงศรี, สมชาย ประภาวัต, ธีระ สัมปัทชลิต และสุรีย์ เกิดผล. 2513. กะทิผลและกะทิเข้มข้น, การศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง. ว.อาหาร. 2: 89-97.

อบเชย วงศ์ทอง และขนิษฐา พูนผลกุล. 2545. หลักการประกอบอาหาร. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธิ์ อ่อนสอาด. 2540. การผลิตและการศึกษาอายุการเก็บน้ำกะทิแปลงไขมันบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบันฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Adams, J. 1982. Sunflower. Bismark. ND. National Sunflower Assoc. 36: 13-36.

Adegoke, G.O. and Odesola, B.A. 1996. Storage of maize and cowpea and inhibition of microbial agents of biodeterioeation using the powder and essential oil of lemon grass (*Cymbopogon citrates*). Int. Biodeter. Biodegr. 96: 81-84.

Agrawal, K.K., Choudhary, P.L. and Sharma, V.S. 1991. Preparation of coconut milk. J. Food Sci. Technol. 28: 255-256.

Allen, J.C. 1994. Rancidity in dairy products. *In*. Rancidity in Foods. 3rd eds. (Allen, J.C. and Hamilton, R.J., eds). p. 179-190. Blackie Academic and Professional. London.

Alting, A.C., de Velde, F., Kanning, M.W., Burgering, M., Mulleners, L., Sein, A. and Buwalda, P. 2009. Improved creaminess of low-fat yoghurt: The impact of amylomaltase-treated starch domains. Food Hydrocolloid. 23: 980-987.

Altschul, A.M. 1993. Low-calorie foods handbook. Marcel Dekker. Inc., New York.

Amano, K. 1962. The influence of fermentation of the nutritive value of fish special reference to fermented fish products of South East Asia. *In* International Symposium on Fish in Nutrition. (Heen, E. and Kreuzer, R., eds.). p. 180-200. Fishing News (Books) Ltd. London.

American Dietetic Association. 2005. Position of the American dietetic association: fat replacers. J. Am. Diet. Assoc. 105: 266-275.

Anon. 1984. Coconut cream. University of Minnesota. U.S.A.

A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.

A.P.C.C. 1994. International codes and standard for aqueous coconut products. Jakarta, Asia and Pacific Coconut Community.

Argent Laboratory. 2548. Krill. (Online). Available http://www.argent-labs.com/argentwebsitr/krill.htm. (30 September 2007)

Arumughan, C., Balachandran, C. and Sundaresan, A. 1993. Development of a process for coconut cream on commercial scale. J. Food Sci. Technol. 30: 408-412.

Bannon, C.D., Craske, J.D., Hai, N.T., Happer, N.L. and O'Rourke, K.L. 1982. Analysis of fatty acid methyl esters with accuracy and reliability II. Methylation of fats and oils with boron trifluoride-methanol. J. Chromatogr. 247: 63-69.

BeMiller, J.N. 1997. Starch modification: challenges and prospects. Starch-Starke. 79: 127-131.

Bianchi, M.A., Pilosof, A.M.R. and Bartholomai, G.B. 1985. Rheological behavior of comminuted meat systems containing soy protein isolate. J. Texture Stud. 16: 193-206.

Bradley, Jr.R.L., Barbano, Jr.D.M., Semerad, R.G., Smith, D.E. and Vines, B.K. 1992. Chemical and physical methods. *In* Standard methods for the examination of dairy products. 16th ed. (Marshall, R.T., ed). p. 433-531. American Public Health Assoc. Washington, D.C.

Canapi, E.C., Agustin, Y.T.V., Moro, E.A., Pedrosa, Jr.E. and Bendano, M.L.J. 1996. Coconut oil. *In* Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Vol. 2. 5th ed. (Hui, Y.H., ed). p. 97-124. John Wiley and Sons. Inc. New York.

Carroll, O.P. 1996. Trimming the fat. World of food ingredient. 2: 8-10.

Chanamai, R. and McClements, D.J. 2002. Comparison of gum arabic, modified starch, and whey protein isolate as emulsifiers: influence of pH, $CaCl_2$ and temperature. J. Food Sci. 67: 120-125.

Chiewchan, N., Phungamngoen, C. and Siriwattanayothin, S. 2005. Effect of homogenizing pressure and sterilizing condition on quality of canned high fat coconut milk. J. Food Eng. 73: 38-44.

Chelliah, J. and Baptist, N.G. 1969. Extraction of protein from expeller and solvent extracted coconut meal by dilute acid, alkali and salt solution. J. Sci. Food Agric. 20: 49-53.

Chin, K.B., Keeton, J.T., Longnecker, M.T. and Lamkey, J.W. 1999. Utilization of soy protein isolate and konjac blends in low-fat bologna (model system). Meat Sci. 53: 45-57.

Dalgleish, D.G. 1997. Structure-function relationships of caseins. *In* Food proteins and their applications. (Damodaran, S. and Paraf, A., eds). p. 199-223. Marcel Dekker. Inc. New York.

Das, K.P. and Kinsella, J.E. 1990. Stability of food emulsions: Physicochemical role of protein and nonprotein emulsifiers. Adv. Food Nutr. Res. 34: 81–201.

Dendy, D.A.V. and Timmins, W.H. 1973. Development of a wet coconut process designed to extract protein and oil from fresh coconut. Tropical Products Institute. London.

Dorantes, D.S. and Kaur, J. 1999. Antimicrobial activity of spices. Int. J. Antimicrob. Ag. 12: 257-262.

Duncan, S.E., Christen, G.L. and Penfield, M.P. 1991. Rancid flavor of milk: relationship of acid degree value, free fatty acids, and sensory perception. J. Food Sci. 56: 394-397.

Egan, H., Ronald, S. and Sawyer, R. 1981. Method of peroxide value analysis. *In* Pearson's chemical analysis of food. 8th ed. Churchill Livingstone. Edinburgh London Melbourne and New York.

Einhorm, D. and Landsberg, L. 1988. Nutrition. *In* Hearth and Disease. Chapter 59. 7th ed. Lea & Febiger. Philadelphea.

Enig, M.G. 2001. Coconut: In Support of good health. 21st (Online). Available http://www.mercolacom/fcgi/pf/2001/jul/28/coconut health.htm (10 November 2005)

Escueta, E.E. 1980. Stability studies on coconut milk and plant protein isolates based products: Physical properties. Phil. J. Coco. Stud. 5: 63-67.

Fellows, P.J. 1988. Food Processing Technology: Principles and Practice**.** Ellis Horwood/VCH, Chichester. Great Britain.

Felton, C.V., Crook, D., Davies, M.J and Oliver, M.F. 1994. Dietary polyunsaturated fatty acids and composition of human aortic plaques. *In* Lancet 344. p. 1195-1196. Department of Psychiatry and Center for Medical Informatics. New Haven, CT.

Fisher, L.R. and Paker, N.S. 1988. Effect of surfactants on the interaction between emulsion droplets. *In* Advances in Food Emulsions and Foams. (Dickinson, E. and Stainsby, G., eds). p. 45-90. Elsevier Applied Science. London.

Floury, J., Desrumaux, A., Axelos, M.A.V. and Legrand, J. 2003. Effect of high pressure homogenization on methylcellulose as food emulsifier. J. Food Eng. 58: 227-238.

Friberg, S.E., Goubran, R.F. and Kayali, I.H. 1990. Emulsion Stability. *In* Food Emulsions. 2nd. (Larsson, K. and Friberg, S.E., eds.) p. 3-38. Marcel Dekker. Inc. New York.

Gilliland, S.E.,Busta, F.F.,Brinda, J.J. and Campbell, J.E. 1976. Aerobic plate count. *In* Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. (Speck, M.L., ed). p. 107-131. American Public Health Association. Washington, DC.

Goddord, M.R. 1994. The storage of thermally processed foods in containers other than cans. *In* Shelf-Life Evaluation of Foods. (Man, C.M.D. and Jone, A.A., eds). p. 258-260. Blackie Academic and Professional. Glasgow.

Goncalves, J.R., Leitao de M.F.F. and Teixeira-Neto, R.O. 1984. Preservation of industrially prepared coconut milk by acidification and pasteurization. Boletim do Instituto de Technologia de Alimentos, Brazil. 21: 489-502. Food Sci. Technol. Abstracts (1986): Abstracts No. 2H156.

Gonzalez, A.L. and Tanchuco, R.H. 1977. Chemical composition and functional properties of coconut protein isolate (CPI). Phil. J. Coco. Stud. 2: 21-30.

Gopalakrishnan, C.S., Narayanan, C.S., Mathew, A.G. and Arumughan, C. 1987. Lipid composition of coconut cake oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 64: 539-541.

Gwee, C.N. 1988. New technologies open the passage into new usage of coconut milk products. *In* Food Science and Technology in Industrial Development. (Maneepun, S., Varangoon, P. and Phithakpol, B., eds.). p. 157-162. Bangkok, Institute of Food Research and Product Development. Kasetsart University.

Hagenmaier, R. 1977. Coconut Aqueous Processing. University of San Carlos Press. Cebu City. Philippines.

Hagenmaier, R. 1983. Dried coconut milk and other new foods from wet process. Coconut Today (Phil.). 1: 17-23.

Hagenmaier, R., Cater, C.M. and Mattil, K.F. 1972. A characterization of two chromatographically separated fractions of coconut protein. J. Food Sci. 37: 4-7.

Hagenmaier, R.D., Cater, C.M. and Matil, K.F. 1973. Aqueous processing of fresh coconuts for recovery of oil and coconut skum milk. J. Food Sci. 45: 516-518.

Hall, G.M. 1996. Methods of Testing Protein Functionality. Blackie Academic & Professional. London.

Hamilton, R.T. 1994. The chemistry of rancidity in food. *In* Rancidity in Foods. 3rd. (Allen, J.C. and Hamilton, R.J., eds). p. 1-21. Blackie Academic and Professional. London.

Hollingsworth, P. 1996. The learning of the American diet. Food Technol. 50: 86-88.

Import Food. 2004. A complete selection of spicy Thai chili paste, curry paste and essential ingredients (Online). Available http://www.importfood.com/chilipastecookingsauces.html (10 July 2005)

IUPAC. 1979. Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives, 6th ed. Pergamon, Oxford.

Jeganathan, M. 1970. Report of the officer-in-charge; Chemistry Division. Ceylon Coconut Research Institute. Ceylon Coconut Quart. 21: 13-21.

Katsuda, S., Yamada, R., Yoshiga, A. and Tsuji, K. 1997. Inhibitory effect of a sausage containing soy protein isolate on increase in serum total cholesterol level induced by high fat diet in adult male subjects. J. Japan Soc. Food Sci. Tech. 44: 418-423.

Kailasapathy, K. and Songvanich, W. 1998. Effect of replacing fat in ice cream with fat mimetics. Food Aust. 50: 169-173.

Kellard, B., Busfield, D.M. and Kinderlerer, J.L. 1985. Volatile off-flavor compounds in desiccated coconut. J. Sci Food Agric. 36: 415-420.

Kikakis, J.P. 1986. The shelf life of foods and beverages. 258 p. Cited Man, C.M.D. and Jone, A.A. Shelf-Life Evaluation of Foods. Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman and Hall. Glasgow.

Kilara, A. 1998. Fat mimetics in ice cream and frozen dessert manufacture. *In* Ice cream. Proceedings of the International Symposium Held in Athens. p. 65-74. Greece: 18-19 September 1997-1998.

Kinsella, J.E. and Srinivasan, D. 1981. Nutrition, chemical and physical criteria affecting the use and acceptability of proteins in foods. *In* Functional properties of food components (Pomeranz, Y., ed). p. 159. Academic press. New York.

Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., McClements, D.J. 2004. Stability and rheology of corn oil-in-water emulsions containing maltodextrin. Food Res. Int. 37: 851–859.

Komorowski, E.S. and Early, R. 1992. Liquid milk and cream, *In* Early, R. The Technology of Dairy Products. p. 1-23. Blackie Academic and Professional. Glasgow.

Krishnamurthy, M.N. and Chandrasekhara, N. 1983. Polar lipids of coconut. J. Food Sci. Technol. 20: 206-209.

Kwon, K.S., Park, K.H. and Rhee, K.C. 1996. Aqueous extraction and membrane techniques improve coconut protein concentrate functionality. J. Food Sci. 61: 753-756.

Light, J.M. 1990. Modified food starches: why what, where and how. Cereal Food World. 35 : 1081-1092.

Liu, K. 1997. Soybeans Chemistry, Technology and Utilization. International Thomson, Washington.

Lopez, A. 1987. Packaging, Aseptic process and Ingredients. *In* A complete course in canning Book II. The canning Trade Inc. USA.

Lucca, P.A. and Tepper, B.J., 1994. Fat repkacers and functionality of fat in foods. Trends Food Sci. Tech. 5: 12-18.

Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J. 1993. ก้Encyclopaedia of food science food technology and nutrition. Academic Press. New York.

McClement, D.J. 1999. Food emulsions: Principles, practice and techniques. CRC Press., United State of America.

McGray, J. 1993. Fat and oils. Ingredient technology. Chicago Rev. 6: 9-10.

Miyazaki, M., Hung, P.V., Maeda, T. and Morita, N. 2006. Recent advances in application of modified starches for breadmaking. Trends Food Sci. Tech. 17: 591-599.

Monera, O.O. and del Rosario, E.J. 1982. Physico-chemical evaluation of the natural stability of coconut milk emulsion. Ann. Trop. Res. 4: 47-54.

Morris, G.A., Sims, I.M., Robertson, A.J. and Furneaux, R.H. 2004. Investigation into the physical and chemical properties of sodium caseinate–maltodextrin glycoconjugates. Food Hydrocolloid. 18: 1007–1014

Padley, F.B. 1994. The control of rancidity in confectionery products. *In* Rancidity in Foods. 3rd. (Allen, J.C. and Hamilton, R.J.). p. 230-255. Blackie Academic and Professional. London.

Peamprasart, T. 2004. Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization. A special research project submitted in a partial fulfillment of the requirements for the degree of master of engineering. King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Peamprasart, T. and Chiewchan, N. 2006. Effect of fat content and preheat treatment on the apparent viscosity of coconut milk after homogenization. J. Food Eng. 77:653-658.

Pehowich, D.J., Gomes, A.V. and Barnes, J.A. 2000. Fatty acid composition and possible health effects of coconut constituents. W. Indian Med. J. 49: 128-133.

Plug, H. and Haring, P. 1993. The role of ingredient-flavour interactions in the development of fat free foods. Trends Food Sci. Tech. 4: 150-152.

Pongsawatmanit, R., Temsiripong, T., Ikeda, S. and Nishinati, K. 2006. Influence of tamarind seed xyloglucan on rheological properties and thermal stability of tapioca starch. J. Food Eng. 77: 41-50.

Potter, S.M., Baum, J.A., Teng, H., Stillman, R.J., Shay, H.F. and Erdman, J.W. 1998. Soy protein and isoflavones: Their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. Am. J. Clin. Nutr. 68: 1375-1379.

Poper, K., Notter, G.G. and Nurry, F.S. 1966. New products from coconut: non-dairy chip dips and cream cheese. Food Proccess. Market. 27: 92-96.

Punsri, P. 1995. Characterization of the lipid and protein membrane components of the natural emulsifier of coconut (*Cocos nucifera* L.) milk. Los Banos, University of the Philippines Los Banos.

Rao, R.G. 1969. Enzymatic degradation of coconut meal by Mescelase-P. J. Food Sci. 6: 21-22.

Rideout, C.A., McLean, J.A., Barr, S.I. 2004. Women with high scores for cognitive dietary restraint choose foods lower in fat and energy. J. Am. Diet. Assoc. 104: 1154-1157.

Roos, K.B. 1997. How lipids influence food flavor. Food Technol. 51: 60-62.

Rossell, J.B. 1994. Measurement of rancidity *In* Rancidity in Foods. 3rd. (Allen, J.C. and Hamilton, R.J., eds.). p. 22-53. Blackie Academic and Professional. London.

Salavatulina, R., Belousov, A., Ovsyannikova, E., Garian, E. and Riga, T. 1975. Sodium caseinate application in meat processing. Myasnaya Iducttriya SSSR. Vol. 2. p. 24-29.

Sallama, Kh.I., Ishioroshib, M. and Samejimab, K. 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. Swiss Soc. Food Sci. Technol. 37: 849-855.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S. 1992. World Oilseeds: Chemistry, Technology and Utilization. AVI. New York.

Samson, A.S., Khaund, R.N., Cater, C.M. and Mattil, K.F. 1971. Extractability of coconut proteins. J. Food Sci. 36: 725-728.

Sanders, T.A.B. 1994. Nutritional aspects of rancidity. *In* Rancidity in Foods. 3rd (Allen, J.C. and Hamilton, R.J., eds). p. 128-140. Blackie Academic and Professional. London.

Scilingo, A.A. and Anon, M.C. 1996. Calorimetric study of soybean protein isolates: effect of calcium and thermal treatments. J. Agric. Food Chem. 44: 3751-3756.

Seow, C.C. and Gwee, C.N. 1997. Coconut milk: Chemistry and technology. Int. J. Food Sci. 32: 189-201.

Shukla, V.K.S. 1995. Confectionery fats. *In* Developments in Oils and Fats. (Hamilton, R.J., ed). p. 66-94. Blackie Academic and Professional. London.

Simuang, J., Chiewchan, N. and Tansakul, A. 2004. Effect of heat treatment and fat content on flow properties of coconut milk. J. Food Eng. 64: 193-197.

Singh, R.P. 1994. Scientific principles of Shelf-life evaluation. *In* Shelf-Life Evaluation of Foods. (Man C.M.D. and Jone, A.A., eds). p. 1-7. Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman and Hall, Waster Clededens Road, Bishapbriggs, Glasgow.

Sringam, S. 1997. The development and testing of a coconut cheese production technology. United Nations Industrial Development Organization, ISED/R. 85: 1-70.

Srinivasan, K. 2005. Plant foods in the management of diabetes mellitus: Spices as beneficial antidiabetic food adjuncts. Int. J. Food Sci. Nutr. 56: 399–414.

Steinkraus, K.H., David, L.T., Romos, L.J. and Banzon, J. 1968. Development of flavored soymilks and soy/coconut milks for the Philippine market. Phil. Agric. 52: 268-276.

Stubenitsky, K., Aaron, J.L., Catt, S.L. and Mela, D.J. 1999. Effect of information and extended use on the acceptance of reduced-fat products. Food Quality Prefer. 10: 367-376.

Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N. and Kadam, S.S. 1992. World oilseeds: Chemistry, technology and utilization. AVI. New York.

Tang, C. and Chen, Q. 1994. Lipid in food flavors. American chemical society. Washington D.C.

Tangsuphoom, N. and Coupland, J.N. 2005. Effect of heating and homogenization on stability of coconut milk emulsion. J. Food Sci. 70: 466-470.

Tansakul, A. and Chaisawang, P. 2006. Thermophysical properties of coconut milk. J. Food Eng. 73: 276-280.

Temsiripong, T., Pongsawatmanita, R., Ikeda, S. and Nishinari, K. 2005. Influence of xyloglucan on gelatinization and retrogradation of tapioca starch. Food Hydrocolloid. 19: 1054-1063

Timmins, W. and Kramer, E. 1977. The canning of coconut cream. Phil. J. Coco. Stud. 2: 15-25.

Vitali, A.A. 1986. Rheological behavior of coconut milk. *In* Food Engineering and Process Applications. Vol. 1. (Soler, M.P. and Rao, M.P., eds). p. 33-38. Elsevier Applied Science. London.

Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai., S. and Jamnong, P. 2006. ß-Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. Food hydrocolloid. 20: 68-78.

Woodroof, J.G. 1970. Coconuts: Production, processing, products Connecticut. AVI. USA.

Young, F.V.K. 1983. Palm kernels and coconut oils: analytical characteristics, process technology and uses. J. Am. Oil Chem. Soc. 60: 374-379.

Yu, T.C. and Shinnhuber, R.O. 1962. Removal of interfering pigments in determining malonaldehyde by the 2-thiobarbituric acid reaction. J. Food Technol. 16: 115-117.

Yu, T.C. and Shinnhuber, R.O. 1967. An improved 2-thiobarbituric acid (TBA) procedure for the measurement of autoxidation in fish oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 44: 256-258.

Zayas, J.F. 1997. Functionality of protein in food. Springer. Berlin.

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. ความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 105°C
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอลูมิเนียม พร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 กรัม ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนัก
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°C นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบแล้วใส่ไว้ในโถดูดความชื้นประมาน 15 นาที เพื่อให้ตัวอย่างมีอุณหภูมิอยู่ที่อุณหภูมิห้อง
6. ชั่งนำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีกครั้ง
7. กระทำตามข้อ 2 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

2. ไขมันรวม (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)
2. เครื่องระเหยตัวทำละลาย (Evaporator)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
5. ขวดก้นกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet)
6. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. ปริโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)

วิธีการ

1. นำตัวอย่างอาหารมา 10 กรัม อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2°C นาน 5-6 ชั่วโมง หรือจนมีน้ำหนักคงที่

2. ชั่งตัวอย่างจากข้อ 1 บนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาน 1-2 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในทิมเบิล (thimble) สำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีที่สกัดไขมันออกแล้วเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำทิมเบิลใส่ลงในชุดแยกสกัดของเครื่องสกัดไขมัน

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดก้นกลมสำหรับหาไขมันปริมาน 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80-90°C จนแห้งทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

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

3. โปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร
2. อุปกรณ์ชุดย่อยโปรตีน
3. อุปกรณ์ชุดกลั่นโปรตีน
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ปิเปต ขนาด 5, 10 มิลลิลิตร
6. บิวเรต ขนาด 25 มิลลิลิตร
7. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกิริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วน ต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 ชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ละลายกรดบอริก 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทธีลีนบลู (methylene blue) 0.2 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ (ethanol) 200 มิลลิลิตร และชั่งเมธิลเรด (methyl red) 0.05 กรัม ละลายใน Ethanol 50 มิลลิลิตร) เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : Ethanol 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟฟ้าในตู้ดูดควัน จนกระทั่งได้สารละลายใสปล่อยทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟูริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีนให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

6. จัดอุปกรณ์กลั่น

7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ (indicator) แล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8. ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มิลลิลิตร

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

11. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวณ

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

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้ เป็น มิลลิลิตร

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มิลลิลิตร

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือ เป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่าง เป็น กรัม

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลของไนโตรเจน = 14.007)

4. เถ้า (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. เตาเผาเถ้า (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทซ์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดติดกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ดูดควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 °C และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

การคำนวณ

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

5. เส้นใย (A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. กรวยกรองแบบบุชเนอร์ (Bucher funnel)
2. ขวดรูปชมพู่
3. หม้อต้มน้ำปรับอุณหภูมิได้
4. เตาเผา

สารเคมี

1. ไดเอธิลอีเทอร์
2. ปริโตรเลียมอีเทอร์ (จุดเดือด 40-50°C)
3. สารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ (0.255 นอร์มัล) คือกรดกำมะถันเข้มข้นจำนวน 1.25 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.313 โมลาร์ (0.313 นอร์มัล) ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะต้องปราศจากโซเดียมคาร์บอเนต
5. สารละลายกรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 1
6. เอทิลแอลกอฮอล์ (ethanol) ร้อยละ 95 (ปริมาตรต่อปริมาตร)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่สกัดไขมันออกแล้วต้มในสารละลายกำมะถันเข้มข้น 0.1275 โมลาร์ ปริมาน 200 มิลลิลิตร นาน 30 นาที โดยเขย่าขวดตลอดเวลา
2. กรองสารละลายผ่าน Buchner funnel ล้างกากด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง จนกระทั่งไม่มีกรดเหลืออยู่ในกาก
3. เทกากกลับลงไปในฟลาสต์ใบเดิม ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.313 นอร์มัล ปริมาน 200 มิลลิลิตร ล้างกากออกจากกระดาษกรอง นำไปต้มเดือดนาน 30 นาที
4. กรองสารละลายอีกครั้งแล้วล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนแน่ใจว่าไม่มีด่างเหลืออยู่แล้วตามด้วยน้ำร้อนอีกจนแน่ใจว่าไม่มีกรดเหลืออยู่

5. ล้างกากด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 2 ครั้ง และไดเอธิลอีเทอร์อีก 3 ครั้ง นำกากที่เหลือทั้งหมดใส่ลงบนกระดาษกรองชนิดปราศจากเถ้า หรือจานกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการกรองและทราบน้ำหนักที่แน่นอน ล้างส่วนที่ติดกระดาษกรองด้วยนำร้อนเล็กน้อย

6. น้ำไประเหยแห้งบนหม้อต้มน้ำแบบปรับอุณหภูมิได้ แล้วอบต่อที่อุณหภูมิ 100°C จนได้น้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักของกากที่แห้งที่เหลือ

7. นำกากไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500-550°C นาน 3 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว ปล่อยทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้

การคำนวณ

ปริมานเส้นใยในตัวอย่างอาหาร = น้ำหนักของกาก – น้ำหนักเถ้า

6. TBAR (ดัดแปลงจาก Yu และ Shinnhuber, 1962; 1967)

อุปกรณ์

1. เตาไฟฟ้า
2. ปิเปต
3. บีกเกอร์
4. หลอดทดลองชนิดฝาเกลียว
5. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลายกรด Thiochloroacetic (TCA) เข้มข้นร้อยละ 15
2. สารละลายกรด Hydrochloric 0.25 นอร์มัล
3. สารละลายยกรดไทโอบาบิทูริก ประกอบด้วย กรด Thiobarbituric (TBA) 0.0375 กรัม ละลายในกรด Trichloroacetic (TCA) เข้มข้นร้อยละ 15 และกรด Hydrochloric (HCl) 0.25 นอร์มัล
4. สารละลาย TCA-HCl ประกอบด้วยสารละลาย TCA เข้มข้นร้อยละ 15 ละลายในกรด HCl เข้มข้น 0.25 นอร์มัล

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 1 กรัม และบันทึกน้ำหนักที่แน่นนอน แล้วใส่ตัวอย่างลงในหลอดทดลองแบบฝาเกลียว
2. เติมที่มีสารละลายไทโอบาบิทูริก 5.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองแล้วเขย่าเพื่อให้สารละลายและตัวอย่างผสมกัน หรือผสมโดยใช้ vortex mixer
3. ต้มตัวอย่างที่ผสมในสารละลายในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที
4. ทำให้หลอดทดลองที่บรรจุตัวอย่างเย็นลงโดยน้ำไหลผ่าน หรือแช่ลงในน้ำแข็ง
5. เหวี่ยงแยกสารละลายโดยใช้ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C หรือเพิ่มระยะเวลาจนสารละลายใส
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร
7. คำนวณค่า TBAR ในรูปของ malonaldehyde โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (0, 0.1, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) รายงานค่า TBAR เป็น มิลลิกรัม ของ malonaldehyde/กิโลกรัม ของตัวอย่าง

7. Peroxide value (ดัดแปลงจาก Egan *et al*., 1981)

การแยกน้ำมันจากน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง

นำน้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋อง มาเหวี่ยงแยกชั้นครีม (เครื่องแกงกะทิและไขมัน) ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็วสูงอุณหภูมิต่ำ (Refrigerate Centrifuge) โดยใช้หัว rotor เบอร์ 10 ความเร็วรอบ 5000 กรัม เวลา 5 นาที จากนั้น นำครีมที่ได้มาสกัดน้ำมันโดยใช้วิธีดัดแปลงจาก AOAC (1990) ข้อ 922.06 เริ่มจากชั่งครีม ประมาณ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 95% เอทิลแอลกอฮอล์ 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันแล้วถ่ายใส่หลอดแก้วมอจอนเนียร์ เขย่า 30 วินาที หยดเมธีลีนบลู 1 หยด เพื่อให้เห็นการแยกชั้นอย่างชัดเจน จากนั้นเติมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่า 1 นาที เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่า 1 นาที แล้วนำไปเหวี่ยงให้แยกชั้นด้วยเครื่อง Gerber centrifuge โดยใช้ความเร็วรอบ 600 rpm เป็นเวลา 20 นาที ถ่ายสารละลายส่วนบนออกใส่ภาชนะรองรับ จากนั้นทำการสกัดครั้งที่ 2 และ 3 โดยในแต่ละครั้งเติมอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่า 1 นาที และเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร ปิดจุก เขย่า 1 นาที เหวี่ยงแยกชั้นที่ สภาวะดังกล่าว แล้วถ่ายสารละลายส่วนบนลงในภาชนะเดิม นำสารละลายทั้งหมดที่ได้ไประเหยเอาตัวทำละลายและน้ำที่ปนอยู่ออกให้หมดโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) แล้วนำน้ำมันที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ค่า Peroxide value (PV) และ Acid value (AV) ต่อไป

อุปกรณ์

1. ขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บิวเรต ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลตร

สารเคมี

1. สารละลายผสมกรดอะซิติกกับคลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 3:2
2. สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซี่ยมไอโอไดด์ (KI)
3. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล
4. น้ำแป้ง (soluble starch) เข้มข้นร้อยละ 1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใส่ขวดขนาด 250 มิลลิลิตร

Table appendix 1 Sample weight to determination Peroxide Value

Anticipate PV (mg)	Sample weight (g)
0–12	5.0–2.0
12–20	2.0–1.2
20–30	1.2–0.8
30–50	0.8–0.5
50–90	0.5–0.3

2. เติมสารละลายอะซิติก-คลอโรฟอร์ม 25 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายอิ่มตัวโพแทสเซี่ยมไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร ปิดจุกพร้อมเขย่านาน 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร
5. ไตเตรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต พร้อมเขย่าอย่างแรงจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไป
6. เตรียมและไตเตรต blank เช่นเดียวกับตัวอย่าง
7. คำนวณค่าเปอร์ออกไซด์จากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์ (มิลลิกรัมสมมูลย์ ต่อกิโลกรัมน้ำมัน)} = \frac{(a-b) \times N \times 100}{W}$$

b = ปริมาตร (มล.) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับ blank

a = ปริมาตร (มล.) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของโซเยมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

8. ค่าความเป็นกรด-ด่างโดย พีเอชมิเตอร์

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter ยี่ห้อ Toledo รุ่น SevenGo SG2FK2 (ประเทศสวิทเซอร์แลนด์)
2. แท่งแก้ว
3. บีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร น้ำหนักประมาณ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย magnetic stirrer

2. วัดความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าวง (pH meter) ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.0 และ 7.0

9. ปริมาณกรดทั้งหมด (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1995)

อุปกรณ์

1. เครื่องปั่นผสม
2. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
3. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
2. อีเทอร์
3. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethanol) เข้มข้นร้อยละ 95
4. ฟีนอล์ฟทาลีน

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักน้ำมันประมาณ 5 กรัม โดยบันทึกน้ำหนักแน่นอน ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมสารผสมระหว่างเอทิลแอลกอฮอล์และอีเทอร์ (ในอัตราส่วน 1:1) เติมฟีนอล์ฟทาลีน 0.3 มิลลิลิตร ต่อสารผสม 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนสารละลายเป็นสีชมพูอ่อนคงตัวอยู่ไม่ต่ำกว่า 30 วินาที (ใช้ประมาณ 50-100 มิลลิลิตร)

3. เขย่าสารละลายให้เข้ากัน แล้วเติมอินดิเคเตอร์ฟีนอล์ฟทาลีน 4-5 หยด

4. ไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนคงตัวอยู่ไม่ต่ำกว่า 10 วินาที

การคำนวณ

$$\text{ค่า AV} = \frac{\text{ปริมาตร NaOH (ml) X ความเข้มข้นของ NaOH (N) X 56.1}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

10. การเทียบมาตรฐานสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. น้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์แล้ว (deionize water)
3. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ($K_2H_2P_4$)
4. ฟีนอล์ฟทาลีน

วิธีการ

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน NaOH เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จากการละลาย NaOH 4.0 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์แล้ว ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร
2. เทียบมาตรฐานโดยใช้โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตประมาณ 0.2-0.35 กรัม (ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง ในขวดรูปชมพู่) แล้วเติมน้ำกลั่นที่ต้มไล่คาร์บอนไดออกไซด์แล้ว 70 มิลลิลิตร
4. นำสารละลายที่ได้มาไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนคงตัวไม่ต่ำกว่า 10 วินาที
5. จดปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปในการไตเตรต

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)} = \frac{\text{น้ำหนักของ } K_2H_2P_4 \text{ (กรัม) X 1000}}{\text{ปริมาตรของ NaOH (มิลลิลิตร) X 204.22}}$$

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. ความคงตัวของอิมัลชัน (ดัดแปลงจาก จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2547)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ไม้บรรทัด

วิธีการ

1. เทตัวอย่างน้ำแกงกะทิลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่ขีดระดับความจุ 200 มิลลิลิตร
2. วางน้ำแกงกะทิตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30°C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. วัดความสูงของชั้นที่เป็นเครื่องแกงและน้ำเมื่อสิ้นสุด 24 ชั่วโมง เพื่อคำนวณค่าการแยกชั้น

การคำนวณ

$$\% \text{ ความคงตัวของน้ำแกง} = \frac{(\text{ความสูงของน้ำแกงทั้งหมด} - \text{ความสูงของชั้นเครื่องแกง}) \times 100}{\text{ความสูงของน้ำแกงกะทิทั้งหมด}}$$

2. สี

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าสียี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex ประเทศสหรัฐอเมริกา

วิธีการ

1. เปิดเครื่องและตั้งค่าสีมาตรฐาน โดยใช้แผ่นสีมาตรฐานที่มีค่าสี L* = 92.82 a* = -1.24 และ b* = 0.50
2. เทตัวอย่างน้ำแกงกะทิลงในถ้วยสำหรับใส่ตัวอย่างของเครื่องวัดค่าสี
3. วางตัวอย่างลงบนแท่นวัดขนาด 1.25 นิ้ว ของเครื่องวัดค่าสี
4. อ่านค่าสีโดยใช้ระบบ CIE-Lab โดยค่าที่ได้จะเป็นค่า L* a* และ b*

3. ความหนืด (viscosity) (ดัดแปลงจาก Venkatchalam *et al*., 1993)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความหนืด (Viscometer) ยี่ห้อ Brookfield รุ่น DVII+ (ประเทศอเมริกา)
2. บีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. เลือกเข็มเบอร์ 1 ในการวัดความหนืดของสารละลายสารทดแทนไขมัน และใช้เข็มเบอร์ 6 สำหรับการวัดความหนืดของตัวอย่างน้ำแกงกะทิ
2. ใส่ตัวอย่างลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ปริมาณ 400 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อวัดความหนืดของตัวอย่างในอุณหภูมิห้อง
3. วัดความหนืดของตัวอย่างที่อัตราการหมุนของหัวเข็ม 100 รอบต่อนาที และวัดอุณหภูมิของตัวอย่าง
4. ค่าความหนืดที่อ่านจากหน้าปัดเครื่อง รายงานเป็น cP หรือเปอร์เซ็นต์ทอร์ (เลือกรายงานเป็น cP)

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

1. การตรวจหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ดัดแปลงจาก Gilliland *et al*., 1976)

อุปกรณ์

1. จานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ
2. ปิเปต ขนาด 1 มิลลิลิตร และ 10 มิลลิลิตร
3. หลอดทดลอง
4. บีกเกอร์ ที่ปลอดเชื้อ
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร
5. forcept ที่ปลอดเชื้อ
6. อุปกรณ์เปิดกระป๋อง ที่ปลอดเชื้อ
7. สำลี
8. ฟอยล์
9. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)
10. ตู้บ่มเชื้อ
11. หม้อนึ่งความดัน

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ ชนิด Plate count agar (PCA)
2. Buffer peptone water เข้มข้นร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ฆ่าเชื้ออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และอาหารเลี้ยงเชื้อ
2. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ที่ฆ่าเชื้อแล้วลงบนจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว และทิ้งไว้ให้แข็งจนผิวหน้าแห้ง โดยรักษาสภาพอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ให้เป็นของเหลวด้วยการวางขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) ไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 45-50°C
3. ชั่งตัวอย่างอาหาร 25 กรัม แล้วเทลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุ buffer peptone water เข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ปริมาตร 225 มิลลิลิตร

4. เจือจางสารละลายที่ได้ในข้อที่ 2 ให้มีระดับความเจือจางของตัวอย่างอาหารให้อยู่ระหว่าง 10^{1}-10^{3} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร โดยใช้ buffer peptone water เข้มข้นร้อยละ 0.1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

5. ปิเปตตัวอย่างอาหารที่ระดับความเจือจางต่างๆ ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ใส่บนจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว และผ่านการเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar (PCA) และทิ้งไว้ให้แข็งจนผิวหน้าแห้ง

6. เกลี่ยตัวอย่างอาหารบนอาการเลี้ยงเชื้อด้วยเทคนิค spread plate

7. นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

8. ตรวจนับจำนวนโคโลนีของเชื้อจุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 25-250 โคโลนี

9. รายงานผลเป็นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในรูป Log CFU ต่อน้ำแกงกะทิ 1 มิลลิลิตร (Log CFU/mL) ในกรณีที่พบโคโลนีบนจานเพาะเชื้อในช่วง 25-250 โคโลนี

ข. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสและแบบสำรวจการยอมรับ

ข1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA)

ผลิตภัณฑ์: น้ำแกงกะทิ

ชื่อ..... วันที่..... เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาตอบคำถามด้านล่างโดยขีดเครื่องหมายถูกหน้าคำตอบที่ท่านเลือก แล้วเทน้ำแกงลงบนข้าวก่อนทดสอบตัวอย่าง แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นระดับความเข้มของแต่ละคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ตรงกับความรู้สึกของท่าน พร้อมระบุรหัสตัวอย่างเหนือเส้น แล้วขีดเส้นตั้งฉากกับเส้นระดับความเข้มเพื่อแสดงระดับความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสนั้นๆที่ท่านเห็นว่าน้ำแกงกะทิควรมี แล้ววางแผ่นขนมปังบนลิ้นก่อนดื่มน้ำทุกครั้งแล้วทดสอบตัวอย่างถัดไป

1.	ท่านสามารถทานอาหารรสเผ็ดได้หรือไม่	☐ ทานได้	☐ ทานไม่ได้
2.	ท่านชอบทานอาหารรสเผ็ดหรือไม่	☐ ชอบ	☐ ไม่ชอบ

รหัสตัวอย่าง ....

1. รสเผ็ด

น้อย ——|——|——|——|——|——|——|——|——|——|——|—— มาก

2. ความข้น

น้อย ——|——|——|——|——|——|——|——|——|——|——|—— มาก

3. ความมัน

น้อย ——|——|——|——|——|——|——|——|——|——|——|—— มาก

ข้อเสนอแนะ.....

.....

..... ขอบคุณค่ะ

ข2. แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ 9 point hedonic scale

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่..... เวลา.....

คำชี้แจง ทดสอบผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิโดยตักน้ำแกงเทลงบนข้าวแล้วชิม และให้คะแนนโดยเขียนตัวเลขที่ตรงตามความรู้สึกของในแต่ละปัจจัย พร้อมระบุรหัสของแต่ละตัวอย่างที่ท่านตัดสินลงในช่องใส่รหัส

1. ท่านสามารถทานอาหารรสเผ็ดได้หรือไม่ ☐ ทานได้ ☐ ทานไม่ได้
2. ท่านชอบทานอาหารรสเผ็ดหรือไม่ ☐ ชอบ ☐ ไม่ชอบ

โดยระดับคะแนนบนสเกล แทน

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = บอกไม่ได้ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบ			
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
สี				
กลิ่น				
ความข้น				
ความมัน				
รสเผ็ด				
ความข้นมัน				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

ขอบคุณค่ะ

ข3. แบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋องของผู้บริโภค

ขั้นตอนและวิธีการปรุงผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง

กรุณาปรุงผลิตภัณฑ์ตามวิธีที่แนะนำ แล้วทดสอบชิมโดยการรับประทานพร้อมข้าวสุก ตามปกติ แล้วตอบแบบสอบถามที่แนบมาพร้อมผลิตภัณฑ์ภายหลังการบริโภคทันที

ขอให้ท่านทำแบบทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิบรรจุกระป๋องภายในเวลา 1 สัปดาห์ โดยจะมีเจ้าหน้าที่มารับแบบสอบถามคืน

วิธีการปรุง

อุ่นน้ำแกงให้ร้อนแล้วผสมผักและเนื้อตามอัตราส่วนที่ท่านต้องการ ปรุงรสตามต้องการ แล้วให้ความร้อนจนกระทั่งผักและเนื้อสุก

อัตราส่วนโดยประมาณ น้ำแกงกะทิ 1 กระป๋อง (400 มิลลิลิตร) เนื้อ 300 กรัม

ผู้ทดสอบ..... หมายเลขผลิตภัณฑ์.....

ส่วนที่ 1 การทดสอบผลิตภัณฑ์โดยการมอง ดมกลิ่นและรับประทานผลิตภัณฑ์ด้วยข้าวเปล่า แล้วตอบคำถามดังต่อไปนี้ที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด โดยทำเครื่องหมาย √ ในช่อง ☐

1. พิจารณา "**โดยรวม**" ท่านชอบผลิตภัณฑ์ในระดับใด

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

ข้อคิดเห็น : กรุณาระบุรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งที่ท่านชอบ หรือไม่ชอบในผลิตภัณฑ์

สิ่งที่ท่านไม่ชอบฝนผลิตภัณฑ์: .....

.....

.....

สิ่งที่ท่านชอบในผลิตภัณฑ์: .....

.....

.....

กรุณาทดสอบผลิตภัณฑ์นี้อีกครั้ง แล้วตอบคำถามที่ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อปัจจัยต่างๆ ในผลิตภัณฑ์ โดยทำเครื่องหมาย √ ในช่อง☐

2. ท่านชอบ **"ลักษณะที่ปรากฏ"** ของผลิตภัณฑ์ในระดับใด

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

3. ท่านชอบ **"สี"** ของผลิตภัณฑ์ในระดับใด

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

4. ท่านชอบ **“กลิ่น”** ของผลิตภัณฑ์ในระดับใด

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

5. ท่านชอบ **“รสชาติ”** ของผลิตภัณฑ์ในระดับใด

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

6. ท่านชอบ **“ความข้นมัน”** ของผลิตภัณฑ์ในระดับใด

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

7. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่/ ผลิตภัณฑ์นี้เป็นที่ยอมรับของท่านหรือไม่

☐ ยอมรับ ☐ ไม่ยอมรับ

8. หากมีผลิตภัณฑ์น้ำแกงกะทิไขมันต่ำบรรจุกระป๋อง ที่สามารถลดไขมันรวมลงได้จำหน่ายในท้องตลาด ท่านคาดว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์นี้หรือไม่

☐ ซื้อ ☐ ไม่ซื้อ ☐ ไม่แน่ใจ

9. ท่านคิดว่าราคาจำหน่ายของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม ควรเป็นเท่าไร

☐ 30 บาท ☐ 35 บาท ☐ 40 บาท ☐ 45 บาท ☐ 50 บาท

ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาทำเครื่องหมาย √ ใน ☐ หน้าคำตอบที่เห็นว่าเหมาะสม

ชื่อ.....

ที่อยู่.....

.....

เบอร์โทรศัพท์.....

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ ไม่เกิน 15 ปี ☐ 15–20 ปี

☐ 21–25 ปี ☐ 26–30 ปี

☐ 31–35 ปี ☐ 36–40 ปี

☐ 41–45 ปี ☐ 46–50 ปี

☐ 51–55 ปี ☐ สูงกว่านั้น

3. ระดับการศึกษา

☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา หรือเทียบเท่า

☐ อนุปริญญา หรือเทียบเท่า ☐ ปริญญาตรี

☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/ นิสิต/ นักศึกษา ☐ รับราชการ

☐ บริษัทเอกชน ☐ รัฐวิสาหกิจ

☐ ธุรกิจส่วนตัว ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้โดยเฉลี่ยต่อเดือน

☐ ต่ำกว่า 3,000 บาท ☐ 3,001– 5,000 บาท

☐ 5,001– 7,000 บาท ☐ 7,001– 9,000 บาท

☐ 9,001–11,000 บาท ☐ 11,001–13,000 บาท

☐ 13,001–15,000 บาท ☐ 15,001–17,000 บาท

☐ 17,001–19,000 บาท ☐ 19,001–21,000 บาท

☐ 21,001–23,000 บาท ☐ 23,001–25,000 บาท

☐ สูงกว่า 25,000 บาท

ข4. ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไป

Table appendix 2 Demographic information of consumers participated in consumer acceptance test

Factor	Consumer (%)
Gender	
Male	38.20
Female	61.80
Age (year)	
15 - 20	10.00
20 - 25	12.03
26 - 30	18.11
31 - 35	13.13
36 - 40	9.09
41 - 45	10.45
46 - 50	7.21
51 - 55	11.82
> 55	8.16
Education	
Primary school	7.27
Secondary school	6.36
Diploma	18.18
Bachelors degree	41.82
Graduated school	26.37
Occupation	
Student	29.1
Government officer	14.5
Privet worker	25.5
State enterprise	3.6
Business	14.5
Other	12.8

Table appendix 2 (Cont.)

Factor	Consumer (%)
Income	
< 5,000	9.13
5,001 - 8,000	13.64
8,001 -11,000	41.82
11,001-14,000	19.01
14,001-17,000	7.27
17,001-21,000	2.73
21,001-24,000	3.68
> 24,000	2.72

Table appendix 3 Consumer behavior

Question	Curry			
	Full fat light taste	Reduced fat light taste	Full fat Intense taste	Reduced fat Intense taste
1. Do you accept this product?				
- Yes	92.7	92.7	98.2	96.4
- No	7.3	7.3	1.8	3.6
2. Would you buy reduced fat coconut milk based curry in market?75.5				
- Yes	68.2	68.2	83.6	75.5
- No	10.9	10.9	1.81	10.0
- Not sure	20.9	20.9	14.5	14.5
3. How much optimum price 30.0for this product (per can)				
- 30 Baht	30.0	30	18.2	25.5
- 35 Baht	42.7	42.7	43.6	43.6
- 40 Baht	21.8	21.8	28.2	24.5
- 45 Baht	3.6	3.6	9.1	6.4
- 50 Baht	1.8	1.8	0.9	0.0

ค. ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุดิบที่ใช้

ส่วนประกอบของเครื่องแกง

เครื่องแกงแดง มีส่วนประกอบดังนี้

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
- พริกแดง	38
- ตะไคร้	27
- พริกไทย	10
- ขมิ้น	10
- กระเทียม	8
- หอมแดง	6
- เกลือ	1
- กะปิ	เพิ่มลงในเครื่องแกง ร้อยละ 10

องค์ประกอยทางเคมีของน้ำกะทิยูเอชที ตรากะทิชาวเกาะ

	ร้อยละ
- ความชื้น	68.7
- โปรตีน	4.0
- ไขมัน	22.0
- คาร์โบไฮเดรต	5.0
- เถ้า	0.3
- เส้นใย	-

สารทดแทนไขมันที่ใช้

Maltodextrin (DE = 17) คือคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยจากแป้งข้าวโพดด้วยวิธีทั่วไป โดยนำแป้งผ่านกระบวนการทำให้สุกแล้วเติมกรดและ/หรือเอนไซม์ (กระบวนการคล้ายกับกระบวนการในการย่อยคาร์โบไฮเดรต) เพื่อใช้ในการตัดสายโมเลกุลของแป้งให้มีขนาดเล็กลง สายดังกล่าวนี้ประกอบด้วยโมเลกุลของ dextrose ซึ่งจับกันหลวมๆด้วยพันธะ hydrogen

คุณสมบัติทางเคมี

ความชื้น (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 6.0
คุณสมบัติการละลาย	ละลายในน้ำได้ดี (ต่ำสุดร้อยละ 98)
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	4.0–6.5

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

Total plate count	สูงสุด 1500 CFU/g

ข้อบ่งชี้การใช้

ควรเก็บไว้ในสภาพที่มีความชื้นต่ำในถุงที่ปิดมิดชิด

สามารถใช้เป็นสารช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ช่วยป้องกันการจับตัวกันเป็นเม็ด และการละลาย สามารถให้ความหวานได้เล็กน้อย

ช่วยปรับปรุงการจับกันของโครงสร้าง และช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

สามารถใช้เป็นสารให้ความคงตัวในระบบอิมัลชัน

FA-1304 คือแป้งมันสำปะหลังดัดแปลงพิเศษ เพื่อใช้แทนน้ำกะทิในอาหาร มีลักษณะทั่วไปที่เห็นเป็นผงละเอียดสีขาว

คุณสมบัติทางเคมี

ความชื้น (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 14.0
คุณสมบัติการละลาย	ละลายในน้ำได้ดี
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	4.5–7.0
ความหนืดที่วัดด้วยระบบ Brabender	400 BU. นาที

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

Total plate count	สูงสุด 3000 CFU/gm
Yeast & Mold	สูงสุด 100 CFU/gm
Coliform	เป็นลบ
Salmonella	ไม่พบ

ข้อบ่งชี้การใช้

ควรเก็บไว้ในสภาพที่มีความชื้นต่ำในถุงที่ปิดมิดชิด

เป็นสารทดแทนไขมันที่ช่วยปรับปรุงความรู้สึกภายในปาก (mouthfeel) และช่วยเพิ่มความหนืดให้แก่ผลิตภัณฑ์

ไม่ให้รสชาติใดๆ และไม่มีผลต่อกลิ่นรสและกลิ่นผิดปกติ

จำหน่ายโดย บริษัทสยาม โมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด มหาชน

MR-300 คือ แป้งมันสำประหลังที่เตรียมจากมันสำปะหลังที่ไม่มีการดัดแปลงพันธุกรรมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร MR-300 ผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นสารให้ความคงตัวในระบบอิมัลชัน, สารเพิ่มความเข้มข้นของของเหลว และมีความคงทนต่อการสเตอร์ริไลซ์สูง โดยมีความทนทานต่อสภาวะในการสเตอริไลซ์, การตัดเฉือนและสภาวะแช่แข็ง

คุณสมบัติทางเคมี

ความชื้น (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 14.0
เถ้า (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 0.5
คุณสมบัติการละลาย	ละลายในน้ำได้ดี
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	4.0–7.0
ความหนืดที่วัดด้วยระบบ Brabender	100-350 BU. นาที (วัดที่ 95°C)

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

Total plate count	สูงสุด 10,000 CFU/gm
Yeast & Mold	สูงสุด 100 CFU/gm
E. coli	เป็นลบ

ข้อบ่งชี้การใช้

ควรเก็บไว้ในสภาพที่มีความชื้นต่ำในถุงที่ปิดมิดชิด ที่อุณหภูมิห้อง

มีอายุการใช้งาน 24 เดือน นับตั้งแต่วันผลิตที่ระบุไว้

ช่วยป้องกันการแยกตัวของน้ำ ช่วยคงความหนืดชองผลิตภัณฑ์

ช่วยเพิ่มความนุ่มในผลิตภัณฑ์เค้ก

จำหน่ายโดย บริษัทเอเชีย โมดิฟายด์สตาร์ช จำกัด มหาชน

โปรตีนหางกะทิ คือ สารละลายโปรตีนที่ได้จากการตกตะกอนโปรตีนจากหางกะทิด้วยสารละลาย HCl เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

คุณสมบัติทางเคมี

ความชื้น (%)	ร้อยละ 58.67
คุณสมบัติการละลาย	ละลายในน้ำอุ่น (อุณหภูมิ 50-60°C) ได้ดี
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	เริ่มต้น 3.30-4.00

ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างจากการทดลองในงานวิจัยของ ดร.มณี วิทยานนท์ อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Sodium casinate คือสาร Sodium casinate ในรูปผง ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มีลักษณะเป็นผงสีขาวครีม

คุณสมบัติทางเคมี

ความชื้น (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 6.0
เถ้า (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 6.0
คุณสมบัติการละลาย	ละลายได้ในน้ำร้อน
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	4.5–7.0 (สารละลายร้อยละ 1)
ความหนืด	2,000-3,000 mPa.s (สารละลายร้อยละ 15 ที่อุณหภูมิ 20°C)

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

Total plate count	สูงสุด 30,000 CFU/gm
Pathogenic bacterial	สูงสุด 100 CFU/gm
Coliform	เป็นลบ ที่ 0.1 กรัม

ข้อบ่งชี้การใช้

ควรเก็บไว้ในที่แห้ง ห่างจากสิ่งรบกวนกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ ที่อุณหภูมิ 5-25°C

อายุการใช้งาน 12 เดือน หลังจากนำออกจากบรรจุภัณฑ์เริ่มต้น และเก็บไว้ในสภาวะที่กล่าวไว้ข้างต้น

จำหน่ายโดย บริษัทวิกกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด

Soy protein isolate คือโปรตีนที่แยกจากถั่วเหลืองที่มีคุณภาพสูงในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างหลากหลาย มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเหลืองอ่อน

คุณสมบัติทางเคมี

ความชื้น (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 7.0
เถ้า (ร้อยละ)	สูงสุดร้อยละ 6.0
คุณสมบัติการละลาย	ละลายได้ในน้ำร้อน
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในสารละลายร้อยละ 1	7.0$\pm$0.5

การตรวจสอบทางจุลินทรีย์

Standard plate count	สูงสุด 20,000 CFU/gm
Yeast & Mold	สูงสุด 50 CFU/gm
Coliform	เป็นลบ ที่ 0.1 กรัม
Clostridium	เป็นลบ
Salmonella	เป็นลบ ที่ 25 กรัม

ข้อบ่งชี้การใช้

ควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 23.89°F ในที่แห้ง

อายุการใช้งาน 12 เดือน

จำหน่ายโดย บริษัทวิกกี้ เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด

ง. การวิเคราะห์ทางสถิติ

1. การเปรียบเทียบระดับการใช้สารทดแทนไขมันของสารทดแทนไขมันแต่ละชนิด

Table appendix 4 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with Maltodentrin

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
MAL-50	80.57±10.60^{a}	74.79±3.44^{ab}	53.42±1.49^{a}	13.91±2.28^{b}	58.67±1.35^{a}
MAL-60	58.47± 2.16^{b}	73.79±1.93^{b}	50.94±1.82^{a}	14.49±1.15^{b}	58.16±1.28^{a}
MAL-70	61.73±11.12^{b}	83.73±4.05^{a}	45.22±1.98^{b}	16.49±1.12^{ab}	57.04±1.54^{a}
MAL-80	56.97± 5.51^{b}	75.40±7.24^{ab}	38.77±2.27^{c}	17.62±0.88^{b}	53.93±0.44^{b}
MAL-90	58.43± 5.40^{b}	72.63±6.17^{b}	33.17±1.34^{d}	18.34±1.05^{b}	48.82±2.59^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a-d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 5 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with FA-1304

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
FA-50	88.00±6.73^{b}	90.76±7.88^{a}	60.28±3.58^{a}	14.43±2.35^{a}	59.20±2.13^{a}
FA-60	82.97±2.46^{b}	95.03±7.14^{a}	59.19±5.14^{a}	12.99±0.62^{a}	58.37±2.35^{a}
FA-70	105.00±4.50^{a}	98.30±2.19^{a}	57.94±7.06^{a}	13.81±0.89^{a}	58.40±2.42^{a}
FA-80	111.57±2.33^{a}	95.39±5.23^{a}	52.38±3.75^{ab}	13.90±2.19^{a}	57.89±3.90^{a}
FA-90	106.57±3.57^{a}	88.10±8.82^{a}	47.89±3.29^{b}	15.70±2.06^{a}	56.62±3.88^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a-b}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 6 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with MR-300

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
MR-50	138.63±24.87^{a}	97.48±3.29^{a}	59.78±0.44^{a}	13.67±1.95^{b}	58.26±0.64^{a}
MR-60	151.67± 0.85^{a}	95.83±6.48^{a}	57.46±1.17^{b}	12.24±1.65^{b}	57.64±1.33^{a}
MR-70	175.60±23.58^{a}	95.32±7.64^{a}	55.49±0.71^{b}	12.55±1.03^{b}	57.68±2.03^{a}
MR-80	155.67± 6.78^{a}	67.75±4.81^{b}	52.29±1.39^{c}	14.26±0.76^{ab}	57.42±1.25^{a}
MR-90	163.37± 6.43^{a}	79.21±9.15^{b}	45.08±1.42^{d}	16.67±1.03^{b}	55.00±2.98^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 7 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with Coconut Protein

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
CP-50	70.13±4.25^{b}	56.25±4.91^{a}	54.04±0.57^{d}	14.60±0.17^{a}	55.60±0.39^{b}
CP-60	72.60±5.86^{ab}	54.54±4.16^{ab}	54.71±0.60^{d}	13.48±0.25^{b}	55.77±0.26^{b}
CP-70	75.43±1.46^{ab}	49.66±0.79^{b}	56.44±0.35^{c}	13.00±0.37^{bc}	55.73±0.33^{b}
CP-80	77.43±1.27^{a}	50.15±0.59^{b}	57.83±0.22^{b}	12.48±0.37^{cd}	56.14±0.26^{ab}
CP-90	77.50±1.41^{a}	36.67±1.32^{c}	59.76±0.32^{a}	12.37±0.27^{d}	56.44±0.19^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 8 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with Soy Protein Isolate

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
SOY-50	70.63±4.30^{a}	91.73±0.36^{a}	61.31±0.33^{a}	8.84±0.56^{d}	56.00±0.80^{ab}
SOY-60	67.83±2.41^{a}	99.87±0.23^{b}	60.00±0.06^{b}	9.36±0.35^{cd}	55.96±0.37^{ab}
SOY-70	69.47±2.04^{a}	83.76±1.33^{c}	58.76±0.29^{c}	9.84±0.07^{c}	56.28±0.12^{a}
SOY-80	56.97±3.76^{b}	64.96±5.08^{d}	55.39±0.14^{d}	11.32±0.28^{b}	56.14±1.15^{a}
SOY-90	60.23±2.50^{b}	58.26±1.76^{e}	50.80±0.43^{e}	12.91±0.44^{a}	54.84±0.16^{b}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a-e}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 9 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with Sodium Caseinate

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
SC-50	60.97±5.44^{a}	51.33±2.06^{a}	60.84±1.00^{a}	12.00±0.16^{d}	59.87±0.89^{a}
SC-60	56.73±1.92^{ab}	40.44±5.98^{b}	57.27±0.41^{b}	13.18±0.32^{c}	59.44±0.85^{a}
SC-70	55.27±3.04^{ab}	41.91±0.69^{b}	54.53±0.29^{c}	14.55±0.05^{b}	59.91±0.58^{a}
SC-80	54.07±3.00^{b}	26.95±1.53^{c}	49.85±0.43^{d}	14.58±0.21^{b}	57.44±0.55^{b}
SC-90	53.67±1.53^{b}	21.37±2.41^{c}	44.91±0.17^{e}	15.93±0.11^{a}	55.60±1.21^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a-e}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 10 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with mix of FA:SOY at 1:2

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
1:2-50	63.67±7.27^{a}	86.00±1.13^{bc}	65.22±0.93^{a}	6.11±0.24^{d}	59.11±1.10^{ab}
1:2-60	57.80±2.03^{ab}	95.08±8.53^{ab}	63.27±1.51^{a}	7.40±0.87^{cd}	59.32±0.65^{ab}
1:2-70	65.60±12.18^{a}	99.17±1.04^{a}	62.62±1.58^{ab}	8.42±0.74^{bc}	61.11±0.68^{a}
1:2-80	51.40±6.16^{ab}	89.48±9.14^{abc}	58.38±4.62^{b}	10.36±2.03^{b}	60.30±0.35^{ab}
1:2-90	47.67±6.60^{b}	82.62±5.23^{c}	49.19±0.47^{c}	14.34±0.63^{a}	58.84±1.13^{b}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 11 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with mix of FA:SOY at 1:1

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
1:1-50	72.90± 5.53^{c}	91.18±8.12^{ab}	64.34±0.53^{a}	7.39±0.45^{c}	61.18±0.80^{a}
1:1-60	83.60± 9.04^{c}	95.09±8.51^{a}	64.69±2.43^{a}	7.04±1.70^{c}	60.25±1.12^{a}
1:1-70	81.93±11.40^{c}	99.47±0.76^{a}	64.33±0.15^{a}	7.20±0.30^{c}	59.88±1.17^{a}
1:1-80	135.43±27.03^{b}	90.40±3.77^{ab}	61.21±0.61^{b}	9.68±0.25^{b}	61.90±0.97^{a}
1:1-90	188.27± 1.17^{a}	80.42±3.41^{b}	49.35±1.01^{c}	14.97±0.41^{a}	62.09±0.40^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–c}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 12 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (8% curry paste) substituted with mix of FA:SOY at 2:1

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
2:1-50	69.97± 6.73^{a}	98.65±1.73^{a}	64.27±0.98^{a}	7.02±0.34^{c}	61.01±1.84^{a}
2:1-60	69.27±13.96^{a}	96.70±3.20^{ab}	63.05±2.43^{ab}	7.72±1.31^{bc}	60.84±1.42^{a}
2:1-70	71.47± 17.27^{a}	99.11±1.37^{a}	63.70±0.91^{ab}	7.28±0.24^{c}	59.75±1.64^{a}
2:1-80	86.40±18.17^{a}	92.82±2.27^{b}	61.20±0.48^{b}	8.94±0.26^{b}	61.04±0.86^{a}
2:1-90	93.40±22.64^{a}	86.96±2.92^{c}	56.86±1.47^{c}	11.49±0.86^{a}	61.05±0.25^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–c}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 13 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with Maltodextrin

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
MAL-50	92.30±15.32^{a}	77.82±12.21^{b}	50.12±2.30^{a}	15.23±0.58^{c}	60.07±1.24^{a}
MAL-60	86.07± 8.20^{a}	80.69± 5.03^{ab}	42.60±0.60^{b}	16.38±0.68^{bc}	54.56±1.48^{b}
MAL-70	80.73± 6.88^{a}	79.61±12.72^{b}	38.47±0.26^{bc}	17.51±0.45^{ab}	52.52±1.75^{b}
MAL-80	77.03± 7.50^{a}	99.27±0.65^{a}	33.92±1.16^{c}	18.46±0.87^{a}	49.32±0.86^{c}
MAL-90	75.37± 6.95^{a}	90.38±12.76^{ab}	34.30±5.74^{c}	18.49±0.99^{a}	45.35±0.76^{d}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 14 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with FA-1304

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
FA-50	140.43±16.38^{b}	94.44± 9.62^{a}	55.75±1.69^{a}	13.28±2.17^{b}	62.09±1.56^{a}
FA-60	142.07±13.47^{b}	99.35± 1.13^{a}	51.73±0.53^{b}	15.04±1.85^{b}	60.83±0.96^{ab}
FA-70	158.67±11.17^{b}	95.20± 8.31^{a}	47.58±3.60^{c}	16.46±2.66^{ab}	59.14±1.15^{b}
FA-80	286.27±12.14^{a}	97.73± 3.93^{a}	41.80±2.57^{d}	18.88±0.15^{a}	54.74±0.07^{c}
FA-90	296.77±10.31^{a}	99.81± 0.22^{a}	40.83±1.01^{d}	19.71±0.16^{a}	54.19±0.31^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 15 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with MR-300

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
MR-50	154.43±11.72^{c}	99.36± 1.10^{a}	56.22±3.28^{a}	14.17±0.19^{a}	53.49±2.12^{a}
MR-60	197.67± 4.90^{b}	99.48± 0.89^{a}	52.77±1.79^{ab}	14.81±0.64^{a}	52.32±2.57^{a}
MR-70	191.77±10.57^{b}	99.56± 0.76^{a}	50.81±0.98^{bc}	16.21±0.19^{a}	54.84±0.24^{a}
MR-80	211.83±15.89^{ab}	93.39± 5.73^{b}	46.86±0.76^{cd}	17.36±0.38^{a}	53.62±1.12^{a}
MR-90	228.43±18.16^{a}	92.97± 2.67^{b}	42.56±4.12^{d}	17.90±0.56^{a}	54.91±1.27^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 16 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with Coconut Protein

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
CP-50	103.40±1.80^{a}	90.28±0.30^{a}	59.58±0.24^{a}	12.58±0.22^{d}	58.65±0.80^{a}
CP-60	106.27±1.50^{a}	85.39±2.30^{b}	57.93±0.17^{b}	12.91±0.31^{cd}	58.13±0.29^{a}
CP-70	104.20±1.20^{a}	72.79±1.81^{c}	56.48±0.08^{c}	13.45±0.37^{ab}	56.98±0.18^{b}
CP-80	94.40±2.11^{b}	60.37±2.45^{d}	56.33±0.40^{c}	13.87±0.24^{b}	55.62±0.22^{c}
CP-90	95.47±1.90^{b}	50.23±1.48^{e}	55.46±0.38^{d}	15.07±0.32^{a}	54.84±0.24^{d}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a-e}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 17 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with Soy Protein Isolate

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
SOY-50	109.70±5.56^{c}	99.40±0.79^{a}	55.94±0.08^{a}	12.48±0.24^{d}	56.14±0.11^{a}
SOY-60	103.48±3.08^{d}	99.45±0.57^{a}	54.91±0.16^{b}	12.65±0.21^{d}	55.73±0.18^{bc}
SOY-70	119.53±4.74^{a}	98.21±1.60^{a}	53.04±0.19^{c}	13.48±0.18^{c}	55.86±0.12^{b}
SOY-80	110.87±5.28^{b}	94.82±2.76^{a}	51.04±0.08^{d}	14.60±0.06^{b}	55.60±0.04^{c}
SOY-90	120.47±4.70^{a}	84.97±4.46^{b}	47.53±0.05^{e}	15.12±0.24^{a}	54.06±0.08^{d}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a-e}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 18 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with Sodium Casinate

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
SC-50	74.67±4.01^{b}	99.75±0.22^{a}	53.01±0.23^{a}	14.70±0.03^{e}	57.35±0.07^{a}
SC-60	75.60±3.74^{a}	94.61±4.73^{a}	51.00±0.03^{ab}	15.63±0.20^{d}	57.38±0.13^{a}
SC-70	71.60±4.80^{c}	84.91±1.85^{a}	47.81±0.19^{ab}	17.45±0.25^{c}	57.19±0.23^{a}
SC-80	64.93±2.01^{e}	69.77±0.24^{a}	44.58±0.24^{b}	18.48±0.17^{a}	56.48±0.08^{b}
SC-90	65.93±2.91^{d}	63.29±2.38^{b}	45.93±0.17^{ab}	17.99±0.07^{b}	56.59±0.13^{b}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–e}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 19 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with mix of FA:SOY at 1:2

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
1:2–50	116.33±10.07^{a}	99.32±0.70^{a}	58.48±0.79^{a}	11.49±0.80^{d}	63.02±0.86^{a}
1:2-60	120.60±13.31^{a}	99.42±0.61^{a}	58.37±0.82^{a}	12.56±0.16^{c}	62.19±0.51^{a}
1:2-70	82.20±5.50^{b}	93.96±2.50^{a}	54.55±0.70^{b}	14.70±0.46^{b}	60.52±0.53^{b}
1:2-80	94.53±12.73^{b}	86.17±6.87^{b}	53.59±0.83^{b}	14.13±0.18^{b}	62.08±0.27^{a}
1:2-90	91.00±15.65^{b}	81.93±5.70^{b}	47.83±0.85^{c}	16.91±0.72^{a}	61.02±0.55^{b}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 20 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with mix of FA:SOY at 1:1

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
1:1-50	109.20±16.69^{c}	99.46±0.64^{a}	56.94±0.21^{a}	11.86±0.71^{d}	62.74±1.22^{a}
1:1-60	118.37±11.01^{c}	98.75±1.11^{a}	55.05±0.81^{b}	13.03±0.95^{cd}	62.49±0.58^{a}
1:1-70	122.58± 9.24^{c}	97.16±2.47^{a}	54.19±0.88^{b}	13.62±0.41^{c}	62.49±0.77^{a}
1:1-80	181.80±18.76^{b}	92.80±2.67^{b}	51.97±1.39^{c}	15.37±1.06^{b}	62.90±0.57^{a}
1:1-90	217.63±17.59^{a}	91.60±3.66^{b}	46.08±0.62^{d}	17.75±0.13^{a}	60.75±0.57^{b}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–d}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 21 Physical properties of reduced fat coconut milk based curry (12% curry paste) substituted with mix of FA:SOY at 2:1

Sample	Viscosity	Stability	Color		
	(cP)	(%)	L*	a*	b*
2:1-50	155.57±10.66^{b}	99.31±0.77^{a}	59.73±1.36^{a}	12.90±0.34^{b}	62.47±0.38^{a}
2:1-60	164.93±17.11^{b}	99.03±1.03^{a}	58.63±1.01^{a}	12.67±0.60^{b}	62.24±0.31^{ab}
2:1-70	114.33±14.49^{c}	96.38±0.68^{ab}	53.76±0.49^{c}	12.60±0.58^{b}	60.53±1.31^{c}
2:1-80	207.73±19.79^{a}	94.34±4.68^{b}	51.38±0.31^{c}	14.40±0.14^{a}	61.03±0.14^{bc}
2:1-90	235.47±16.01^{a}	95.40±1.39^{ab}	52.12±1.09^{bc}	13.94±0.42^{a}	60.63±0.67^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD from replication determination

- $^{a–c}$ Mean with the same superscripts in column is not significant difference ($p \geq 0.05$)

Table appendix 22 Difference in malonaldehyde (MDA) (mg/kg) content of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	1.7927±0.74^{a}	0.9272±0.30^{a}	1.8528±0.95^{a}	1.0837±0.29^{a}
1	1.7517±0.20^{a}	0.8974±0.05^{a}	1.8745±0.56^{a}	1.0742±0.12^{a}
2	1.7816±0.44^{a}	0.9463±0.31^{a}	1.8627±0.30^{a}	1.2153±0.16^{a}
3	1.8057±0.13^{a}	1.0471±0.36^{a}	1.8531±0.12^{a}	1.4096±0.24^{a}
4	1.8009±0.47^{a}	1.2060±0.02^{a}	1.8783±0.57^{a}	1.4658±0.31^{a}
5	1.7807±0.28^{a}	1.0462±0.06^{a}	1.8830±0.24^{a}	1.3961±0.20^{a}
6	1.8368±0.34^{a}	1.2162±0.16^{a}	1.8833±0.48^{a}	1.2509±0.31^{a}
45°C (weeks)				
0	1.7927±0.76^{c}	0.9272±0.32^{c}	1.8528±0.95^{c}	1.0837±0.29^{d}
2	2.7300±0.02^{ab}	1.3140±0.16^{bc}	2.9370±0.19^{b}	1.4100±0.12^{cd}
4	2.5634±0.09^{b}	1.3321±0.05^{bc}	2.8210±0.21^{b}	1.5620±0.51^{bcd}
6	2.3688±0.09^{bc}	1.5071±0.03^{b}	2.7490±0.16^{b}	1.8270±0.19^{bc}
8	2.5401±0.36^{b}	1.6100±0.35^{b}	2.3360±0.54^{bc}	1.9170±0.26^{bc}
10	2.8790±0.09^{ab}	1.5580±0.04^{b}	2.6030±0.14^{bc}	2.1680±0.09^{b}
12	3.3301±0.56^{a}	2.0561±0.29^{a}	3.7640±0.04^{a}	2.8570±0.54^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=3)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 23 Difference in acid value (mg/g) content of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	0.220±0.012^{a}	0.163±0.020^{a}	0.203±0.011^{ab}	0.161±0.021^{a}
1	0.211±0.012^{a}	0.163±0.019^{a}	0.196±0.020^{b}	0.163±0.020^{a}
2	0.205±0.029^{a}	0.163±0.005^{a}	0.190±0.008^{b}	0.158±0.014^{a}
3	0.212±0.005^{a}	0.167±0.015^{a}	0.189±0.010^{b}	0.152±0.002^{a}
4	0.215±0.004^{a}	0.169±0.006^{a}	0.202±0.006^{ab}	0.158±0.004^{a}
5	0.215±0.023^{a}	0.170±0.022^{a}	0.202±0.008^{ab}	0.162±0.007^{a}
6	0.214±0.016^{a}	0.170±0.015^{a}	0.215±0.012^{a}	0.169±0.014^{a}
45°C (weeks)				
0	0.221±0.012^{a}	0.163±0.020^{b}	0.213±0.011^{a}	0.161±0.021^{a}
2	0.242±0.013^{b}	0.177±0.020^{ab}	0.224±0.011^{a}	0.166±0.021^{a}
4	0.247±0.012^{ab}	0.177±0.007^{ab}	0.218±0.001^{a}	0.159±0.014^{a}
6	0.256±0.012^{ab}	0.179±0.007^{ab}	0.235±0.085^{a}	0.168±0.010^{a}
8	0.243±0.003^{b}	0.180±0.005^{ab}	0.236±0.005^{a}	0.170±0.009^{a}
10	0.265±0.016^{a}	0.185±0.008^{ab}	0.242±0.012^{a}	0.175±0.020^{a}
12	0.267±0.003^{a}	0.188±0.009^{a}	0.242±0.001^{a}	0.166±0.073^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=3)

- $^{a-b}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 24 Difference in viscosity (cP) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	41.9±10.3 [a]	68.6±14.8 [a]	190.0±40.4 [a]	180.0±23.1 [a]
1	58.7±47.5 [a]	57.9±2.7 [a]	170.0±51.3 [a]	160.0±45.6 [a]
2	67.5±27.1 [a]	58.5±22.2 [a]	165.0±29.9 [a]	145.0±26.8 [a]
3	63.9±23.1 [a]	68.1±25.3 [a]	168.3±65.6 [a]	140.0±50.9 [a]
4	65.9±28.8 [a]	73.6±13.9 [a]	169.0±15.3 [a]	138.2±39.9 [a]
5	74.4±20.5 [a]	85.7±43.8 [a]	170.0±72.1 [a]	140.0±20.8 [a]
6	70.2±16.5 [a]	88.1±53.9 [a]	150.0±47.3 [a]	172.0±40.4 [a]
45°C (weeks)				
0	41.9±10.3 [a]	68.6±14.8 [a]	190.0±40.4 [a]	180.0±23.1 [a]
2	42.4±9.9 [a]	73.8±29.2 [a]	160.0±20.0 [a]	140.0±20.8 [a]
4	45.4±25.1 [a]	66.7±7.6 [a]	152.0±47.3 [a]	136.0±38.2 [a]
6	43.5±13.9 [a]	58.6±23.8 [a]	150.0±47.9 [a]	138.0±53.5 [a]
8	53.1±16.8 [a]	67.0±36.2 [a]	142.0±20.8 [a]	160.0±60.1 [a]
10	55.5±28.4 [a]	71.2±20.3 [a]	148.0±20.0 [a]	180.0±62.9 [a]
12	62.2±17.2 [a]	78.5±20.3 [a]	136.0±21.1 [a]	180.0±80.8 [a]

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=3)

- [a] Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 25 Difference in stability (%) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	97.99±4.05^{a}	99.36±0.88^{a}	94.39±1.69^{ab}	99.20±0.55^{a}
1	96.36±2.54^{a}	95.25±1.51^{b}	96.65±2.54^{a}	97.84±1.87^{ab}
2	83.36±5.94^{b}	94.65±3.50^{b}	97.93±4.64^{a}	95.26±0.84^{b}
3	87.38±0.67^{b}	91.59±3.73^{bc}	98.28±5.77^{a}	91.44±1.26^{c}
4	86.56±1.19^{b}	89.32±1.90^{cd}	97.77±2.28^{a}	89.08±1.29^{c}
5	85.25±5.29^{b}	85.91±5.77^{de}	93.71±5.79^{ab}	89.86±5.26^{c}
6	84.04±1.85^{b}	84.50±0.99^{e}	91.06±1.59^{b}	94.73±1.18^{b}
45°C (weeks)				
0	97.99±4.05^{a}	99.43±0.96^{a}	94.39±1.69^{a}	99.20±0.55^{a}
2	86.21±5.52^{b}	89.78±3.15^{b}	98.46±1.49^{a}	97.93±2.06^{a}
4	82.53±1.13^{bc}	83.15±4.39^{de}	96.54±4.31^{a}	92.82±2.57^{c}
6	80.37±4.12^{cd}	82.01±2.28^{e}	97.96±4.57^{a}	92.75±0.83^{c}
8	80.54±1.28^{cd}	86.03±1.48^{cd}	97.52±5.55^{a}	95.37±0.96^{b}
10	78.08±1.37^{d}	85.30±0.69^{cd}	96.57±1.53^{a}	90.75±1.17^{cd}
12	77.47±0.84^{d}	88.54±1.39^{bc}	97.20±6.26^{a}	88.76±1.57^{d}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-e}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 26 Difference in lightness (L*) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	59.87±0.87^{c}	57.85±0.22^{e}	52.68±0.94^{e}	46.42±2.87^{e}
1	61.13±0.18^{b}	58.46±0.05^{d}	55.79±0.30^{d}	49.88±0.34^{d}
2	63.46±0.23^{a}	58.83±0.14^{bc}	58.01±0.19^{c}	51.55±0.11^{c}
3	63.61±0.49^{a}	59.86±0.61^{a}	61.83±0.20^{a}	54.50±0.15^{a}
4	63.47±0.10^{a}	57.50±0.14^{f}	59.82±0.09^{b}	52.90±0.21^{bc}
5	63.40±0.33^{a}	59.07±0.17^{b}	59.93±0.06^{b}	53.86±0.27^{ab}
6	63.82±0.43^{a}	58.66±0.10^{cd}	57.94±0.16^{c}	52.82±0.17^{bc}
45°C (weeks)				
0	59.79±0.97^{d}	57.77±0.22^{d}	52.22±1.10^{e}	46.51±2.95^{d}
2	63.29±0.14^{c}	59.32±0.04^{c}	56.23±0.15^{d}	53.18±0.07^{c}
4	64.88±0.39^{b}	59.94±0.09^{b}	61.16±0.18^{ab}	54.79±0.20^{b}
6	65.75±0.22^{a}	60.51±0.07^{a}	61.76±0.13^{a}	54.89±0.15^{b}
8	64.84±0.13^{b}	59.27±0.14^{c}	61.02±0.19^{b}	54.91±0.20
10	65.02±0.97^{ab}	59.13±0.04^{c}	60.12±0.32^{c}	54.63±0.20^{bc}
12	65.42±0.61^{ab}	60.68±0.43^{a}	61.65±0.36^{ab}	56.47±0.57^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-e}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 27 Difference in redness (a*) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	7.10±0.25^{a}	8.30±0.14^{ef}	10.65±0.53^{a}	12.04±0.33^{d}
1	6.62±0.15^{b}	8.22±0.13^{f}	9.55±0.14^{b}	12.44±0.36^{c}
2	6.45±0.14^{b}	8.64±0.14^{d}	9.17±0.18^{c}	12.81±0.07^{b}
3	7.29±0.35^{a}	9.58±0.31^{a}	8.93±0.19^{c}	13.56±0.27^{a}
4	7.28±0.13^{a}	9.01±0.14^{c}	9.24±0.10^{bc}	12.72±0.14^{bc}
5	6.50±0.24^{b}	9.33±0.07^{b}	8.45±0.12^{d}	11.74±0.16^{d}
6	5.87±0.12^{c}	8.51±0.11^{de}	9.01±0.14^{c}	11.96±0.14^{d}
45°C (weeks)				
0	7.23±0.33^{a}	8.25±0.14^{d}	10.88±0.44^{a}	11.85±0.40^{d}
2	6.34±0.12^{c}	8.82±0.04^{c}	10.49±0.12^{b}	12.32±0.17^{c}
4	6.54±0.22^{bc}	9.54±0.21^{b}	9.84±0.08^{c}	13.27±0.01^{b}
6	6.66±0.23^{b}	9.63±0.19^{b}	9.32±0.18^{d}	13.63±0.21^{a}
8	6.57±0.10^{bc}	9.73±0.16^{b}	9.18±0.18^{de}	13.28±0.18^{b}
10	7.40±0.25^{a}	9.77±0.12^{b}	8.81±0.16^{f}	12.97±0.08^{b}
12	6.82±0.19^{b}	10.52±0.44^{a}	8.96±0.14^{ef}	12.44±0.36^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-f}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 28 Difference in yellowness (b*) of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	48.07±0.35^{c}	45.23±0.16^{c}	50.22±0.38^{e}	45.17±1.59^{e}
1	47.61±0.35^{d}	49.53±0.56^{a}	51.48±0.61^{d}	46.70±1.20^{d}
2	48.98±0.11^{b}	45.54±0.17^{c}	52.35±0.20^{c}	49.71±0.22^{bc}
3	50.56±0.27^{a}	46.05±0.70^{b}	54.82±0.29^{a}	50.79±0.21^{a}
4	46.79±0.11^{e}	44.74±0.14^{d}	53.73±0.07^{b}	50.51±0.34^{ab}
5	48.90±0.29^{b}	46.39±0.15^{b}	51.54±0.10^{d}	48.93±0.35^{c}
6	48.30±0.37^{c}	45.42±0.12^{c}	51.42±0.16^{d}	48.91±0.15^{c}
45°C (weeks)				
0	48.07±0.34^{d}	45.15±0.22^{f}	50.14±0.48^{e}	45.01±1.43^{d}
2	48.80±0.13^{c}	46.08±0.10^{e}	52.62±0.28^{d}	48.87±0.28^{d}
4	49.88±0.34^{b}	47.34±0.24^{d}	54.36±0.23^{b}	52.46±0.18^{a}
6	50.39±0.31^{b}	47.70±0.15^{c}	53.86±0.25^{c}	52.26±0.06^{a}
8	49.26±0.16^{c}	48.76±0.19^{b}	54.26±0.27^{bc}	51.03±0.24^{b}
10	49.08±0.73^{c}	49.43±0.07^{a}	54.56±0.31^{b}	50.52±0.18^{b}
12	51.48±0.61^{a}	49.10±0.55^{ab}	55.79±0.30^{a}	52.11±0.73^{a}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=5)

- $^{a-f}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 29 Difference in color of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C by sensory evaluation

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	7.1±0.94^{a}	7.3±0.60^{a}	7.1±0.94^{b}	7.3±0.60^{a}
1	7.1±0.88^{a}	7.0±0.72^{ab}	7.4±0.96^{c}	7.1±0.84^{a}
2	7.1±0.71^{a}	6.9±0.70^{b}	7.4±0.56^{ab}	7.3±0.65^{a}
3	6.9±0.52^{a}	6.7±0.52^{b}	7.3±0.63^{ab}	6.9±0.71^{a}
4	7.1±1.20^{a}	6.9±1.21^{ab}	7.6±0.90^{ab}	6.2±1.22^{b}
5	7.1±1.12^{a}	7.2±1.19^{a}	7.7±0.75^{a}	6.0±1.50^{c}
6	7.0±1.37^{a}	7.1±0.90^{b}	7.5±1.01^{ab}	6.1±1.39^{c}
45°C (weeks)				
0	7.1±0.94^{ab}	7.3±0.60^{a}	7.1±0.94^{abc}	7.3±0.60^{a}
2	6.8±1.12^{b}	7.2±0.77^{ab}	7.1±0.94^{abc}	6.8±1.55^{c}
4	7.0±0.77^{a}	6.9±0.73^{bc}	6.9±1.11^{bcd}	6.8±1.25^{a}
6	6.9±1.03^{b}	6.7±0.84^{c}	6.7±0.95^{cd}	6.5±0.82^{c}
8	6.9±0.68^{b}	6.6±0.67^{c}	6.5±1.01^{d}	6.2±1.16^{c}
10	6.7±1.05^{b}	7.0±0.92^{a}	7.5±0.82^{a}	6.1±1.44^{bc}
12	6.9±0.90^{b}	6.7±0.53^{c}	7.3±1.18^{ab}	6.1±1.36^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=30)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 30 Difference in flavor of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C by sensory evaluation

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	6.5±1.33^{c}	7.2±0.82^{a}	6.5±1.33^{b}	7.2±0.82^{a}
1	6.6±1.25^{bc}	7.1±0.61^{a}	6.7±0.79^{ab}	7.1±0.61^{a}
2	6.6±0.75^{abc}	6.9±0.68^{a}	7.1±0.71^{a}	7.3±0.69^{a}
3	6.7±0.70^{bc}	6.7±0.64^{a}	7.1±0.58^{a}	7.1±0.57^{a}
4	7.1±0.78^{a}	6.8±1.28^{a}	7.1±0.92^{a}	6.9±1.16^{a}
5	7.1±0.99^{ab}	6.7±1.28^{a}	7.1±0.96^{a}	6.2±1.36^{b}
6	7.3±0.94^{a}	6.8±1.02^{a}	7.2±1.20^{a}	6.1±1.42^{b}
45°C (weeks)				
0	7.1±1.33^{bc}	7.2±0.82^{ab}	6.5±1.33^{bcd}	7.2±0.82^{a}
2	7.0±1.10^{a}	6.9±0.86^{bc}	7.2±1.27^{a}	5.9±1.34^{c}
4	6.3±0.84^{c}	7.0±0.72^{a}	6.9±0.84^{abc}	6.3±0.95^{a}
6	6.3±0.79^{c}	6.6±0.63^{c}	6.2±0.77^{d}	6.2±0.63^{b}
8	6.2±0.75^{c}	6.5±0.68^{c}	6.0±1.16^{cd}	6.1±1.40^{c}
10	6.1±1.32^{ab}	6.6±1.40^{c}	6.2±1.05^{ab}	6.0±1.58^{bc}
12	6.0±0.67^{c}	6.6±0.61^{c}	6.1±1.85^{bcd}	5.8±1.88^{c}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=30)

- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 31 Difference in oiliness of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C by sensory evaluation

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	6.7±1.15^{a}	7.1±1.05^{a}	6.7±1.15^{a}	7.1±1.05^{a}
1	6.6±1.25^{a}	7.2±0.86^{a}	6.7±0.83^{a}	7.2±0.72^{a}
2	6.5±0.55^{a}	6.9±0.66^{ab}	6.8±0.59^{a}	7.2±0.57^{a}
3	6.4±0.68^{a}	6.9±0.76^{b}	7.2±0.91^{a}	7.2±0.66^{a}
4	6.6±0.94^{a}	6.9±0.76^{ab}	7.1±0.86^{a}	7.1±0.83^{a}
5	6.8±1.19^{a}	6.5±1.57^{b}	6.9±0.91^{a}	6.2±1.92^{b}
6	7.1±1.18^{a}	6.8±0.90^{ab}	7.1±1.32^{a}	6.0±1.54^{b}
45°C (weeks)				
0	7.1±1.15^{a}	7.1±1.05^{ab}	6.7±1.15^{ab}	7.1±1.05^{a}
2	6.8±0.90^{a}	7.0±1.05^{b}	7.0±1.08^{a}	6.2±1.16^{b}
4	7.0±0.89^{a}	7.4±0.82^{a}	6.6±1.38^{ab}	6.6±1.45^{ab}
6	6.8±1.06^{a}	6.8±0.96^{b}	6.7±0.96^{ab}	6.7±0.88^{ab}
8	6.8±0.92^{a}	6.9±0.64^{ab}	6.3±1.26^{b}	6.2±1.14^{b}
10	6.5±1.55^{a}	6.8±1.24^{b}	6.7±0.96^{a}	6.5±1.22^{ab}
12	6.6±0.72^{a}	6.7±0.61^{b}	6.6±1.13^{ab}	6.5±1.20^{ab}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=30)

- $^{a-b}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 32 Difference in spicy of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C by sensory evaluation

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	6.7±1.23^{abc}	6.8±1.19^{a}	6.7±1.23^{bc}	6.8±1.19^{a}
1	6.4±1.52^{bc}	6.4±0.73^{ab}	7.0±0.81^{ab}	6.8±0.70^{a}
2	6.4±0.82^{bc}	6.1±0.73^{b}	7.0±0.69^{ab}	6.9±0.64^{a}
3	6.5±0.68^{bc}	6.1±0.76^{b}	7.1±0.67^{a}	6.9±0.82^{a}
4	7.0±1.30^{ab}	6.6±0.79^{a}	7.0±1.07^{ab}	6.9±1.01^{a}
5	6.8±1.30^{c}	6.2±1.04^{b}	6.3±1.57^{c}	6.3±1.47^{c}
6	7.2±0.81^{a}	6.4±1.16^{ab}	6.2±1.16^{ab}	6.5±1.54^{b}
45°C (weeks)				
0	7.1±1.23^{a}	6.8±1.19^{a}	6.7±1.23^{a}	6.8±1.19^{a}
2	6.8±1.38^{a}	6.7±1.10^{a}	6.9±1.20^{a}	6.1±1.78^{bc}
4	6.9±0.92^{a}	6.7±0.92^{a}	6.5±1.59^{a}	6.2±1.56^{b}
6	6.7±0.61^{ab}	6.3±0.84^{a}	6.6±0.73^{a}	6.2±0.89^{b}
8	6.6±0.96^{ab}	6.4±0.86^{a}	5.9±1.09^{b}	6.3±0.94^{b}
10	6.0±1.38^{b}	6.3±1.78^{a}	6.1±1.91^{a}	5.8±2.05^{c}
12	6.1±0.92^{ab}	6.4±0.85^{a}	6.0±1.20^{a}	5.9±1.29^{bc}

Remark: - Data are presented as mean ± SD (n=30)

- $^{a-c}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

Table appendix 33 Difference in overall of sterilized coconut milk-based curry during storage at room temperature and 45°C sensory evaluation

Storage time	Canned coconut milk-based curry			
	L-Full-fat	L-Reduced fat	I-Full fat	I-reduced fat
Room temperature (months)				
0	6.9±0.86^{bc}	7.2±0.70^{a}	6.9±0.86^{ab}	7.2±0.70^{a}
1	6.7±0.84^{bc}	7.0±0.53^{ab}	6.8±0.71^{b}	7.1±0.55^{a}
2	6.7±0.61^{bc}	6.6±0.52^{bc}	7.3±0.52^{a}	7.2±0.48^{a}
3	6.6±0.50^{c}	6.5±0.50^{c}	7.3±0.55^{a}	7.0±0.55^{a}
4	7.5±0.86^{a}	6.8±1.01^{abc}	7.2±0.73^{ab}	6.8±1.01^{a}
5	7.3±1.28^{bc}	6.5±1.68^{bc}	7.1±0.97^{ab}	6.1±1.87^{b}
6	7.2±1.06^{ab}	6.8±0.94^{abc}	7.3±1.21^{a}	6.1±1.47^{b}
45°C (weeks)				
0	7.1±0.86^{abc}	7.2±0.70^{a}	6.0±0.86^{b}	7.2±0.70^{a}
2	7.0±1.19^{ab}	6.9±0.78^{ab}	7.6±0.82^{a}	6.5±1.42^{d}
4	6.8±0.73^{a}	7.3±0.69^{a}	6.7±1.11^{b}	6.0±1.49^{ab}
6	6.7±0.74^{c}	6.6±0.67^{b}	6.6±0.67^{b}	6.1±0.63^{bc}
8	6.5±0.51^{c}	6.6±0.50^{b}	6.4±0.68^{b}	6.2±0.72^{cd}
10	6.0±1.33^{c}	7.1±1.26^{a}	7.5±1.11^{a}	6.0±1.09^{bc}
12	5.9±0.51^{c}	6.7±0.55^{b}	6.9±1.36^{b}	5.9±1.29^{cd}

Remark:
- Data are presented as mean ± SD (n=30)
- $^{a-d}$ Means with the same superscripts in column are not significant difference ($p \geq 0.05$)
- L= Light taste (8% curry paste), substituted with SOY for 60%
- I = Intense taste (12% curry paste), substituted with FA:SOY = 1:2 for 60%

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวพธิญดา แก้วสวี

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4882028

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

- ทุนการพัฒนาสาขาอุตสาหกรรมเกษตรสู่ความเป็นเลิศ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Kaewsawee, P., Wattanachant, S., Siriwongpaisan, P. and Assawakatemani, W. 2007. Use of carbohydrate and protein based fat replacers in reduced fat coconut milk based curry. In Abstract of 10th ASEAN FOOD CONFERENCE 2007: Food for The Premier Food Science and Technology. Kuala Lumpur, Malaysia. 21-23 August 2007.

Kaewsawee, P., Wattanachant, S., Siriwongpaisan, P. and Assawakatemani, W. 2009. Use of carbohydrate and protein based fat replacers in reduced fat coconut milk based curry. In Proceeding of Pure and Applied Chemistry International Conference 2009: Industrial Chemistry and Innovation. Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. 14-16 January 2009.