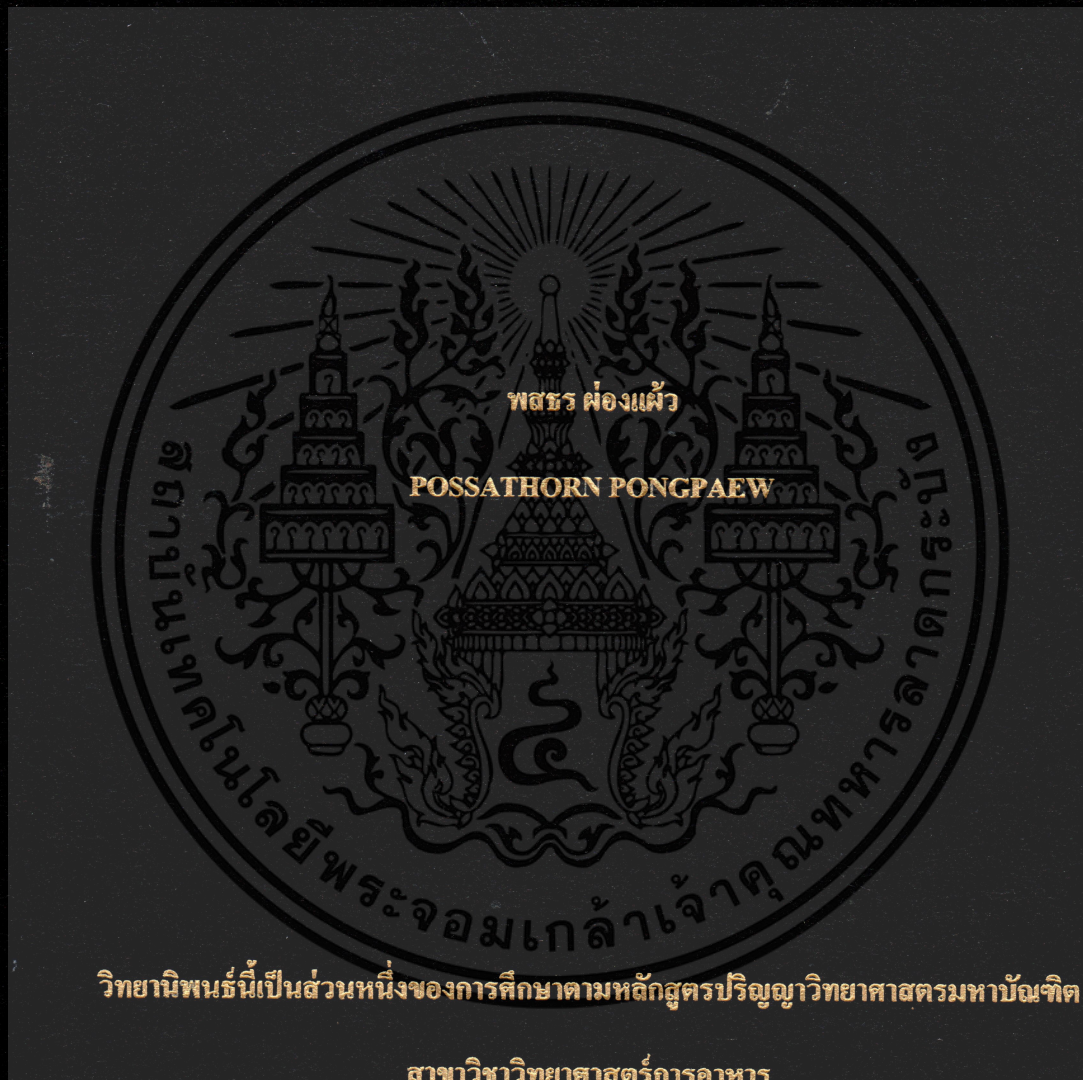


การผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและ
การประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉีดไขมันวัว

PRODUCTION OF LOW SATURATED FATTY ACID TALLOW AND ITS
APPLICATION TO PRODUCE INJECTED MARBLING BEEF



คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-325

การผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและ
การประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉีดไขมันวัว

PRODUCTION OF LOW SATURATED FATTY ACID TALLOW AND ITS
APPLICATION TO PRODUCE INJECTED MARBLING BEEF



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**PRODUCTION OF LOW SATURATED FATTY ACID TALLOW AND ITS
APPLICATION TO PRODUCE INJECTED MARBLING BEEF**

POSSATHORN PONGPAEW

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE**

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-AI-M-053-325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉีดไขมันวัว

PRODUCTION OF LOW SATURATED FATTY ACID TALLOW AND ITS APPLICATION TO PRODUCE INJECTED MARBLING BEEF

ชื่อนักศึกษา

นายพศธร ผ่องแผ้ว

รหัสประจำตัว

60608030

ปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์	
ผศ.ดร. ประมวล ศรีกาหลง	
ดร. ปาจารย์ อิงคะสุภัทร	
ผศ.ดร. วรณวิมล คล้ายประดิษฐ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 8 มกราคม 2562 เวลา 09.30 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น วันที่ 11 เดือน 20 พ.ศ. 2562
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉืดไขมันวัว
ชื่อนักศึกษา	นายพศธร ผ่องแผ้ว
รหัสประจำตัว	60608030
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัว การศึกษากระบวนการผลิตไขมันวัวชนิดที่มีความอิ่มตัวต่ำ และการประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉืดไขมันวัว โดยจากการตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัวที่ได้จากโคขุนที่มีสายพันธุ์ชาโรเลย์ร็อยละ 50 ที่ผ่านการเลี้ยงในระบบที่ 2 มีองค์ประกอบหลักของไขมันวัว ได้แก่ กรดโอเลอิก กรดปาล์มิติก และกรดสเตียริก เท่ากับร้อยละ 34.37-36.83, ร้อยละ 27.47-29.23 และร้อยละ 10.69-13.55 ตามลำดับ มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) และชนิดไม่อิ่มตัว (USFA) เท่ากับร้อยละ 45.89-49.62 และร้อยละ 44.00-48.52 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าองค์ประกอบของกรดไขมันที่ใกล้เคียงกันกับไขมันวัวที่ผ่านการเลี้ยงด้วยระบบที่ 1 เมื่อนำไขมันวัวมาผ่านกระบวนการแยกส่วน โดยใช้ความเร็วรอบ 10, 20 หรือ 30 รอบต่อนาที และอุณหภูมิใจกลางของน้ำมันที่ 20, 25 หรือ 30 องศาเซลเซียส พบว่าไขมันวัวถูกแยกได้เป็นส่วนของโอเลอีน (ของเหลว) และสเตียริน (ของแข็ง) โดยสภาวะที่ใช้ในการผลิตไขมันแยกส่วน ที่ความเร็ว 20 รอบต่อนาที และอุณหภูมิใจกลางของน้ำมัน 25 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ไขมันส่วนโอเลอีน ที่มีกรดโอเลอิก กรดปาล์มิติก และ กรดสเตียริก เท่ากับร้อยละ 39.37, 24.63 และ 7.84 ตามลำดับ โดยเป็นกรดไขมันอิ่มตัว และไม่ิ่มตัว เท่ากับร้อยละ 39.77 และ 52.29 ตามลำดับ สำหรับการผลิตไขมันตัดแปรจากไขมันแยกส่วนที่ผลิตได้นั้น พบว่า ไขมันตัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 จะมีความคงตัวที่สูง มีสีขาว และเมื่อนำไปฉีดในเนื้อโคขุนที่มีระดับการแทรกของไขมันที่น้อย ที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรผสมเลซิทินร้อยละ 2 มีค่าแรงเหนียวที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตรควบคุม ($p > 0.05$) อีกทั้งผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้าน สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรส ของเนื้อสเต็กที่ผ่านการฉีดไขมันตัดแปรที่ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขิทินร็อยละ 2 สูงกว่าสูตรที่มีการนิตไวมันค้ดแปรที่ผสมสารคววมร็อยละ 3.2 (สูตรคววม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเก็บรักษาเนื้อที่นิตไวมันว้ค้ดแปรที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส นาน 4 อาทิตย์ พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อว้ที่นิตไวมันค้ดแปรผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และมีค่า TBARs อยู่ในระดับที่ไม่แสดงถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

คำสำคัญ การแยกส่วน ไวมันว้ ไวมันว้ค้ดแปร อิมัลซิไฟเออร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Production of low saturated fatty acid tallow and its application to produce injected marbling beef
Student	Mr. Possathorn Pongpaew
Student ID.	60608030
Degree	Master of science
Program	Food science
Year	2019
Thesis advisor	Asst.Prof.Dr. Soraya Kerdpiboon

Abstract

The objectives of this research were to determine the quality of beef tallow, to study low saturated fatty acid (low SFA) tallow production and to apply low SFA tallow in an injected marbling beef production. It was found that the quality of tallow achieved from 50% Charolais breed cattle by feeding in feeding system 2 consisted mainly of oleic acid, palmitic acid and stearic acid of 34.37-36.83, 27.47-29.23 and 10.69-13.55%, respectively. Moreover, it consisted ratios of saturated fatty acid (SFA) and unsaturated fatty acid of 45.89-49.62:44.00-48.52, respectively. The fatty acid compositions were related to 50% Charolais breed cattle by feeding in feeding system 1. The tallow was fractioned by varying speed of 10, 20 or 30 rpm and core temperature oil of 25, 30 or 35°C. The tallow was separated in to olein (liquid) and stearin (solid). The fractionation condition of 20 rpm and 25°C displayed fractionated olein to have oleic acid, palmitic acid and stearic acid of 39.37, 24.63 and 7.84%, and ratios of SFA to USFA of 39.77:52.29, respectively. The fractionated olein was applied to produce modified tallow and it was found that using of 2% lecithin as an emulsifier induced the modified tallow to have high creaming index value and white color. In addition, cattle, which had less marbling, injected by 20% weight of modified tallow displayed shear force with not significantly different from control ($p>0.05$). Besides, panelists had liking score in color, tenderness, juiciness and flavor in steak injected with lecithin higher than control with significantly different ($p\leq 0.05$). After storage injected marbling beef at -15°C for 4 weeks, it was found that shear force of the beef injected with 2% lecithin modified tallow and 3.2% control

modified tallow was not significant different ($p>0.05$) with TBARs value lower than that of deterioration level.

Keywords: Fractionation, tallow, modifier tallow, emulsifier



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ IV ข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อไขมันวัว เล่มนี้จัดทำขึ้นจากการศึกษาค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเป็นข้อมูลของวิทยานิพนธ์ วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการดูแล ให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประมวล ศรีกาหลง และ ดร.ปาจริย์ อิงคะสุภัทร กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ รวมถึงการวิจารณ์ผลการทดลองสำหรับวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่สายสนับสนุน คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ฝึกสอน ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ ที่ไม่อาจกล่าว นามได้ทั้งหมด

ขอขอบคุณ คุณสิทธิพร บุรณันท์ คุณคณีย์ แซ่มซ้อย และทีมงานทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือลงมือทำวิจัยในภาคปฏิบัติ ณ สถานประกอบการ

ขอขอบคุณ คุณจักรภัทร เอ่งล่อง ที่ได้ช่วยเหลือ เอื้อเฟื้อ ทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ ตลอดจนให้คำปรึกษาในหลายๆ ด้าน นอกจากนั้นผู้วิจัย ขอขอบคุณ คุณเบญญาภา รัตนโรจน์ ตระกูล คุณศรายุทธ นิลกำแหง และคุณสุวิษญ์ วงศ์ศรีศิริ ที่ได้สละเวลา แรงกาย แรงใจและช่วยเหลือ ในการทำวิจัย ณ สถานประกอบการ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ วัตถุประสงค์ รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องมือในการทำการวิจัย จากสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ จำกัด จ. นครปฐม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

พสธร ผ่องแผ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไขมันสัตว์และการนำมาใช้ประโยชน์.....	4
2.2 ไขมันวัว.....	7
2.3 การเจียว.....	12
2.4 กระบวนการแยกส่วน.....	13
2.5 อิมัลซิไฟเออร์.....	18
2.5.1 อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร.....	18
2.5.2 การเสียดความคงตัวของอิมัลชันแบบต่างๆ.....	21
2.6 เนื้อวัวตัดแต่ง.....	22
2.7 การฉีดไขมันและน้ำมันในเนื้อสัตว์.....	24
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	28
3.1 วัตถุประสงค์.....	28
3.2 สารเคมี.....	29
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	29
3.4 วิธีการทดลอง.....	30
3.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัว.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ VI างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.2 การศึกษากระบวนการผลิตไขมันวัวแยกส่วน.....	32
3.4.3 การศึกษาผลของการใช้มีลชีฟเฟอร์ในการเตรียมไขมันตัดแปร.....	34
3.4.4 การผลิตเนือฉืดไขมันวัวตัดแปร.....	41
3.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	43
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	44
4.1 การตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัว.....	44
4.2 การศึกษากระบวนการผลิตไขมันวัวแยกส่วน.....	49
4.3 การศึกษาผลของการใช้มีลชีฟเฟอร์ในการเตรียมไขมันตัดแปร.....	61
4.4 การตรวจสอบคุณภาพของเนือฉืดไขมันวัวตัดแปร.....	84
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	91
บรรณานุกรม.....	93
ภาคผนวก.....	100
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน.....	101
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์.....	104
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ค่าแอนิซิดิน.....	105
ภาคผนวก ง การตรวจวัดเนือฉืด.....	108
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดที่ฟซ์ปแดนท์.....	110
ภาคผนวก ฉ ลักษณะพื้นผิวเนือฉืดไขมัน.....	112
ประวัติผู้เขียน.....	118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ VII างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ปริมาณไขมันรวม และกรดไขมันกลุ่มต่างๆ ที่มีในเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ (กรัม/100 กรัมของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์).....5
2.2	กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่และเลขคี่.....7
2.3	ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันวัวเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว.....9
2.4	คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันวัวเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว.....10
2.5	ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร.....18
2.6	ตารางแสดงภาพการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อไขมันตามสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช)24
3.1	ความเร็วรอบในการกวน และอุณหภูมิในการตกผลึกของน้ำมันที่สภาวะต่างๆ.....33
3.2	สัญลักษณ์ ชนิดและปริมาณของส่วนผสม (ร้อยละ) ในการเตรียมไขมันตัดแปร.....35
3.3	สัญลักษณ์ ชนิดและปริมาณของส่วนผสม (ร้อยละ) ในการเตรียมไขมันตัดแปร.....38
4.1.1	องค์ประกอบของกรดไขมันของไขมันวัว.....47
4.1.2	ช่วงอุณหภูมิในการเกิดผลึกและการหลอมเหลวของไขมันวัว.....47
4.2.1	องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันวัวก่อนเข้าสู่กระบวนการแยกตามสภาวะที่กำหนด (ตัวอย่างควบคุม, Control, C)52
4.2.2	องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันวัวแยกส่วน หลังเข้าสู่กระบวนการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนด (S)53
4.2.3	ปริมาณของชนิดกรดไขมัน ของน้ำมันวัวเริ่มต้น (C) น้ำมันแยกส่วน (S) และร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ตามสภาวะที่กำหนด.....54
4.2.4	ร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ตามสภาวะที่กำหนด.....55
4.2.5	ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าแอนิซิดิน และสีของกรดไขมันแยกส่วน.....58
4.2.6	จุดเยือกแข็งและจุดหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน.....60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.3.1	ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมสารควบคุม (ตัวควบคุม) หลังการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....62
4.3.2	ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมเลซิทิน (ร้อยละ 1 และ 3.2) หลังการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....63
4.3.3	ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมซีเอ็มซี (ร้อยละ 0.1 และ 0.5) หลังการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....64
4.3.4	ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมกัวกัม (ร้อยละ 0.1 และ 0.5) หลังการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....65
4.3.5	ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมคาร์ราจีแนน (ร้อยละ 0.1 และ 0.5) หลังการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....66
4.3.6	ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (ร้อยละ 1.0 และ 3.2) หลังการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ.....67
4.3.7	ลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมอิมัลซิไฟเออร์ที่ผสมสารควบคุม (ตัวควบคุม) ที่เวลาต่างๆ.....74
4.3.8	ลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมเลซิทิน (ร้อยละ 1, 2 และ 3) ที่เวลาต่างๆ.....75
4.3.9	ลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (ร้อยละ 1 2 และ 3) ที่เวลาต่างๆ.....76
4.4.1	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส 7 point hedonic scale จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน.....88

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	น้ำมันวัว (tallow).....8
2.2	เซลล์ไขมันสัตว์.....13
2.3	ลักษณะของสเตียริน (ซ้าย) และ โอลีน (ขวา).....14
2.4	การเสียดความคงตัวของอิมัลชันชนิดต่างๆ.....22
2.5	ภาพเนื้อวัวควบคุม (ซ้าย) ภาพเนื้อวัวที่ผ่านการฉีดกรดไขมันลิโนเลอิกแบบผง (กลาง) และแบบน้ำมัน (ขวา).....25
3.1	น้ำมันวัวส่วนใสหลังการกรอง.....31
3.2	ลักษณะของน้ำมันวัวในชุดอุปกรณ์แยกส่วนไขมัน.....32
3.3	การติดตั้งการถ่ายภาพตัวอย่าง.....36
3.4	ลักษณะการฉีดไขมันวัวตัดแปรจากมุมสูง.....39
3.5	การติดตั้งการถ่ายภาพเนื้อฉีดไขมัน.....40
4.1.1	เทอร์โมแกรมการตกผลึกและการแข็งตัวของน้ำมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ต่างกัน.....48
4.1.2	เทอร์โมแกรมการหลอมเหลวของไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ต่างกัน.....48
4.2.1	ไขมันวัวที่เตรียมก่อนการแยกส่วน.....49
4.2.2	ไขมันวัวขณะการแยกส่วน.....49
4.2.3	ผลึกไขมัน (ส่วนสเตียริน) ของไขมันวัวหลังการกรอง.....50
4.2.4	น้ำมัน (ส่วนโอลีน) ของไขมันวัวหลังการกรอง.....50
4.3.1	ค่า Creaming index จากการตั้งทิ้งไว้ (ร้อยละ) ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 และ 180 นาที.....68
4.3.2	ค่าสีของไขมันวัวตัดแปรที่มีส่วนผสมของอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ.....69
4.3.3	ค่า creaming index (ร้อยละ) ของไขมันตัดแปรที่ตรวจสอบได้จากการตั้งทิ้งไว้ที่ 60, 120 และ 180 นาที.....77
4.3.4	ค่า creaming index (ร้อยละ) ของไขมันตัดแปรที่ตรวจสอบได้จากการปั่นเหวี่ยง.....77
4.3.5	ค่าสีของไขมันวัวตัดแปรที่เตรียมจากอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ.....79
4.3.6	ค่าแรงเฉือนของเนื้อฉีดไขมันตัดแปรที่สภาวะต่างๆ.....80
4.3.7	ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากกระบวนการแปรรูป.....81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อ X ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.3.8	ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังจากการละลายของเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....81
4.3.9	ค่าสีของเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....82
4.4.1	ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....84
4.4.2	ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากกระบวนการแปรรูป.....85
4.4.3	ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังจากการละลายของเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....86
4.4.4	ค่าสีของเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....87
4.4.5	การเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....90
4.4.6	การเปลี่ยนแปลงค่าไทโอบาร์บิทริกแอซิดของเนื้อฉีดไขมันคัดแปร.....90



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อXIIางอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื้อวัวถูกจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง อีกทั้งยังเป็นเนื้อที่มีผู้นิยมบริโภคอย่างแพร่หลาย ผลิตภัณฑ์จากเนื้อวัวมีความหลากหลายตามคุณภาพของวัตถุดิบ เนื้อเนื้อที่มีการเลี้ยงเพื่อการบริโภค แบ่งตามระบบการผลิต ได้แก่ โคพื้นเมือง โคน้ำ โคนมขุน โคน้ำ โคนมคุณภาพสูง และโคขุนคุณภาพปานกลาง (กรมปศุสัตว์, 2555) สำหรับเนื้อโคขุนคุณภาพสูงได้มาจากการเลี้ยงโคลูกผสมเลือดโคยุโรป เช่น พันธุ์ชาร์โรเลส์ พันธุ์บราห์มัน โดยมีส่วนของเลือดโคยุโรปสูงกว่าร้อยละ 50 ที่มีการเลี้ยงโดยให้อาหารที่มีคุณภาพในช่วงระยะเวลาหนึ่งด้วยกระบวนการเลี้ยงเนื้อเนื้อให้มีคุณภาพสูง อาศัยปัจจัยต่างๆ เช่น การเลี้ยง อาหาร การดูแล ความใส่ใจของเกษตรกร เป็นต้น เพื่อให้ได้เนื้อเนื้อที่มีคุณภาพตามอายุ (maturity) และระดับการแทรกของไขมัน (degree of marbling) จึงทำให้เนื้อโคขุนในแต่ละระดับมีราคาที่แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยคุณภาพดังกล่าว

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2561) เปิดเผยว่าเนื้อวัวเป็นสินค้าที่ตลาดภายในประเทศมีความต้องการสูง และมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี 2556-2560 การบริโภคเนื้อวัวและผลิตภัณฑ์ของไทยขยายตัวที่ร้อยละ 4.80 ต่อปี ประกอบกับผลผลิตภายในประเทศไม่เพียงพอต่อการบริโภค ทำให้มีการนำเข้าเนื้อวัว และผลิตภัณฑ์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าในประเทศไทยมีการเลี้ยงโคขุนคุณภาพปานกลางและคุณภาพสูง แต่ยังคงมีการนำเข้าเนื้อวัวจากที่ต่างๆ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และญี่ปุ่น เป็นต้น โดยสาเหตุหลักนอกจากปริมาณการผลิตเนื้อโคขุนคุณภาพสูงมีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการบริโภคในประเทศไทยแล้ว การควบคุมคุณภาพของเนื้อโคขุนให้มีระดับการแทรกของไขมันในระดับกลางถึงสูง ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากต้องใช้ต้นทุนในการเลี้ยงเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ มีระดับการแทรกของไขมันในปริมาณมาก สามารถผลิตเป็นเนื้อสเต็กได้ในระดับที่ผู้บริโภคต้องการ

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของโค นอกจากสายพันธุ์แล้ว ระบบการเลี้ยง ซึ่งรวมถึงวัตถุดิบที่ใช้ในการเป็นอาหารให้กับโค ส่งผลต่อคุณภาพของวัตถุดิบ ทั้งในส่วนของเนื้อวัว และสัดส่วนของกรดไขมันที่มีในไขมันวัวเช่นกัน เนื้อวัวถูกชำแหละ ส่วนที่เป็นไขมันวัวที่เหลือจากการ

ซ้ำและและตัดแต่ง เป็นวัตถุดิบสำคัญที่ยังสามารถเพิ่มมูลค่าได้อีกมาก โดยธรรมชาติของไขมันจากสัตว์ โดยเฉพาะหมู และวัว ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณสูง มีคอเลสเตอรอล ให้พลังงานสูง (Decker และ Park, 2010) จึงอาจทำให้มีข้อจำกัดในการบริโภคเนื้อวัว หรือไขมันจากวัว ในปริมาณมาก เพราะกรดไขมันอิ่มตัว มีส่วนทำให้ร่างกายมีปริมาณ low density lipoprotein (LDL) ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และคอเลสเตอรอลในร่างกาย (Whitney และ Rolfes, 2002) แนวทางในการใช้ประโยชน์จากไขมันวัว โดยการแยกส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว และกรดไขมันชนิดที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย เพื่อนำไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในสัดส่วนที่ต่ำมาใช้ประโยชน์ จึงเป็นช่องทางที่น่าสนใจของเกษตรกรในการเพิ่มมูลค่าของไขมันวัวที่เหลือจากการฆ่าและและตัดแต่งดังกล่าว

จากงานวิจัยของ วรณา และคณะ (2554) ที่มีการศึกษาคุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของไขมันวัวที่ผ่านการแยกส่วน และพบว่าการใช้อุณหภูมิ และระยะเวลาในการตกผลึกมีผลต่อลักษณะทางเคมี กายภาพ และการกำจัดกรดไขมันชนิดอิ่มตัวจากไขมันแยกส่วนได้ โดยผลงานวิจัยของวรณา และคณะ (2554) ได้มีการนำไขมันวัวแยกส่วน และนำไขมันวัวในส่วนที่มีความอิ่มตัวมาใช้เพื่อทดแทนไขมันที่มีอยู่ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ขนมอบ โดยผลการทดลองพบว่า ไขมันวัวที่มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวที่สูงสามารถใช้แทนเนยสดในคุกกี้ถั่วลิสง และเค้กเนยที่ใช้เนยสดร้อยละ 100 และทดแทนเนยสดในขนมปังหวานได้ร้อยละ 15 เป็นต้น แต่ยังไม่ได้มีการวิเคราะห์คุณสมบัติของไขมันส่วนที่มีความไม่อิ่มตัว รวมถึงการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ไขมันวัวแยกส่วน ทั้งส่วนที่มีความอิ่มตัว และความไม่อิ่มตัว จึงเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการเพิ่มมูลค่า และใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณการแทรกของไขมันในเนื้อวัว เพื่อผลิตเนื้อสัตว์ไขมันวัวที่มีไขมันในระดับที่ต้องการ อีกทั้งยังเป็นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการผลิตเนื้อสัตว์ไขมันวัวที่มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวต่ำแทรกอยู่ในเนื้อ ส่งผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ โดยสามารถนำเนื้อที่มีระดับการแทรกของไขมันในปริมาณต่ำมาเพิ่มปริมาณการแทรกของไขมัน ทำให้สามารถผลิตวัตถุดิบที่มีคุณภาพป้อนสู่ตลาดเนื้อโคขุนของประเทศไทย อีกทั้งผู้บริโภคได้บริโภคเนื้อสัตว์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่ต่ำลง นอกจากนี้ผลจากแนวคิดในการดำเนินงานวิจัยยังส่งผลดีต่อผู้บริโภคที่ชื่นชอบในการบริโภคเนื้อสัตว์ทั้งในด้านคุณภาพของเนื้อ และรวมถึงคุณค่าทางโภชนาการที่ได้จากเนื้อสัตว์ที่เพิ่มไขมันแทรกดังกล่าว อีกทั้งยังเป็นวิธีบริหารจัดการชิ้นส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามการผลิตไขมันวัวที่มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่ต่ำ (ไขมันแยกส่วน) ในระดับเพื่อการพาณิชย์ ยังต้องมีการศึกษาสมบัติของไขมันวัวที่จะใช้ในการแยก รวมทั้งการศึกษาระบวนการในการแยกกรดไขมันที่เหมาะสม นอกจากนี้ชนิดของสารที่ช่วยเชื่อมประสาน หรือ สารอิมัลซิไฟเออร์ ที่จะผสมลงในไขมันแยกส่วนสำหรับการเตรียมไขมันตัดแปรให้สามารถแทรกอยู่ในเนื้อ ยังเป็นปัจจัยที่ต้องทำการศึกษา เพื่อให้สามารถผลิตเนื้อฉืดไขมันวัวที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และได้รับการยอมรับของผู้บริโภค

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัวที่ได้จากวัวที่มีระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน การศึกษากระบวนการผลิตไขมันวัวที่มีสัดส่วนของไขมันอิ่มตัวในปริมาณที่ต่ำ (ในงานวิจัยนี้ ขอเรียกว่า ไขมันแยกส่วน) การศึกษาชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในการเชื่อมประสานระหว่างไขมันแยกส่วน เพื่อการผลิตไขมันตัดแปร รวมทั้งการนำไขมันตัดแปรมาฉืดในเนื้อ เพื่อการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อวัว ทั้งในด้านกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์จากไขมันวัว และเป็นการเพิ่มมูลค่าของเนื้อโคขุนที่มีการเลี้ยงในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัวที่ได้จากวัวที่มีระบบการเลี้ยงที่แตกต่างกัน
- 1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตไขมันวัวแยกส่วนทางกายภาพ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในการผลิตไขมันตัดแปรสำหรับผลิตเนื้อวัวฉืดไขมัน
- 1.2.4 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเนื้อวัวฉืดไขมัน และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทราบถึงองค์ประกอบของกรดไขมันของไขมันวัวที่มีระบบการเลี้ยงต่างกัน
- 1.3.2 ทราบถึงกระบวนการในการผลิตไขมันวัวแยกส่วนทางกายภาพที่เหมาะสม
- 1.3.3 ทราบถึงผลของการใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ในการผลิตไขมันตัดแปร
- 1.3.4 ทราบถึงผลของการใช้ไขมันตัดแปรในการผลิตเนื้อวัวฉืดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อสัตว์ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 75 โปรตีนร้อยละ 19 (มีส่วนของซาร์โคพลาสมิกโปรตีน ไมโอไฟบริลลาโปรตีน และโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันร้อยละ 5.5, 11.5 และ 2.0 ตามลำดับ) ไขมันร้อยละ 2.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.2 และอื่นๆ ร้อยละ 2.3 (Lawrie, 1991) ปริมาณและสัดส่วนขององค์ประกอบแต่ละชนิด มีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิด สายพันธุ์ ตำแหน่ง และปัจจัยอื่นๆ การบริโภคเนื้อสัตว์เพื่อคุณค่าทางโภชนาการที่คั้น หากควบคุมในสัดส่วนและปริมาณที่เหมาะสม ส่งผลให้ร่างกายได้รับพลังงานและสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ โปรตีน และสารอาหารหลายชนิด เช่น เหล็ก สังกะสี กรดคลอโรเลอิก วิตามินบี เป็นต้น เนื้อสัตว์ยังประกอบด้วยปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่สูง คอเลสเตอรอล เกลีสโซเคียม เป็นต้น (Jimenez-Colmenero และคณะ, 2001; Whitney และ Rolfes, 2002; Decker และ Park, 2010)

นอกจากโปรตีนในเนื้อสัตว์แล้ว ไขมันยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญต่อการให้พลังงานแก่ร่างกาย ทั้งนี้การใช้ประโยชน์จากไขมันสัตว์ เป็นแนวทางที่สำคัญในการเพิ่มมูลค่า และเป็นการใช้ประโยชน์จากเนื้อสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1 ไขมันสัตว์ และการนำมาใช้ประโยชน์

สัตว์มีไขมันอยู่ในส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ไขมันใต้ผิวหนัง (Subcutaneous fat deposits) ไขมันที่อยู่รอบๆ อวัยวะต่างๆ ได้แก่ ไตและหัวใจ หรือไขมันที่อยู่ระหว่างกล้ามเนื้อ (Fat deposits surrounding organs or intermuscular fat) และส่วนสุดท้าย คือ intramuscular fat (marbling) หรือส่วนที่แทรกอยู่ในเนื้อแดงของสัตว์ ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เนื้อสัตว์มีลักษณะที่นุ่ม มีกลิ่นรสเฉพาะ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณและชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในเนื้อสัตว์มีหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรม ลักษณะการเลี้ยง อาหาร รวมถึงตำแหน่งชิ้นส่วนของเนื้อสัตว์เป็นต้น ผลิตกัณฑ์เนื้อสัตว์แต่ละชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดังแสดงตัวอย่างเนื้อสัตว์และผลิตกัณฑ์เนื้อสัตว์ในตารางที่ 2.1 มีไขมันเป็นองค์ประกอบตั้งแต่ร้อยละ 2.2 จนถึงร้อยละ 39.2

และไขมันที่รายงานประกอบด้วย ไขมันอิ่มตัว (SFA) ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) และ ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ในปริมาณต่างๆ กัน

ตารางที่ 2.1 ปริมาณไขมันรวม และกรดไขมันกลุ่มต่างๆ ที่มีในเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์ (กรัม/100 กรัมของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์)

Meat/ meat products	Fat	SFA	MUFA	PUFA
Braising steak, lean, braised	9.7	4.1	4.1	0.6
Chicken breast, skinless, grilled	2.2	0.6	1.0	0.4
Lamb leg, lean roasted, medium	9.4	3.8	3.9	0.6
Liver, pig, stewed	8.1	2.5	1.3	2.2
Minced beef, extra lean, stewed	8.7	3.8	3.8	0.3
Pork loin chops, lean, roasted	10.1	3.7	4.0	1.5
Turkey thigh, casserole	7.5	2.5	2.7	1.8
Bacon, back, fat trimmed, grilled	12.3	4.6	5.2	1.6
Chicken korma	5.8	1.7	1.9	1.8
Chili con carne, chilled/frozen, reheated	4.3	1.9	1.9	0.2
Ham, canned	4.5	1.6	2.0	0.4
Lamb kheena	14.5	3.8	5.3	4.2
Lamb kheena, reduced fat	9.7	3.4	3.6	1.8
Pork and beef sausages, grilled	20.3	7.5	9.1	2.2
Pork sausages, reduced fat, grilled	13.8	4.9	5.9	2.1
Salami	39.2	14.6	17.7	4.4
Steak and kidney pie, single crust	16.4	6.1	6.7	2.5
Turkey pie, single crust	10.3	4.5	3.7	1.5

SFA- saturated fatty acids; MUFA- monounsaturated fatty acids; PUFA- polyunsaturated fatty acids
ที่มา: Chan และคณะ (1995); Chan และคณะ (1996)

โครงสร้างของไขมันประกอบด้วย 2 องค์ประกอบหลักของคือ ไตรกลีเซอไรด์ และกรดไขมัน ซึ่งไขมันแต่ละประเภทประกอบไปด้วยกรดไขมันที่แตกต่างกัน ทำให้ไขมันนั้นๆ แสดงสถานะ และคุณลักษณะที่แตกต่างกัน (Marangoni และคณะ, 2011)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ (straight chain aliphatic monocarboxylic acid) โดยในธรรมชาติจะพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมัน และน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ พบในรูปของกรดไขมันอิสระมีอยู่ในปริมาณน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสังเคราะห์กรดไขมันของร่างกายจะมีสารเริ่มต้นเป็นหมู่แอซิดิล ซึ่งมีคาร์บอนในโมเลกุล 2 อะตอมมาต่อกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น ทำให้มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นเลขคู่เสมอ (นิธิยา, 2548) พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมัน มีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 1 อัน หรือมากกว่า 1 อัน เรียกว่า กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids) กรดไขมันที่พบในอาหารจะมีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 4 ถึง 26 อะตอม ส่วนกรดไขมันที่พบมากในร่างกายมีจำนวนคาร์บอน 16 ถึง 20 อะตอม

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วไป คือ $C_n H_{2n} O_2$ เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยว และไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุด ได้แก่ กรดแอซิดิก (คาร์บอน 2 อะตอม) และกรดบิวทีริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่สามารถละลายได้ดีในน้ำและสามารถระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6 ถึง 10 อะตอม ละลายน้ำได้เล็กน้อย ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไป จะไม่สามารถละลายในน้ำได้ โดยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลต่ำกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 อะตอมขึ้นไป จะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงชนิดของกรดไขมันในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่และเลขคี่

ชื่อตามระบบการตั้งชื่อสารเคมี	ชื่อสามัญ	สูตรเคมี	เขียนย่อ
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่			
n-Butanoic	กรดบิวทีริก (Butyric acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_2 \text{COOH}$	4:0
n-Hexanoic	กรดคาโพรอิก (Caproic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_4 \text{COOH}$	6:0
n-Octanoic	กรดคาโพรลิก (Caprylic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_6 \text{COOH}$	8:0
n-Decanoic	กรดคาพริก (Capric acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_8 \text{COOH}$	10:0
n-Dodecanoic	กรดลอริก (Lauric acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{10} \text{COOH}$	12:0
n-Tetradecanoic	กรดไมริสติก (Myristic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{12} \text{COOH}$	14:0
n-Hexadecanoic	กรดปาล์มิติก (Palmitic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{14} \text{COOH}$	16:0
n-Octadecanoic	กรดสเตียริก (Stearic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{16} \text{COOH}$	18:0
n-Eicosanoic	กรดอะราคิติก (Arachidic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{18} \text{COOH}$	20:0
n-Docosanoic	กรดบีฮีนิก (Behenic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{20} \text{COOH}$	22:0
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่			
n-Pentanoic	กรดวาเลอริก (Valeric acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_3 \text{COOH}$	5:0
n-Heptanoic	กรดอีแนนทิก (Enanthic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_5 \text{COOH}$	7:0
n-Nonanoic	กรดพีลาร์โกนิก (Pelargonic acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_7 \text{COOH}$	9:0
n-Undecanoic	-	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_9 \text{COOH}$	11:0
n-Tridecanoic	-	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{11} \text{COOH}$	13:0
n-Pentadecanoic	-	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{13} \text{COOH}$	15:0
n-Heptadecaic	กรดมาร์การิก (Magaric acid)	$\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{15} \text{COOH}$	17:0

ที่มา: ดัดแปลงจาก DeMan (1992)

2.2 ไขมันวัว (tallow)

ไขมันจากวัวมีลักษณะที่แตกต่างจากไขมันของสัตว์อื่น คือ มีสีเหลืองเข้ม มีกลิ่นรสที่เข้ม มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่น ไขมันจากวัวมักจะถูกนำไปใช้แปรรูปในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเนื้อวัวเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ไขมันจากเนื้อวัวยังคงเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสัตว์ โดย Heinz และ Hautzinger (2007) ได้อธิบายตำแหน่งของไขมันที่ได้จากโคหรือวัวที่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูป ว่ามาจากส่วนต่างๆ ของซาก ได้แก่ ไขมันจาก brisket fat และส่วนอื่นๆ เช่น external

subcutaneous fat จากส่วน hump with fat tissue และ kidney fat เป็นต้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันวัว (tallow) เป็นส่วนของไขมัน (หากอยู่ในสถานะของแข็ง) หรือ น้ำมัน (หากอยู่ในสถานะของเหลว) ซึ่งได้จากการเจียวเนื้อเยื่อไขมัน (fat tissues) หลายประเภท ได้แก่ ไขมันแข็ง (back fat) ไขมันเปลวหรือไขมันรอบใบ (leaf fat) ไขมันบริเวณไหล่ (shoulder fat) ไขมันบริเวณคอ (neck fat) และเศษไขมันตัดแต่งจากส่วนต่างๆ รวมถึงหู หาง และ อวัยวะภายในของวัว ไขมันวัวเมื่อนำมาให้ความร้อน จะใช้อุณหภูมิสูง โดยใช้อุณหภูมิสูงเท่าใดนั้น ขึ้นกับองค์ประกอบของกรดไขมันที่อยู่ในน้ำมัน โดยทั่วไป ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 80 องศาเซลเซียส จะทำให้ไขมันหลอมเหลว ได้น้ำมันวัวที่มีลักษณะดังภาพที่ 2.1 น้ำมันวัวที่ได้นั้น มักจะมีกลิ่นเฉพาะตัวและค่อนข้างมีกลิ่นแรง จึงเป็นข้อจำกัดของการนำไขมันหรือน้ำมันวัวไปใช้ประโยชน์ต่อไป



ภาพที่ 2.1 น้ำมันวัว (tallow)

ไขมันบริโภคนั้นที่มีคุณภาพดีนั้น ไม่ควรพบเอนไซม์ไลเปส (lipase) เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้จะไฮโดรไลซ์ไขมันให้แตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระ และกลีเซอรอล น้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 0.5-1.5 ในรูปกรดโอเลอิกจะเริ่มสังเกตเห็นได้ (นิธิยา, 2548) ซึ่งสามารถป้องกันการเกิดกรดไขมันอิสระได้โดยสกัดน้ำมัน/ไขมันออกจากเนื้อเยื่อไขมันให้เร็วที่สุด และใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 60 องศาเซลเซียสเพื่อสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ไลเปส แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป หรือใช้เวลาดก้นานเกินไป น้ำมันที่สกัดมีสีคล้ำ มีกลิ่นไหม้ จะทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันและไขมันมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันเนื่องจากชนิดและ/หรือปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบภายในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.3 ซึ่งมีข้อมูลของจุดหลอมเหลวของไขมันว่าสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ จุดหลอมเหลวของกรดไขมันลดลงเมื่อกรดไขมันมีจำนวนพันธะคู่ลดลง ไขมันพืช เช่น น้ำมันรำข้าวมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลนิก (C18:2) ในปริมาณที่มากกว่าในไขมันสัตว์ เช่น ไขมันหมู และไขมันวัวอย่างเห็นได้ชัด แต่ไขมันสัตว์มีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเช่น กรดปาล์มิติก (C16:0) และกรดสเตียริก (C18:0) สูงกว่าในไขมันพืชถึง 2 และ 10 เท่า ตามลำดับ อีกทั้งในไขมันสัตว์ยังมีปริมาณของกรดไขมันไมริสติก (C14:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันสายกลาง (C10-C14) ที่ช่วยส่งเสริมให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Temme และคณะ, 1997) ซึ่งมีมากกว่าไขมันพืช

ตารางที่ 2.3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันวัวเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว

ชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ (ร้อยละ)		
	น้ำมันวัว	น้ำมันหมู	น้ำมันรำข้าว
กรดไมริสติก (C14:0)	3	1	0.4-1
กรดปาล์มิติก (C16:0)	28	25	12-16
กรดปาล์มิโตเลอิก (C16:1)	3	2	0.2-0.4
กรดสเตียริก (C18:0)	23	13	1-3
กรดโอเลอิก (C18:1)	40	47	40-50
กรดลิโนเลนิก (C18:2)	2	12	29-42
กรดลิโนเลอิก (C18:3)	-	-	<1
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (C20-C22)	-	-	1

ที่มา: ดัดแปลงจาก Potter และ Hotchkiss (1995)

การตรวจสอบระดับความอิ่มตัว/ไม่อิ่มตัวของไขมันและน้ำมัน จะตรวจสอบโดยใช้ค่าไอโอดีน (Iodine value) ซึ่งเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความไม่อิ่มตัวของไขมัน ไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง มักมีค่าไอโอดีนสูงด้วย และมีจุดหลอมเหลวของไขมันต่ำ ไขมันพืชเช่น น้ำมันรำข้าว มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอโอดีนประมาณ 99-108 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม ในขณะที่ไขมันสัตว์ซึ่งมีความอิ่มตัวสูงกว่า เช่น น้ำมันหมู มีค่าไอโอดีนประมาณ 53-77 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 2.4 (นิธิยา, 2548)

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันวัวเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว

คุณลักษณะ	น้ำมันวัว	น้ำมันหมู	น้ำมันรำข้าว
จุดหลอมเหลว (°C)	40-48	33-45	-
ความถ่วงจำเพาะ (ที่ 25 °C)	0.860-0.870	0.858-0.864	0.910-0.921
ค่าการหักเหแสง (ที่ 25 °C)	1.454-1.458	1.459-1.461	1.470-1.473
ค่าซาปอนิฟิเคชัน (saponification) (มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อ กรัม)	190-199	190-202	181-189
ค่าไอโอดีน (iodine value) โดย Wijs solution	40-48	53-77	99-108
สารที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยแสง (unsaponifiable) สูงสุด (ร้อยละ)	0.2-0.3	0.2-0.4	3-5

ที่มา: ดัดแปลงจากนิธิยา (2548)

กรดไขมันในเนื้อสัตว์ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ในด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อเยื่อไขมัน อายุการเก็บรักษา (การออกซิเดชันของไขมันและเม็ดสี) และกลิ่นรส ถึงแม้ว่าจะมีข้อเสนอแนะว่ากรดไขมันในอาหารมีผลต่อความนุ่มและความชุ่มชื้นของอาหาร แต่ผลที่เกิดขึ้นเกิดจากปริมาณของกรดไขมันทั้งหมด ไม่ได้เกิดจากกรดไขมันเพียงตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้น (Wood และคณะ, 2004)

การที่เนื้อสัมผัสของเนื้อมีความแตกต่างกันนั้นเกี่ยวข้องกับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่ต่างกัน เนื้อ ในกลุ่มของกรดไขมันที่มีคาร์บอน 18 ตัว ได้แก่ กรดสเตียริก (18:0) หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 69.6 องศาเซลเซียส กรดโอเลอิก (18:1) หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 13.4 องศาเซลเซียส กรดลินโนเลอิก (18:2) หลอมเหลวที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส และ กรดลิโนเลนิก (18:3) หลอมเหลวที่อุณหภูมิ -11 องศาเซลเซียส ดังกล่าว โดยจะเห็นได้ว่าถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มมากขึ้น จุดหลอมเหลวจะลดต่ำลง เนื้อสัมผัสจะอ่อนนุ่มมากขึ้น นอกจากนี้โครงสร้างของโมเลกุลเป็นอีกปัจจัยสำคัญ เช่น โครงสร้างกรดไขมันแบบทรานส์จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่าโครงสร้างเอกซานีนเป็นเอกซานีนที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดไขมันแบบซิส และ โครงสร้างกรดไขมันแบบกิ่งมีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำกว่าโครงสร้างกรดไขมันแบบตรง ที่กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากันก็จะส่งผลให้เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มมากขึ้นเช่นกัน (Wood และคณะ, 2004)

ไขมันแต่ละชนิดมีอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน เนื่องจากแนวโน้มของการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้นเมื่ออายุการเก็บมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงไปของค่าสีเกิดจากการออกซิเดชันของ oxymyoglobin ที่มีสีแดงเปลี่ยนเป็น metmyoglobin ที่มีสีน้ำตาล โดยปกติการเกิดปฏิกิริยานี้จะเกิดไปพร้อมกับการเกิดกลิ่นหืน นอกจากนี้สารต้านอนุมูลอิสระ โดยเฉพาะ α -tocopherol (วิตามินอี) สามารถชะลอการเกิดออกซิเดชันของไขมันและสี เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Wood และคณะ, 2004)

สำหรับกลิ่นรสของเนื้อสัตว์นั้น เกิดจากสารระเหย สารให้กลิ่น ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันของไขมันในระหว่างการแปรรูป และผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยเฉพาะฟอสโฟลิพิดที่ไม่อิ่มตัวมีความสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสของเนื้อสัตว์ (Wood และคณะ, 2004) นอกจากนี้เนื้อเยื่อไขมันในสัตว์เป็นแหล่งของลักษณะกลิ่นรสที่เฉพาะเจาะจงในสัตว์แต่ละประเภท (Mottram, 1998; Wood และคณะ, 2004)

Smith และคณะ (2009) กล่าวว่าในประเทศญี่ปุ่น เนื้อวัวจากอเมริกาได้รับการยอมรับในด้านคุณภาพว่าน้อยกว่าเนื้อวัวจากออสเตรเลีย เพราะที่ผู้ผลิตชาวออสเตรเลียสามารถผลิตเนื้อโคให้มีปริมาณไขมันแทรกที่มากกว่าของเนื้อโคอเมริกา ถึงแม้ว่าจะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงที่นานเท่ากัน นอกจากนี้โคของออสเตรเลียมีไขมันที่แข็งกว่าโคของอเมริกา ซึ่งผู้บริโภควิวญี่ปุ่นและเกาหลีให้การยอมรับเนื้อที่มีไขมันแทรกสูง และเนื้อที่มีไขมันที่นุ่ม โดยกรดไขมันที่ทำให้ไขมันที่อยู่ในโคญี่ปุ่น (Wagyu) และโคเกาหลี (Hanwoo) มีความนุ่ม ได้แก่ กรดโอเลอิก (18:1n-9) อีกทั้งปริมาณกรดโอเลอิกที่สูงส่งผลทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีต่อเนื้อ ในทางกลับกันกรดสเตียริก (18:0) มีส่วนทำให้ไขมันมีลักษณะแข็ง ดังนั้นการควบคุมปัจจัยการผลิตใดๆ ที่สามารถลดปริมาณกรดสเตียริกและเพิ่มปริมาณกรดโอเลอิกได้ จะสามารถเพิ่มความนุ่มและกลิ่นรสที่ดีของไขมันในเนื้อวัวได้

นอกจากนั้น Smith และคณะ (2009) ยังกล่าวว่าเอนไซม์ในเนื้อสัตว์ที่ชื่อว่า $\Delta 9$ desaturase สามารถเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวได้ (MUFA) การที่พบกรดโอเลอิกปริมาณมากในไขมันวัว เกิดจากการที่ $\Delta 9$ desaturase เปลี่ยนกรดสเตียริกไปเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว

2.3 การเจียว

นิธิยา (2548) กล่าวว่า ไหม้นและน้ำมันที่บริสุทธิ์ ไม่มีในธรรมชาติ เพราะต้องสกัดแยกออกจากวัตถุดิบที่มีปริมาณไขมันหรือน้ำมันสูงๆ เช่น เมล็ดถั่วต่างๆ เมล็ดพืชบางชนิด เนื้อเยื่อไขมันของสัตว์ต่างๆ และน้ำมันของสัตว์บางชนิด วิธีสกัดแยกไขมันและน้ำมันออกจากวัตถุดิบจะมีวิธีเฉพาะสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะและคุณสมบัติของวัตถุดิบนั้นๆ เช่น วิธีที่ใช้สกัดแยกน้ำมันออกจากวัตถุดิบที่มาจากพืชและสัตว์จะแตกต่างกัน วิธีการที่นิยมใช้สกัดแยกไขมันและน้ำมันมี 3 วิธี คือ การเจียว การบีบ และการสกัดด้วยตัวทำละลาย

นิธิยา (2548) กล่าวว่า การเจียวเป็นวิธีสกัดแยกไขมันที่นิยมใช้กับเนื้อเยื่อไขมันของสัตว์ต่างๆ ซึ่งมีลักษณะเนื้ออ่อนและมีไขมันสูง วิธีนี้เป็นการให้ความร้อนกับเนื้อเยื่อไขมันของสัตว์ โดยความร้อนจะทำให้เซลล์เมมเบรนของเซลล์ไขมันที่มีลักษณะดังภาพที่ 2.2 แดกออกและไขมันเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวไหลออกมา เพื่อที่จะให้เนื้อเยื่อไขมันของสัตว์มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับความร้อนได้มากขึ้นและน้ำมันจะไหลออกมาได้เร็วขึ้น จึงนิยมหั่นเนื้อเยื่อไขมันให้เป็นชิ้นเล็กๆ และบางๆ น้ำมันที่สกัดโดยวิธีการเจียว ได้แก่ น้ำมันหมู และไขมันวัว เป็นต้น การเจียวมี 2 แบบ ได้แก่ การเจียวแห้ง และการเจียวเปียก

การเจียวแห้ง จะใช้เนื้อเยื่อไขมันที่ไม่เปียกน้ำ และเจียวในภาชนะเปิด ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันตามบ้าน อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 104-110 องศาเซลเซียส น้ำมันที่ได้จะมีกลิ่นหอมแต่อาจมีคุณภาพไม่ค่อยดี เพราะน้ำมันบางส่วนอาจได้รับความร้อนจากผิวของภาชนะที่สัมผัสโดยตรง ทำให้เกิดออกซิเดชัน ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไปน้ำมันที่ได้จะมีสีคล้ำ น้ำมันที่ได้ถูกแยกออกจากกากโดยปล่อยให้ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน หรือแยกโดยใช้เครื่องเหวี่ยง หรือการกรอง ในระหว่างการเจียว น้ำที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อไขมันจะระเหยออกไป กากที่ได้หากยังมีน้ำมันเหลือค้างอยู่ จะใช้เครื่องบีบ บีบเอาน้ำมันที่เหลือออกให้หมด การเจียวแห้งนี้อาจทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ โดยเนื้อเยื่อไขมันจะถูกทำให้ผนังเซลล์แยกด้วยวิธีทางกล แล้วให้ความร้อนต่ำๆ เพียงเพื่อให้ไขมันหลอมเหลวกลายเป็นน้ำมันเท่านั้น อุณหภูมิประมาณ 46-48 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมินี้ไม่สูงพอที่จะทำลายโปรตีนของผนังเซลล์ได้ กากที่เหลือแยกออกโดยวิธีการเหวี่ยง น้ำมันที่ได้จะมีสีอ่อน ไม่ค่อยมีกลิ่น มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำ และมีความคงตัวต่อออกซิเดชันได้ดี การเจียวแห้งยังอาจทำได้ในภาชนะปิดที่แห้งและความดันปกติ หรือความดันต่ำกว่าปกติ เพื่อช่วยไล่น้ำออกไป น้ำมันที่ได้โดยวิธีนี้จะมีความแข็งแรง ต้องผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นก่อนที่จะนำไปขาย หรือนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น ทำเนยขาว การเจียวแห้งนอกจากจะใช้กับเนื้อเยื่อไขมันของหมูและวัวแล้ว ยังใช้ได้กับเปลวมันของปลาวาฬ และเนื้อเยื่อไขมันของปลาชนิดอื่นๆ อีกด้วย (ดัดแปลงจากนิธิยา, 2548)

การเจียวเปียก จะมีการเติมน้ำร้อนหรือพ่นไอน้ำลงบนเนื้อเยื่อไขมันในภาชนะปิด ภายใต้ความดันต่ำประมาณ 45-75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีการไล่เอาอากาศออกเพื่อลดการเกิด

ออกซิเดชันด้วย ความร้อนจากไอน้ำจะทำให้สารประกอบพวกโปรตีนที่อยู่ตามผนังเซลล์ถูกทำลาย ไขมันจะหลอมเหลวกลายเป็นของเหลวไหลออกจากเซลล์ของเนื้อเยื่อ ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-6 ชั่วโมง ไขมันที่ได้แยกออกจากกาก โดยตั้งทิ้งไว้ให้กากตกตะกอนหรืออาจแยกโดยใช้เครื่องเหวี่ยง ไขมันจะลอยอยู่ข้างบน ส่วนน้ำและกากจะจมอยู่ข้างล่าง ส่วนที่เป็นกากและน้ำนั้นจะมีพวกโปรตีน ละลายอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำ ซึ่งอาจมีสูงถึงร้อยละ 2 เมื่อระเหยเอาน้ำออกจะได้โปรตีนผงเป็นผลพลอยได้ ข้อเสียของการเจียวเปียก คือ อาจทำให้เกิดอิมัลชันของน้ำและน้ำมัน ซึ่งอิมัลชันที่เกิดขึ้น ทำลายได้ยาก เนื่องจากมีโปรตีนทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ จึงเกิดอิมัลชันที่มีความคงตัว (ดัดแปลงจากนิธิยา, 2548)



2.4 กระบวนการแยกส่วน

ไขมันจากสัตว์ประกอบด้วยส่วนผสมของไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกัน ในกระบวนการแยกส่วน (fractionation process) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ คือ 1. การลดอุณหภูมิของน้ำมันจนถึงจุดอิ่มตัวที่ยืดหด ส่งผลให้เกิดนิวเคลียสสำหรับการเกิดผลึกของไขมัน 2. การรวมตัวและเพิ่มขนาดขึ้นของผลึก ในระหว่างการควบคุมอุณหภูมิต่ำ และ 3. การแยกผลึกออกจากของเหลว (Kreulen, 1976) หรืออาจสรุปกระบวนการเป็น 2 ขั้นตอนคือ การทำให้ไขมันเกิดนิวเคลียส และผลึกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จากการกวนภายใต้การควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างช้าๆ และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกรองส่วนผลึกออกจากของเหลว (Doğan และ Temur, 2013) การทำให้ไขมันเกิดผลึก (crystallization) ของไตรกลีเซอไรด์โดยอาศัยหลักการที่กรดไขมันแต่ละชนิดนั้นมีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกัน สำหรับการเกิดผลึกของไขมันเป็นของแข็ง จำนวนและขนาดของผลึกที่เกิดขึ้น จะแปรผันตามชนิดของไขมันและอุณหภูมิในการเกิดผลึก เมื่อทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็ง การทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว ผลึกที่เกิดขึ้นจะมีโครงสร้างแตกต่างจากผลึกที่เกิดขึ้นเมื่อทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ การคนหรือกวนขณะที่อุณหภูมิลดลง จะทำให้ได้ผลึกที่มีโครงสร้างเปลี่ยนไป ความสามารถของไขมันและน้ำมันในการตกผลึกให้เกิดรูปร่างของผลึกที่แตกต่างกัน เรียกว่า polymorphism ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลึกจะอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 0.5 ไมโครเมตร บางครั้งผลึกอาจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ถึง 50 ถึง 100 ไมโครเมตร ทำให้มองเห็นเป็นเม็ดๆ เมื่อคู่ด้วยตาเปล่าหรือสัมผัสได้ด้วยลิ้น ผลึกของไขมันจะเกาะกันด้วย van der Waals attractive forces (นิธิยา, 2548) จากนั้นจึงมีการกรองเพื่อแยกไขมันส่วนที่เป็นผลึกออก (filtration) โดยส่วนของแข็งที่แยกได้นั้นเรียกว่า สเตียร์น (stearin) ส่วนใหญ่เป็นกรดสเตียริก ดังภาพที่ 2.3 (ซ้าย) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัว และส่วนของของเหลวนั้นเรียกว่า โอเลอิน (olein) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย กรดโอเลอิก ดังภาพที่ 2.3 (ขวา) ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Arnaud และคณะ, 2006) กระบวนการแยกส่วนจึงเป็นหนึ่งในวิธีการตัดแปรไขมัน เพื่อให้ได้ไขมัน หรือน้ำมันที่มีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ และยังสามารถเป็นหนึ่งในวิธีการที่ช่วยปรับปรุงคุณค่าทางด้านโภชนาการให้กับไขมันและน้ำมันได้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของสเตียร์น (ซ้าย) และ โอเลอิน (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระดับอุตสาหกรรมกระบวนการแยกส่วนของไขมันและน้ำมัน เช่น น้ำมันปาล์ม และไขมันสัตว์ (Bernardin 1973; Swern, 1979; Ünsal และ Aktas, 2003) นิยมใช้กระบวนการแยกส่วน 3 วิธี ได้แก่ กระบวนการแยกส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (dry fractionation) กระบวนการแยกส่วนโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent fractionation) และกระบวนการแยกส่วนโดยใช้สารละลาย (aqueous fractionation)

กระบวนการแยกส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (dry fractionation) เป็นวิธีการแยกส่วนที่ง่าย และมีการใช้มายาวนาน แต่วิธีดังกล่าวมีข้อเสีย คือการแยกส่วนโดยใช้อุณหภูมิต่ำ เมื่อเกิดผลึกไขมันขนาดเล็กเกิดขึ้น จะทำให้การแยกผลึกไขมันยากขึ้น (Grall และ Hartel, 1992; Hamm, 1995; Ünsal และ Aktas, 2003) อย่างไรก็ตามกระบวนการแยกส่วนวิธีนี้ เป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก มีประสิทธิภาพ ต้นทุนในการผลิตต่ำ และไม่มีการใช้ตัวทำละลาย หรือสารเคมี ที่อาจปนเปื้อนลงสู่ผลิตภัณฑ์ วิธีการดังกล่าว สามารถตกผลึกไขมันโดยใช้อุณหภูมิต่ำ อาศัยเทคนิคการหลอมเหลวไขมันในอุณหภูมิสูง แล้วให้ความเย็นเพื่อให้ไขมันเกิดการตกผลึก ก่อนที่จะแยกส่วนไขมันแข็งออกจากส่วนของน้ำมันเหลวนั้น ไขมันและน้ำมันมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์เป็นหลัก ซึ่งเป็นสารประกอบเอสเทอร์ระหว่างกลีเซอรอล 1 โมล กับกรดไขมัน 3 โมล โดยเฉพาะน้ำมันจะมีกรดไขมันหลายชนิด เช่น กรดไขมันชนิดอิ่มตัว และ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ทำให้น้ำมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกันออกไป โดยไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงสามารถตกผลึกกลายเป็นของแข็งแยกตัวออกมาได้ก่อน ซึ่งเรียกส่วนของผลึกไขมันนี้ว่า สเตอริน (stearin) ส่วนไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำสามารถตกผลึกได้ในภายหลัง ซึ่งเรียกส่วนของของเหลวที่ได้จากการแยกผลึกนี้ว่า โอเลอิน (olein) (Rajah, 1996; German และ Dillard, 1998; Campos และคณะ, 2003)

กระบวนการแยกส่วนโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent fractionation) เป็นวิธีที่ง่ายต่อการกรอง และมีประสิทธิภาพในการแยกส่วนมากกว่า ไขมันวัวในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้วิธีดังกล่าวเพื่อแยกไขมันโดยใช้เอซิโตนเป็นตัวทำละลาย สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนของแข็ง ส่วนนี้สามารถนำไปใช้สำหรับทำเนยขาวประเภทแข็ง และเนยเทียมที่ไม่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนลงในผลิตภัณฑ์ได้ ส่วนที่สองเป็นส่วนกึ่งแข็งกึ่งเหลว ส่วนนี้เหมาะสำหรับนำไปทำเนยโกโก้ ซึ่งสามารถใช้แทนเนยโกโก้ในผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลตแต่งได้ ส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของเหลว หรือที่เรียกว่าน้ำมันวัว ส่วนนี้มีคุณลักษณะเหมือนน้ำมันทั่วไป อย่างไรก็ตามการใช้ตัวทำละลายในการแยกส่วน ยังมีประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการกำจัดตัวทำละลายออกจาก

ผลิตภัณฑ์ รวมถึงวิธีการกำจัดตัวทำละลายออกจากผลิตภัณฑ์ และอุปกรณ์ เครื่องมือต้องป้องกันการเกิดไฟไหม้และระเบิดได้ (Ünsal และ Aktas, 2003)

กระบวนการแยกส่วนโดยใช้สารละลาย เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำที่ประกอบที่มีส่วนประกอบของ เกลืออนินทรีย์ (Na_2SO_4) สารลดแรงตึงผิว (sodium dodecyl sulphate) และ ฟลิกโซอิมันบางส่วน การกระจายตัวของฟลิกโซอิมันในน้ำ ซึ่งชั้นน้ำกับน้ำมันแยกกัน ทำให้ฟลิกโซอิมันสามารถแยกออกจากน้ำมันได้ วิธีการดังกล่าวถูกใช้ในการแยกส่วนน้ำมันปาล์มในระดับอุตสาหกรรม (Ünsal และ Aktas, 2003)

การแยกฟลิกโซอิมันออกจากไขมันเหลว (crystal separation) สามารถแยกโดยใช้วิธีการต่างๆ เช่น การกรองแบบสุญญากาศ (vacuum filtration) การกรองด้วยความดัน (pressure filtration) และการหมุนเหวี่ยง (centrifugation) เป็นต้น โดยความบริสุทธิ์ของฟลิกโซอิมันและขนาดของฟลิกโซอิมันที่แยกได้เป็นปัจจัยที่ควรพิจารณาว่าควรเลือกใช้วิธีการในการแยกฟลิกโซอิมันแบบใด เนื่องจากฟลิกโซอิมันมักเก็บน้ำมันไว้ภายในโครงสร้างฟลิกโซอิมัน (entrapment) ฟลิกโซอิมันที่มีส่วนของน้ำมันปนอยู่ ทำให้การแยกฟลิกโซอิมันได้ไม่สมบูรณ์ แตกต่างจากกรณีการใช้ตัวทำละลายในการแยก ซึ่งจะมีความบริสุทธิ์มากกว่า

สำหรับการกรองด้วยความดัน (pressure filtration) เป็นการใช้ความดันในการแยกฟลิกโซอิมันสามารถใช้วัสดุกรองได้แก่ ผ้ากรอง และ wire gauze filter ไนลอน หรือ โพลีโพรไพลีน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองเกิดได้เร็วและมีความสมบูรณ์มากขึ้น ฟลิกโซอิมันที่แยกได้จะไม่ดูดซับน้ำมัน จึงได้ฟลิกโซอิมันที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า แต่อาจไม่เหมาะกับการแยกฟลิกโซอิมันที่ได้จากของผสมที่มีอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากความดันอาจทำให้ฟลิกโซอิมันหลอมเหลวได้โดยประเภท และจำนวนของแผ่นกรองมีผลต่อปริมาณของน้ำมันและไขมันที่แยกออกมาได้เช่นกัน

ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในกระบวนการแยกไขมัน โดยเฉพาะการทำให้ตกฟลิกโซอิมัน นอกจากจะคำนึงถึงคุณลักษณะของไขมันที่ต้องการจะนำมาแยกแล้ว ยังมีปัจจัยที่สำคัญ คือ สภาพที่ใช้ในการตกฟลิกโซอิมัน ได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการกวนน้ำมันในขณะที่ทำให้เกิดการแยก เป็นต้น ส่งผลต่อ การเกิดฟลิกโซอิมันที่มีความแตกต่างกัน ทั้งขนาดของฟลิกโซอิมัน จำนวนของฟลิกโซอิมัน และส่งผลต่อเนื้อไปถึงคุณภาพของน้ำมันที่แยกออกมาได้ (Kellens, 1998; Tirtiaux และ Gibon, 1998; Arnaud และคณะ, 2006) ในการใช้ประโยชน์จากหลักการแยกไขมันนั้น มีนักวิจัยใช้วิธีการต่างๆ ในการแยกไขมัน เช่น การใช้เอนไซม์ไลเปสในปฏิกิริยา interesterification เพื่อการผลิตไขมันจากวัวที่มีกรดไขมันโอเลอิกในปริมาณที่สูง โดยพบว่าการใช้เอนไซม์ในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว

สามารถทำให้ได้กรดโอเลอิกในปริมาณที่สูงกว่ากรณีที่ไม่มีการใช้เอนไซม์ (MacKenzie และ Stevenson, 2000)

ข้อมูลจากงานวิจัยของ วรณา และคณะ (2554) พบว่าไขมันวัวที่ได้จากการตัดแต่งซากวัว พันธุ์ลูกผสมเลือดยุโรป จากสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์ โพนยางคำ จำกัด มีส่วนประกอบหลัก คือ ไมริสติก (C14:0) ไมริสโตเลอิก (C14:1) ปาล์มิติก (C16:0) พามิโตโอเลอิก (C16:1) สเตียริก (C18:0) โอเลอิก (C18:1c) อีไลติก (C18:1t) ลิโนเลอิก (C18:2) และลิโนเลนิก (C18:3) โดยมีชนิดของกรดไขมันที่เด่นชัด คือ สเตียริก และโอเลอิก ร้อยละ 50.00 และ 24.16 ตามลำดับ

จากข้อมูลองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีอยู่ในไขมันวัว ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณที่สูง โดยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณ low density lipoprotein (LDL) ในเลือด ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ หลอดเลือดปริมาณคอเลสเตอรอลในร่างกาย และโรคมะเร็ง เป็นต้น (Tajima และคณะ, 1995; Whitney และ Rolfes, 2002) จึงมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งมีการใช้น้ำมันชนิดอื่นมาทดแทนไขมันจากวัว ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น การใช้น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น อย่างไรก็ตามไขมันจากวัวยังประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เช่น ลิโนเลอิก ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย นอกจากนี้ หากมองในด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีส่วนประกอบของไขมันวัวแล้ว ผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นเฉพาะซึ่งเกิดจาก กรดอะมิโน เปปไทด์ ปฏิกิริยาการเผาผลาญของนิวคลีโอไทด์ นอกจากนี้ยังเกิดจากการที่ไขมันเนื้อสัตว์ได้รับความร้อน ทำให้เกิดลักษณะกลิ่นที่เฉพาะ ที่เรียกว่า tallowy aroma (Song และคณะ, 2010; Song และคณะ, 2012) ซึ่งยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคอยู่ แนวทางในการใช้ประโยชน์จากไขมันวัวจึงมีความเป็นไปได้ในการใช้ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการผลิตวัตถุดิบจากไขมันวัวที่เหลือจากการตัดแต่งที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

ข้อมูลจากงานวิจัยจำนวนหนึ่ง พบว่ามีการนำไขมันวัวไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย เช่น การนำไปทำ shortening และรวมถึงการตรวจสอบคุณภาพของ shortening ที่ผลิตจากไขมันวัว (Jin และคณะ, 2007) การประยุกต์ใช้ในน้ำมันทอด หรือแม้แต่การนำไปผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล (Doğan และ Temur, 2013) เป็นต้น

2.5. อิมัลซิไฟเออร์

อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เป็นวัตถุเจือปนที่มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป โดยทำหน้าที่ในการลดแรงตึงผิวของของเหลว 2 ชนิดที่ไม่สามารถละลาย หรือกระจายตัวอยู่ด้วยกันด้วยความคงตัว เพื่อให้ส่วนผสมที่มีอยู่ในอาหารมีการกระจายตัวดี มีความคงตัว ไม่เกิดการแยกชั้น หรือแม้แต่การคงไว้ซึ่งคุณภาพของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้อิมัลซิไฟเออร์กันอย่างกว้างขวาง

2.5.1 อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ตัวอย่างการใช้อิมัลซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์อาหาร แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

อิมัลซิไฟเออร์	ลักษณะ โครงสร้าง	คุณสมบัติ	การนำไปใช้
1. กัวร์กัม	<ul style="list-style-type: none"> - พอลิเมอร์สายยาวของกาเล็กโทแมนแนน - น้ำหนักโมเลกุล 220,000 ถึง 250,000 ดาลตัน - ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะ β-(1-4) และมีแขนงของน้ำตาลกาเล็กโทสหนึ่งโมเลกุลหนึ่งโมเลกุลต่อทุกๆ 2 โมเลกุลของน้ำตาลแมนโนสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ (1-6) 	<ul style="list-style-type: none"> - อุ้มน้ำได้สูงสุดที่พีเอช 7.5 ถึง 9.0 - กระจายตัวได้ดีในน้ำเย็น - ความหนืดสูง - ไม่สามารถเกิดเป็นเจลได้ - ไม่แตกตัวเป็นไอออนและทนต่อพีเอชได้ในช่วงกว้าง 	<ul style="list-style-type: none"> - สารเพิ่มความหนืด - สารเพิ่มความคงตัว - สารช่วยอุ้มน้ำ

ที่มา ดัดแปลงจาก นิธิยา (2551)

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (ต่อ)

อิมัลซิไฟเออร์	ลักษณะโครงสร้าง	คุณสมบัติ	การนำไปใช้
2. คาร์ราจีแนน	<p>- มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแล็กโทสที่ถูกเอสเทอร์ไฟด์ด้วยกรดซัลฟิวริกที่ตำแหน่งและระดับต่างๆ กัน เช่น แคปปา-คาร์ราจีแนนเป็น กาแล็กโทส-4-ซัลเฟต ที่ต่อกันด้วยพันธะ 1-3 และต่อกับ 3,6-แอนไฮโดร-ดี-กาแล็กโทสด้วยพันธะ 1-4 ในโมเลกุลของ 3,6-แอนไฮโดร-ดี-กาแล็กโทสคาร์บอนตำแหน่งที่ 2 จะถูกเอสเทอร์ไฟด์ด้วยหมู่ซัลเฟตประมาณร้อยละ 20 ถึง 30 และบางส่วนของพันธะ 1-4 อาจเป็นกาแล็กโทส-6-ซัลเฟต แทน 3,6-แอนไฮโดร-ดี-กาแล็กโทส</p> <p>- แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แคปปา (κ) ไอโอตา (ι) และแลมบ์ดา (λ)</p>	<p>- ขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟต</p> <p>- เกิดปฏิกิริยากับโปรตีน</p> <p>- ละลายได้ดีและมีความคงตัวสูงที่พีเอชสูงกว่า 7</p> <p>- ความคงตัวจะลดลงโดยเฉพาะเมื่ออุณหภูมิสูง</p>	- สารเพิ่มความคงตัว
3. เลซิทีน	<p>- จัดเป็นฟอสโฟลิพิด ซึ่งภายในโมเลกุลประกอบด้วยกลีเซอรอลกรดไขมัน กรดฟอสฟอริก และคอรีน เลซิทีนเป็นฟอสโฟลิพิดที่พบได้ทั่วไปในเซลล์ของสัตว์</p> <p>- หมู่เอซิลเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่ตำแหน่งที่ 1 และเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่งที่ 2</p>	<p>- มีความสามารถเป็น amphoteric ที่พีเอช 7 จึงเป็น zwitterion</p> <p>- กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเลซิทีน ได้แก่ กรดปาล์มิติก กรดสเตียริก กรดลิโนเลอิก กรดลิโนเลนิก</p>	- สารลดแรงตึงผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (ต่อ)

อิมัลซิไฟเออร์	ลักษณะ โครงสร้าง	คุณสมบัติ	การนำไปใช้
3. เลซิทีน		และกรดอะราคิไดนิค - ไม่มีสี มีลักษณะเหนียว ถูกไฮโดไลซ์และออกซิไดส์ได้ง่าย - สามารถกับสารอื่นได้ เช่น รวมกับโปรตีน และคาร์โบไฮเดรต	
4. โซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethyl cellulose; ซีเอ็มซี)	- เป็นอนุพันธ์อีเทอร์ของเซลลูโลส - รู้จักกันในอีกชื่อว่า เซลลูโลสแกม มีสีขาวหรือออกเหลืองเล็กน้อย - ซีเอ็มซีจัดเป็นพอลิเมอร์ชนิดไอออนิก (เพราะมีหมู่คาร์บอกซิล)	- ละลายน้ำได้ทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อน และให้สารละลายที่มีความหนืด - ไม่สามารถย่อยซีเอ็มซีได้ จึงไม่เพิ่มแคลอรีในผลิตภัณฑ์ - ช่วงพีเอชอยู่ที่ 3-5.5 ถ้าสูงกว่า 6 จะเกิดการตกตะกอน	- สารให้ความหนืด
5. โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท	- โปรตีนที่มีลักษณะกลม (globular protein) - ประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 40 น้ำมันร้อยละ 20 จากน้ำหนักฐานแห้ง - องค์ประกอบหลัก แบ่งตามความสามารถในการตกตะกอนคือ 2S 7S 11S และ 15S ซึ่งจะเกิด	- การเกิดเจล - มีความสามารถในการเกิดอิมัลชัน - มีความสามารถในการอุ้มน้ำ และไขมัน - ควรที่จะให้ความร้อนก่อน	- อิมัลซิไฟเออร์ - สารให้ความคงตัวของอิมัลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

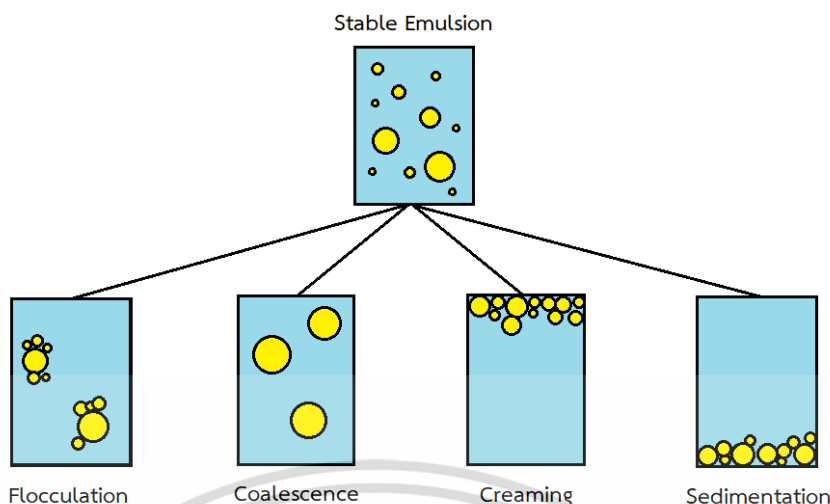
ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร (ต่อ)

อิมัลซิไฟเออร์	ลักษณะโครงสร้าง	คุณสมบัติ	การนำไปใช้
5. โพรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท	การตกตะกอนที่แรงโน้มถ่วงต่างกัน	- เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (O/W) - ป้องกันไม่ให้เกิดการรวมกลุ่มจนเป็นหยดน้ำมัน	

ที่มา คัดแปลงจาก นิธิยา (2551), Pearce และ Kinsella (1978), Watanabe และคณะ (1991), Dickinson (2009) และ Nishinari และคณะ (2014)

2.5.2 การเสถียรภาพของอิมัลชันแบบต่างๆ

การเสถียรภาพของอิมัลชัน เกิดขึ้นเมื่อหยดของเหลวเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กันแรงดึงดูดที่เกิดจากแรงแวนเดอร์วาลส์สูง ทำให้หยดของเหลวรวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น การเสถียรภาพของอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำมีหลายลักษณะแสดงดังภาพที่ 2.4 โดยแบ่งการเสถียรภาพของอิมัลชันได้ 4 ลักษณะ คือ Flocculation เกิดเมื่อหยดไขมันมารวมตัวกันเกิดเป็นกลุ่มก้อนโดยที่ไม่มีการทำลายผนังไขมันของหยดไขมันแต่ละหยด ลักษณะที่สองเรียกว่า Coalescence ส่วนใหญ่เกิดขึ้นหลังจากการเกิด Flocculation เมื่อผนังของไขมันแต่ละหยดถูกทำลาย ทำให้หยดไขมันรวมตัวกันและมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ลักษณะที่สามเรียกว่า Creaming เกิดขึ้นเมื่อ dispersed phase มีความหนาแน่นน้อยกว่าส่วนต่อเนื่อง ส่งผลให้ส่วนที่ไม่ต่อเนื่องที่มีความหนาแน่นน้อยลอยขึ้นข้างบนและสุดท้ายเรียกว่า Sedimentation จะเกิดขึ้นตรงข้ามกับ Creaming โดยเกิดขึ้นเมื่อส่วนที่ไม่ต่อเนื่องมีความหนาแน่นมากกว่าส่วนต่อเนื่อง ส่งผลให้ส่วนที่ไม่ต่อเนื่องที่มีความหนาแน่นมากตกลงมาที่ก้นภาชนะ (McClements, 2005)



ภาพที่ 2.4 การเสถียรภาพของอิมัลชันชนิดต่างๆ

ที่มา: McClements (2005)

2.7 เนื้อวัวตัดแต่ง

คุณภาพของเนื้อ โคนุนั้นมีความสำคัญต่อการกำหนดราคาของวัตถุดิบเป็นอย่างมาก ประเทศต่างๆ ที่ผลิตและจำหน่ายเนื้อ โคนุนั้นมีเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยทั่วไปมีการแบ่งตามอายุของโค (maturity) และระดับการแทรกของไขมัน (degree of marbling) โดยในแต่ละประเทศมีการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อเป็นหลายระดับที่แตกต่างกัน เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา มีการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อเป็น 7 ระดับ ประเทศออสเตรเลียแบ่งเป็น 7 ระดับ และประเทศญี่ปุ่นแบ่งเป็น 12 ระดับ เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยมีการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อ โคนุนั้นตามสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช) เป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 2.5 ทั้งนี้เนื้อ โคนุนั้นในแต่ละระดับมีราคาที่แตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยคุณภาพดังกล่าว การตรวจประเมินและแบ่งระดับคุณภาพของเนื้อ โคนุนั้น อาศัยผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่ในการแบ่งระดับคุณภาพได้แก่ เจ้าหน้าที่ตัดแต่งเนื้อ โคนุนั้น เกษตรกรที่ผ่านการอบรมการตัดแต่งเนื้อ โคนุนั้น และนักวิชาการ เป็นหลักสำหรับชิ้นส่วนเนื้อ โคนุนั้นที่ใช้ในการแปรรูปสเต็ก ถ้าแบ่งกลุ่มตามระดับความนุ่ม (National Cattlemen's Beef Association, 2013) ประกอบด้วย ส่วนเนื้อสัน (loin) ที่มีความนุ่มมากที่สุด รองมาได้แก่ เนื้อส่วนโคนขาและสะโพก (round) เนื้อส่วนซี่โครง (rib) และเนื้อส่วนพื้นท้อง (flank) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงภาพการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อ โคนุนตามสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (มกอช)

ภาพเนื้อโคนุน	ระดับการแทรกของไขมันในกล้ามเนื้อ
	ระดับไขมันแทรกที่ 1 (ไม่มีไขมันแทรก)
	ระดับไขมันแทรกที่ 2 (น้อยมาก)
	ระดับไขมันแทรกที่ 3 (น้อย)
	ระดับไขมันแทรกที่ 4 (ปานกลาง)
	ระดับไขมันแทรกที่ 5 (มาก)

ที่มา: ดัดแปลงจาก มกอช. 6001 (2547)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การฉีดไขมันและน้ำมันในเนื้อสัตว์

ไขมันที่แทรกอยู่ในส่วนกล้ามเนื้อของสัตว์ (intramuscular fat) มีส่วนช่วยในการทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่ม มีกลิ่นรสที่เฉพาะ ส่งผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของสัตว์ สายพันธุ์ ระบบการเลี้ยง การบ่ม เป็นต้น ส่งผลต่อปริมาณการแทรกของไขมันในส่วนกล้ามเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตาม ไขมันในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่จำนวนมากเมื่อเทียบกับน้ำมันจากพืช การบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีระดับการแทรกของไขมันในปริมาณมาก จึงส่งผลต่อการได้รับกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากเช่นกัน มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่มีการนำน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวและเป็นกรดไขมันจำเป็นต่อร่างกาย มาใส่ในวัตถุดิบเนื้อสัตว์ เพื่อให้มีระดับการแทรกของไขมัน และมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น ดังเช่นงานวิจัยของ Ma และ Xiong (2011) ที่ศึกษาลักษณะเนื้อสัมผัส และความสามารถในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเนื้อหมูที่มีการฉีดน้ำมันพืชที่มีส่วนผสมของอิมัลซิไฟเออร์คือโทโคเฟอรอล (tocopherol) โดยพบว่าเนื้อหมูที่มีการฉีดน้ำมันอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier lipid) ร่วมกับโทโคเฟอรอล ส่งผลให้เนื้อมีสีที่แดงมีการเกิดออกซิเดชันที่ช้า มีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลายที่น้อย และยังมีค่าแรงเหวี่ยงที่น้อยกว่ากรณีตัวอย่างที่ไม่ได้มีการฉีด emulsified lipid ร่วมกับโทโคเฟอรอล ดังกล่าว

นอกจากนี้ จากงานวิจัยของ Baublits และคณะ (2007) ที่มีการนำกรดไขมันลิโนเลอิก ที่อยู่ในรูปของ commercial powder conjugated linoleic acid source (แบบผง) และ commercial oil conjugated linoleic acid source (แบบน้ำมัน) มาฉีดในเนื้อวัวส่วน strip loins ที่มีระดับการแทรกของไขมันน้อย ผลการทดลองพบว่าเนื้อที่มีการฉีดกรดไขมันลิโนเลอิกที่มีส่วนผสมในรูปผง มีค่า TBARS ที่ต่ำกว่า กรณีที่อยู่ในรูปน้ำมัน โดยเนื้อสัตว์ที่มีการฉีดกรดไขมันลิโนเลอิกที่มีส่วนผสมในรูปผงและน้ำมัน สามารถเพิ่มระดับการแทรกของไขมัน ตามเกณฑ์การวิเคราะห์ของ USDA ได้ แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ภาพเนื้อวัวคววม (ซ้าย) ภาพเนื้อวัวที่ผ่านการฉีดกรดไขมันลิโนเลอิกแบบผง (กลาง) และแบบน้ำมัน (ขวา) ที่มา: ดัดแปลงจาก Baublits และคณะ (2007)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Raes และคณะ (2003) ศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในโคพื้นเมือง 4 สายพันธุ์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นรส ความนุ่ม และความชุ่มน้ำ ผลการทดลองพบว่า โคสายพันธุ์ Irish และสายพันธุ์ Argentine มีปริมาณกรดสเตียริกมากกว่า ส่งผลต่อคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่มที่น้อยกว่าโคสายพันธุ์ Belgian blue และสายพันธุ์ Limousin อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ Irish และสายพันธุ์ Argentine มีปริมาณกรดไขมันโอเลอิกที่สูงกว่าอีกสองสายพันธุ์ ซึ่งส่งผลให้ผู้ทดสอบให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความเข้มข้นของกลิ่นรสมากกว่าโคสายพันธุ์ Belgian blue และสายพันธุ์ Limousin ตามลำดับ

Ünsal และคณะ (2003) ศึกษาคุณลักษณะของไขมันแยกส่วนที่ได้จากไขมันส่วนหางแกะ โดยใช้วิธีการแยกส่วนด้วยตัวทำละลายอะซิโตน ผลการทดลองพบว่าเมื่อลดอุณหภูมิในกระบวนการแยกส่วนลง จะส่งผลให้องค์ประกอบของกรดไขมันมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าไอโอดีน และ ค่า refractive index ยังเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย โดยทั่วไปไขมันส่วนที่เป็นของแข็ง (สเตียริน) จะมีการสูญเสียกรดไขมันสายสั้น และ กรดโอเลอิก แต่จะมีปริมาณของกรดไขมันสายยาวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้คุณลักษณะของไขมันแยกส่วนที่เป็นของแข็ง มีลักษณะเป็นไขมันแข็ง มีจุดหลอมเหลวสูง และมีคุณลักษณะของการหลอมเหลวเหมือนไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน จึงเหมาะที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีจุด

หลอมเหลวสูง เช่น เนยขาว และเนยเทียม เพื่อที่จะได้ลดการใช้ไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจน นอกจากนี้ไขมันแยกส่วนที่เป็นของเหลว มีจุดหลอมเหลวที่ 18.5 องศาเซลเซียส สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมขนม ประยุกต์ใช้ไขมันในการเคลือบได้ นอกจากนี้ไขมันแยกส่วนดังกล่าวมีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง จึงสามารถนำไปใช้ทำน้ำมันสลัดทางการค้าได้อีกด้วย

Reed และคณะ (2017) ประยุกต์ใช้ไขมันหมูในการฉีดลงในเนื้อวัวที่มีไขมันแทรกต่ำเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และลักษณะทางประสาทสัมผัส เปรียบเทียบกับเนื้อวัวที่ไม่มีไขมันเป็นควบคุม เมื่อนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่าแรงเฉือน และให้ความร้อนก่อนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไปและผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝน ผลการทดลองพบว่า การฉีดไขมันลงในเนื้อวัวสามารถฉีดไขมันเพิ่มได้ถึงร้อยละ 12.61 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกับการทดลองของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่มีการฉีดเพื่อเพิ่มน้ำหนักอยู่ที่มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 13 (Durham และคณะ, 1961; Pietrasik และคณะ, 2006; Holmes และคณะ, 2013) เนื้อวัวที่มีการฉีดไขมัน มีความชื้นน้อยกว่าเนื้อวัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ร้อยละ 5.21 ($p < 0.01$) มีโปรตีนน้อยกว่าเนื้อวัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ร้อยละ 1.89 ($p < 0.01$) แต่มีไขมันมากกว่าเนื้อวัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ร้อยละ 7.29 ($p < 0.01$) สำหรับผลการวิเคราะห์โดยประมาณหลังการแปรรูปพบว่า เนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมีความชื้นน้อยกว่าเนื้อวัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 1.03 ($p < 0.01$) แต่มีไขมันมากกว่าเนื้อวัวควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ร้อยละ 1.28 ($p < 0.01$) สำหรับปริมาณโปรตีนพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.14$) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Holmes และคณะ (2013) ซึ่งกล่าวไว้ว่าเนื้อสเต็กที่ผ่านการฉีดไขมัน จะมีปริมาณการแทรกของไขมันที่ดีกว่า และมีความชื้นน้อยกว่าเนื่องจากน้ำถูกแทนที่ด้วยไขมันที่ฉีดเพิ่มเข้าไป สำหรับการทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยการวัดค่าแรงเฉือนพบว่า เนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าเนื้อวัวที่ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าแรงเฉือน 24.5 และ 43.5 นิวตัน ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับ Holmes และคณะ (2013) ที่ได้วัดเนื้อสเต็กที่ผ่านการฉีดไขมัน มีค่าเฉลี่ยแรงเฉือนที่ร้อยละ 19 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเนื้อที่ไม่ฉีดไขมัน ข้อมูลดังกล่าวยังเป็นไปตามผลการทดลองของ Durham และคณะ (1961) ที่กล่าวว่าเนื้อสเต็กที่มีการฉีดไขมันต้องการค่าแรงที่ใช้ในการตัดน้อยลง ในทำนองเดียวกัน Emerson และคณะ (2013) พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวเกรด standard มีค่าแรงเฉือนที่มากกว่าเนื้อวัวเกรด prime ซึ่งมีผลการทดลองตรงกับงานวิจัยของ Timm และคณะ (2003) ที่กล่าวว่าเนื้อวัวเกรด standard มีค่าแรงเฉือนมากกว่าเนื้อวัวเกรด prime และสรุปว่าเนื้อสเต็กเกรด standard จะนุ่มน้อยกว่า สำหรับค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูป พบว่าเนื้อฉีดไขมันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปมากกว่าเนื้อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ร้อยละ 28.44 และ 19.67 ตามลำดับ มีค่าผลต่างอยู่ที่ร้อยละ 8.77 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Holmes และคณะ (2013) ซึ่งรายงานว่าเนื้อฉีดไขมันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปมากกว่าเนื้อควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส สำหรับผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนพบว่าผู้ทดสอบชิมสามารถตรวจรับรู้ถึงกลิ่นรสที่ผิดปกติ (off-flavor) ของเนื้อวัวควบคุมซึ่งเข้มข้นกว่าเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันหมูลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.02$) สำหรับคะแนนได้ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดย Reed และคณะ (2017) ตั้งสมมติฐานว่า อาจเกิดจาก halo effect ของผู้ทดสอบ ซึ่งหมายถึงว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกคุณลักษณะอื่นๆ ได้เนื่องจากกลิ่นรสที่ผิดปกติมีความเข้มข้นกลบคุณลักษณะอื่นๆ สำหรับผู้บริโภคทั่วไปพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำของเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมากกว่าเนื้อวัวควบคุม โดยในด้านความนุ่มให้คะแนนความชอบ 6.7 และ 6.3 ตามลำดับ ($p=0.08$) ในด้านความชุ่มฉ่ำให้คะแนนความชอบ 6.3 และ 5.7 ตามลำดับ ($p=0.05$) สำหรับในคุณลักษณะกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p\geq 0.13$) จากผู้บริโภคทั้งหมด 140 คน มีผู้บริโภคร้อยละ 59.3 หรือ 83 คน เลือกยอมรับเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันหมู และผู้บริโภคร้อยละ 41.7 หรือ 57 คน เลือกยอมรับเนื้อวัวควบคุม โดย Reed และคณะ (2017) สรุปว่าการฉีดไขมันหมูลงในเนื้อวัวส่วนสันนอกที่มีระดับการแทรกของไขมันน้อยสามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในเนื้อวัว ลดค่าแรงเหวี่ยง และสามารถปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความอร่อยได้ นอกจากนี้ผู้บริโภคยังยอมรับเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมากกว่าเนื้อวัวที่ไม่มีการฉีดไขมัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ไขมันวัว รับมาจากแหล่งเลี้ยงที่ต่างกัน 2 ระบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ระบบการเลี้ยงที่ 1 เป็นไขมันที่รวบรวมจากการตัดแต่งชิ้นส่วนเนื้อจากวัวลูกผสมเลือดชาโรเล่ย์ (Charolais) สายพันธุ์ *Bos Taurus* มากกว่าร้อยละ 50 จำนวน 12 ตัว จากจังหวัดสกลนคร ระบบการเลี้ยงที่ 1 นี้ จะมีการนำลูกโคอายุประมาณ 2 ปี มาถ่ายพยาธิ ฉีดวัคซีน ก่อนการนำไปขุน โดยการเลี้ยงอาหารธรรมชาติเป็นหลัก ได้แก่ อาหารหยาบที่ใช้หญ้าหรือฟาง และเสริมด้วยอาหารสูตรพิเศษที่ใช้ธัญพืชในการผลิต เป็นเวลา 8-14 เดือน มีการเสริมกากน้ำตาลเป็นเวลา 3 เดือน ก่อนสิ้นสุดการขุนที่น้ำหนักวัวมีชีวิต 550-650 กิโลกรัม นำไขมันที่รวบรวมได้ มาบรรจุในถุง laminate polyethylene สภาวะสุญญากาศ จากนั้นนำถุงใส่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งสำหรับควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส (เก็บรวบรวมและเดินทางภายใน 3 วัน) ก่อนการขนส่งมาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ จากนั้นนำมาเก็บในตู้แช่แข็ง ควบคุมอุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพ (โดยเก็บไว้ไม่เกิน 6 เดือน)

ระบบการเลี้ยงที่ 2 เป็นไขมันที่รวบรวมจากการตัดแต่งชิ้นส่วนเนื้อจากวัวลูกผสมเลือดชาโรเล่ย์ (Charolais) สายพันธุ์ *Bos Taurus* มากกว่าร้อยละ 50 เช่นกัน จำนวน 12 ตัว จากจังหวัดระยอง และนำเข้าโรงเชือดที่จังหวัดราชบุรี ก่อนการนำมาตัดแต่งชิ้นส่วนเนื้อที่จังหวัด นครปฐม ระบบการเลี้ยงที่ 2 นี้ มีการนำลูกวัวมาขุน โดยใช้อาหารหยาบ ประกอบด้วยหญ้าเนเปียร์ ฟางแห้ง เปลือกและก้านสับประรด คลุกเคล้าผสมกับอาหารข้นที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 ให้โคได้กินวันละ 2 มื้อ มื้อละ 3 กิโลกรัมต่อตัว น้ำหนักวัวก่อนเชือด 600-650 กิโลกรัม ไขมันที่ได้จากการตัดแต่งจะนำมาบรรจุในถุง laminate polyethylene สภาวะสุญญากาศ เช่นเดียวกัน และนำขนส่งมาที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ จากนั้นนำมาเก็บในตู้แช่แข็ง ควบคุมอุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพ (โดยเก็บไว้ไม่เกิน 6 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 เนื้อส่วนสันนอก (strip loin) เป็นเนื้อวัวถูกผสมเลือดชาโรเลย์ส่วนสันนอกที่ตัดระหว่างซี่โครงที่ 13 ถึงกระดูก lumbar ซึ่งสุดท้ายจากซากโคขุน ซึ่งมีระดับกรดไขมันแทรกของไขมันที่น้อยจากสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ จำกัด (Max Beef) ซึ่งจะถูกนำมาเก็บในตู้แช่เย็น ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 ± 1 องศาเซลเซียส นานไม่เกิน 2 วัน ก่อนการนำไปนึ่งสุกละลายไขมันตัดแปรต่อไป

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการนึ่งไขมันวัว

3.2.1.1 สารควบคุม (control)	(นำเข้าจากต่างประเทศ)
3.2.1.2 เลซิทีน (Lecithin)	(Lecico, Germany)
3.2.1.3 โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium Carboxymethyl Cellulose)	(Shandong Yulong Cellulose Technology Co., Ltd., China)
3.2.1.4 กัวกัม (Guar gum)	(Food grade)
3.2.1.5 คาร์ราจีแนน (Carrageenan)	(Food grade)
3.2.1.6 โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (Soy protein isolate)	(Shandong Sinoglory Health Food Co. Ltd., China)

3.2.2 สารเคมีวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.2.1 Acetic acid	(Merck, Germany)
3.2.2.2 Hydrochloric acid	(Merck, Germany)
3.2.2.3 Isooctane	(Fisher, USA)
3.2.2.4 <i>p</i> -Anisidine	(Sigma, Canada)
3.2.2.5 Potassium iodide	(Merck, Germany)
3.2.2.6 Starch	(Merck, Germany)
3.2.2.7 Thiobarbituric acid	(Sigma, Canada)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง	(Ohaus, USA)
3.3.2 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	(Denver Instrument, Germany)
3.3.3 เครื่องบดเนื้อ	(Sirman, TC12E, Italy)
3.3.4 เครื่องวัดสี	(Hunter Lab, USA)
3.3.5 เครื่องวัดสี	(Chroma Meters, CR-400, Japan)

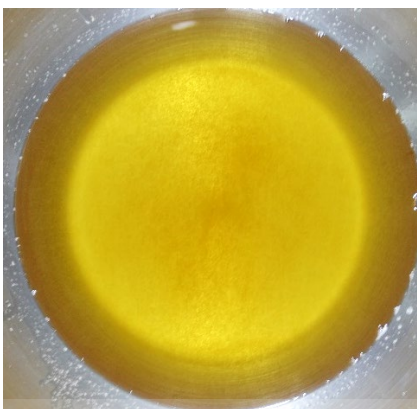
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.3.6 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield, USA)
- 3.3.7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems, TA.XT plus, UK)
- 3.3.8 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Eppendorf, 5804r, Germany)
- 3.3.9 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (NETZSCH, DSC 204 F1, Germany)
- 3.3.10 เครื่อง Gas chromatography (Agilent Technologies, 7890A, USA)
- 3.3.11 เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Shimadzu, UV1800, Japan)
- 3.3.12 ตู้แช่แข็ง (Haier, HCF428H-2, Thailand)
- 3.3.13 อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ (FLUKE, 62 MAX, USA)
- 3.3.14 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Mettler, Germany)
- 3.3.15 Vortex mixer (Scientific Industries, USA)
- 3.3.16 อุปกรณ์เครื่องแก้ว
- 3.3.17 อุปกรณ์เครื่องครัว
- 3.4 วิธีการทดลอง**

3.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัว

3.4.1.1 การเตรียมไขมันวัว

นำไขมันวัวจากโคลูกผสมเลือดชาโรเลย์ จากระบบการเลี้ยงแต่ละระบบ ดังแสดงรายละเอียดในข้อ 3.1.1 มาละลายที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไขมันวัวไปตัดแต่งเศษเนื้อ และส่วนอื่นที่ไม่ใช่ไขมันออก โดยใช้ไขมันวัวทั้งหมด 60 กิโลกรัม หั่นเป็นชิ้นขนาดเล็ก หนาไม่เกิน 1 นิ้ว ก่อนนำไปบดด้วยเครื่องบด ที่มีรูเปิดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 2 รอบ นำไขมันที่บดแล้วใส่หม้อ และให้ความร้อนผ่านหม้อทนความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการให้ความร้อนนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำมันมากรองโดยใช้ตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เพื่อแยกกากออก น้ำมันวัวส่วนใสหลังการกรองแสดงดังภาพที่ 3.1 นำน้ำมันส่วนใสมาบรรจุลงขวดอะลูมิเนียม ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยบรรจุน้ำมันลงไปปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นพ่นแก๊สไนโตรเจนที่บริเวณผิวหน้าของน้ำมัน ก่อนการปิดฝาให้สนิท และเก็บตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์คุณภาพ



ภาพที่ 3.1 น้ำมันรำส่วนใสหลังการกรอง

3.4.1.2 การตรวจสอบคุณภาพไขมันรำ

การวิเคราะห์คุณภาพไขมันรำ เริ่มจากทำการหลอมเหลวไขมันในข้อ 3.4.1.1 โดยนำขวดอะลูมิเนียมมาแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1) องค์ประกอบของกรดไขมัน โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (ดัดแปลงจาก Shun และ Yun, 2011) เตรียมตัวอย่างให้เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมัน Fatty acid methyl ester (ดัดแปลงจาก AOAC Official Method 991.39) วิธีการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก รายงานผลองค์ประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละ

2) พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมัน โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (ดัดแปลงจาก Li และคณะ, 2018)

โดยเตรียมตัวอย่างน้ำมัน น้ำหนัก 10 มิลลิกรัม ใส่ลงใน pan แบบอะลูมิเนียมขนาด 40 ไมโครลิตร ปิดฝาให้สนิท นำไปวิเคราะห์โดยใช้ pan เปล่าเป็นสภาวะอ้างอิง กำหนดสภาวะในการวิเคราะห์โดยเริ่มต้นทำการให้ความร้อนจากอุณหภูมิ 25 ถึง 80 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายโครงสร้างผลึกของไขมัน จากนั้นให้ความร้อนคงที่ที่ 80 องศาเซลเซียส (isotherm) เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงลดอุณหภูมิจนถึง -50 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการให้ความเย็น 5 องศาเซลเซียสต่อนาที รอให้ความเย็นคงที่ที่ -50 องศาเซลเซียส (isotherm) เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเพิ่มความร้อนขึ้นด้วยอัตราการให้ความร้อน 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิขึ้นถึง 80 องศาเซลเซียส บันทึกค่าอุณหภูมิที่

ใช้ในการตกผลึก และหลอมเหลวของตัวอย่างทั้งหมด ได้แก่ อุณหภูมิเริ่มต้น (onset temperature; T_{onset}) อุณหภูมิสูงสุด (peak temperature; T_{peak}) และอุณหภูมิสุดท้าย (offset temperature; T_{offset})

3.4.2 การศึกษากระบวนการผลิตไขมันวัวแยกส่วน

การเตรียมไขมันก่อนการแยกส่วน ดำเนินการ โดยนำไขมันวัวจากโคลูกผสมเลือดชาโรเลย์ จากข้อ 3.1.1 ที่มาจากระบบการเลี้ยงที่ 2 มาผ่านกระบวนการเตรียมในลักษณะเดียวกันกับข้อ 3.4.1.1 นำส่วนของเหลวที่ได้มาบรรจุในภาชนะปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง เมื่อจะใช้ให้นำขวดที่บรรจุไขมันมาหลอมเหลวโดยใช้ความร้อนเพื่อให้ไขมันมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส

กระบวนการแยกส่วน เริ่มจากการนำน้ำมันวัวปริมาตร 30 ลิตร ใสลงในชุดอุปกรณ์แยกส่วนไขมันวัวของสถานประกอบการ ลักษณะของน้ำมันวัวในชุดอุปกรณ์แยกส่วนไขมัน แสดงดังภาพที่ 3.2 ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วรอบในการกวนของเหลวในถังให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ และสามารถควบคุมอุณหภูมิของของเหลวในถังในระหว่างการกวนส่วนผสมได้



ภาพที่ 3.2 ลักษณะของน้ำมันวัวในชุดอุปกรณ์แยกส่วนไขมัน

ในการแยกส่วนของน้ำมัน มีปัจจัยที่ศึกษา ประกอบด้วย อุณหภูมิของน้ำมัน 3 ระดับ ได้แก่ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจาก วรรณ และคณะ, 2554) ความเร็วรอบในการหมุน เท่ากับ 10, 20 และ 30 รอบต่อนาที แสดงรายละเอียดตามตารางที่ 3.1 กำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นของไขมันก่อนการแยกให้เท่ากับ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการตกผลึก 3 ชั่วโมงนับจากอุณหภูมิใจกลางของน้ำมันเท่ากับอุณหภูมิที่ศึกษา จากนั้นนำไขมันที่ผ่านการทำให้เกิดผลึกมาแยกไขมัน ออกเป็น 2 ส่วน โดยเทคนิคการกรองด้วยแรงดันเพื่อแยกไขมันส่วนที่เกิดผลึกออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ความเร็วรอบในการกวน และอุณหภูมิในการตกผลึกของน้ำมันที่สภาวะต่างๆ

สัญลักษณ์ (C-r-T)	ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิในการตกผลึกของน้ำมัน (องศาเซลเซียส)
C-10-25	10	25
C-10-30	10	30
C-10-35	10	35
C-20-25	20	25
C-20-30	20	30
C-20-35	20	35
C-30-25	30	25
C-30-30	30	30
C-30-35	30	35

หมายเหตุ C หมายถึง วัตุดิบน้ำมันวัวก่อนการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนด, r หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส)

สำหรับน้ำมันส่วนใสที่แยกได้นั้น จะนำไปบรรจุในขวดอะลูมิเนียม และพ่นแก๊สไนโตรเจนที่บริเวณผิวหน้าของน้ำมันก่อนการปิดฝา และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส การนำตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน จะนำขวดอะลูมิเนียมมาแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ก่อนการนำไปวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมัน ตามรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.2.1 องค์ประกอบของกรดไขมัน โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (ดัดแปลงจาก Shun และ Yun, 2011) เตรียมตัวอย่างให้เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมัน Fatty acid methyl ester (ดัดแปลงจาก AOAC Official Method 991.39) วิธีการวิเคราะห์แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก รายงานผลองค์ประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละ

3.4.2.2 พฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมัน โดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (ดัดแปลงจาก Li และคณะ, 2018) รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2) ในหัวข้อ 3.4.1.2

3.4.2.3 ค่าเพอร์ออกไซด์ (ดัดแปลงจาก AOCS Cd 8b-90, 2003) รายละเอียดในภาคผนวก ข

3.4.2.4 ค่าแอนิซิดิน (ดัดแปลงจาก AOCS Cd 18-90, 1997) รายละเอียดในภาคผนวก ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.5 ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้ Hunter lab colorimeter

นำน้ำมันที่หลอมเหลวแล้วใส่ลงในขวดสำหรับใส่สารละลายเพื่อวัดสีให้มีปริมาตร 40 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปลดอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิในการตกผลึก ตามสภาวะที่ใช้ในการตกผลึกนาน 60 นาที และนำไปวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab วัดค่าสีระบบ CIE $L^*a^*b^*$

การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการแยกส่วนของไขมัน ได้ใช้เกณฑ์การคัดเลือกจากกรณีของน้ำมันที่มีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวที่ต่ำลง และกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่สูงขึ้น โดยมีการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำมัน เช่น จุดหลอมเหลว จุดเยือกแข็ง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัน รวมถึงค่าสีของน้ำมัน เป็นข้อมูลประกอบ สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการแยกส่วนของไขมัน จะนำไปศึกษาผลของการใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ในการเตรียมไขมันดัดแปร ในข้อที่ 3.4.3 ต่อไป

3.4.3 การศึกษาผลของการใช้อิมัลซิไฟเออร์ในการเตรียมไขมันดัดแปร

3.4.3.1 การคัดเลือกกลุ่มของอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมไขมันดัดแปร

นำไขมันวัวแยกส่วนที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.2 มาเพื่อผลิตไขมันวัวดัดแปร โดยทำการคัดเลือกชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ ในกลุ่ม โพรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ที่มีการทดลองในงานวิจัยต่างๆ ได้แก่ เลซิทีน ซีเอ็มซี กัวร์กัม คาร์ราจีแนน โพรตีนถั่วเหลือง ไอโซเลท เปรียบเทียบกับสารควบคุมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เพื่อคัดเลือกชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมในการเตรียมไขมันดัดแปรต่อไป

สำหรับวิธีการเตรียมไขมันดัดแปรจะผสมอิมัลซิไฟเออร์กับของเหลวในสัดส่วนต่างๆ ดังแสดงตารางที่ 3.2 นำไปให้ความร้อนที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นโฮโมจีไนซ์ ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

ตารางที่ 3.2 สัญลักษณ์ ชนิดและปริมาณของส่วนผสม (ร้อยละ) ในการเตรียมไขมันตัดแปร

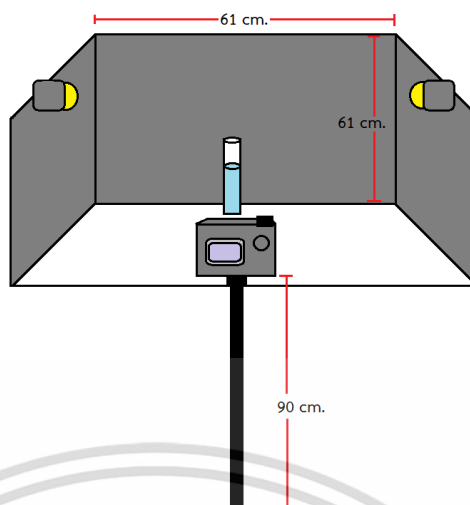
การทดลองที่	สัญลักษณ์	อิมัลซิไฟเออร์		ของเหลว (ร้อยละ)
		ชื่อสาร	ปริมาณ (ร้อยละ)	
1	C3.2	สารควบคุม	3.23	96.77
2	L1.0	เลซิทิน ¹	1	99
3	L3.2	เลซิทิน ¹	3.23	
4	CMC0.1	ซีเอ็มซี ²	0.1	99.9
5	CMC0.5	ซีเอ็มซี ²	0.5	99.5
6	G0.1	กัวร์กัม ³	0.1	99.9
7	G0.5	กัวร์กัม ³	0.5	99.5
8	CR0.1	คาร์ราจีแนน ⁴	0.1	99.9
9	CR0.5	คาร์ราจีแนน ⁴	0.5	99.95
10	S1.0	โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ⁵	1	99
11	S3.2	โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ⁵	3.23	96.77

หมายเหตุ ¹McClements และ Gumus, (2016), ²Gibis และคณะ, (2014), ³Mudgil และคณะ (2011), ⁴Trius และคณะ (2009), ⁵Nishinari และคณะ (2014)

ส่วนผสมของไขมันตัดแปรที่ได้จะถูกนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้

1) ลักษณะปรากฏ โดยภาพถ่าย

หลังจากการเตรียมไขมันตัดแปรโดยการโฮโมจีไนซ์ ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ปิดฝา และตั้งไว้ที่โต๊ะที่มีความสูงจากพื้น 80 เซนติเมตร จับเวลาและถ่ายภาพที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 และ 180 นาที ถ่ายภาพโดยใช้กล้องดิจิทัล Nikon รุ่น D3100 ตั้งกล้องถ่ายรูปโดยใช้ขาตั้งกล้องที่มีความสูง 90 เซนติเมตร โดยมีฉากไม้สีดำกั้นบังแสงจากภายนอก 3 ด้าน มีความยาวด้าน X ด้าน เท่ากับ 61 เซนติเมตร โดยติดตั้งไฟ LED สีขาวให้ความสว่าง 450 LM±10 ติดตั้งตรงตำแหน่งด้านบนที่กึ่งกลางของด้านแผ่นไม้ 2 ด้าน รายละเอียดการติดตั้งการถ่ายภาพแสดงดัง ภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การติดตั้งการถ่ายภาพตัวอย่าง

2) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้ colorimeter

นำไขมันคัดแปรหลังจากโฮโมจีไนซ์มาใส่ลงในขวดสำหรับใส่สารละลายเพื่อวัดสีให้มีปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าสีโดยทันที ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab วัดค่าสีระบบ CIE $L^*a^*b^*$

3) ค่า creaming index โดยการตั้งทิ้งไว้ (ดัดแปลงจาก Shujie และคณะ, 2017)

หลังจากการเตรียมไขมันคัดแปรโดยการโฮโมจีไนซ์ ปิดตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ปิดฝา และตั้งไว้ที่โต๊ะ จับเวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 และ 180 นาที จากนั้นวัดความสูงของการเกิดครีม และคำนวณค่า creaming index ดังสมการที่ 1

$$\text{ค่า creaming index (\%)} = \frac{H_S}{H_E} \times 100 \quad (1)$$

โดย H_S คือ ความสูงของชั้นเซรัมหรือสารละลาย

H_E คือ ความสูงของสารละลายอิมัลชัน

เกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มของอิมัลชันไฟเออร์ที่เหมาะสมต่อการนำไปทดลองในข้อ 3.4.3.2 จะเลือกจากไขมันคัดแปรที่เตรียมจากอิมัลชันไฟเออร์ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับกรณีการใช้สารควบคุมมากที่สุด แล้วจึงนำไปศึกษาปริมาณของอิมัลชันไฟเออร์ที่เหมาะสมต่อการผลิตไขมันวัวคัดแปรในข้อ 3.4.3.2 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2 การศึกษาอัตราส่วนของอิมัลชันไฟเออร์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมไขมันวัวตัดแปร

นำอิมัลชันไฟเออร์ที่คัดเลือกได้จากข้อ 3.4.3.1 จำนวน 2 ชนิด มาศึกษาอัตราส่วนที่ใช้ในการผลิต จำนวน 3 ระดับ สัดส่วนดังแสดงตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบกับกรณีการใช้สารควบคุมในการผลิตไขมันวัวตัดแปร โดยการเตรียมส่วนผสมในลักษณะเดียวกันกับข้อ 3.4.3.1 จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้

1) การตรวจสอบคุณลักษณะของไขมันตัดแปร

1.1) ลักษณะปรากฏ โดยภาพถ่าย รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 1) ในหัวข้อ 3.4.3.1 โดยปรับเวลาเหลือเพียง 60, 120 และ 180 นาที

1.2) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้ colorimeter รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2) ในหัวข้อ 3.4.3.1

1.3) ค่า creaming index โดยธรรมชาติ (ดัดแปลงจาก Shujie และคณะ, 2017)

หลังจากการเตรียมไขมันตัดแปร โดยการโฮโมจีไนซ์ ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ปิดฝา และตั้งไว้ที่โต๊ะ จับเวลา 60, 120 และ 180 นาที จากนั้นวัดความสูงของการเกิดครีม และคำนวณค่า creaming index ดังรายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 3) ในหัวข้อ 3.4.3.1

1.4) ค่า creaming index โดยอาศัยแรงหมุนเหวี่ยง (ดัดแปลงจาก Mun และคณะ, 2009)

หลังจากการเตรียมไขมันตัดแปร โดยการโฮโมจีไนซ์ ปิเปตตัวอย่าง 50 กรัม ใส่ลงในขวดสำหรับปั่นเหวี่ยง ปิดฝา นำไปลงในเครื่องปั่นเหวี่ยง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที วัดความสูงของการเกิดครีม และคำนวณค่า creaming index จากการปั่นเหวี่ยง ดังสมการ (2)

$$\text{ค่า creaming index จากการปั่นเหวี่ยง (\%)} = \frac{H_S}{H_E} \times 100 \quad (2)$$

โดย H_S คือ ความสูงของชั้นเซรัมหรือสารละลาย

H_E คือ ความสูงของสารละลายอิมัลชัน

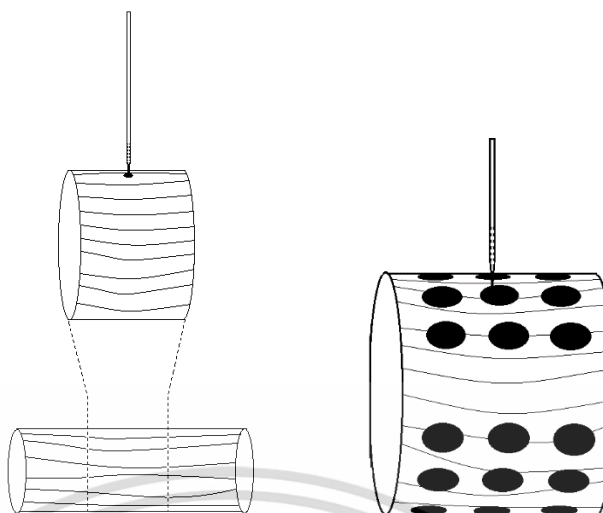
ตารางที่ 3.3 สัญลักษณ์ ชนิดและปริมาณของส่วนผสม (ร้อยละ) ในการเตรียมไขมันตัดแปร

การทดลองที่	สัญลักษณ์	อิมัลซิไฟเออร์		ของเหลว (ร้อยละ)
		ชื่อสาร	ปริมาณ (ร้อยละ)	
1	C3.2	สารควบคุม	3.23	96.77
2	A1.0	A	1	99
3	A2.0	A	2	98
4	A3.0	A	3	97
5	B1.0	B	1	99
6	B2.0	B	2	98
7	B3.0	B	3	97

หมายเหตุ A และ B คืออิมัลซิไฟเออร์ที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.4.3.1 และ C คือสารควบคุม

2) คุณภาพของเนื้อที่ฉีดไขมันวัวตัดแปร

นำไขมันวัวตัดแปรจากข้อ 3.4.3.2 ดังกล่าว ฉีดลงในเนื้อวัวขุนส่วนสันนอก ที่มีไขมันแทรกน้อย จากข้อ 3.1.2 เปรียบเทียบกับไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุม ฉีดลงไปเนื้อวัว โดยใช้เครื่องฉีดสารละลายน้ำบราวน์ เข้าไปในเนื้อ โดยตัวเครื่องประกอบไปด้วย 1. เข็มฉีดที่มีรูรอบด้านทั้ง 4 ทิศทาง แต่ละด้านมี 4 รู 2. กระจบอกฉีด และ 3. สายยางและตัวกรองสำหรับดูดสารละลาย กำหนดลักษณะการฉีดโดยการแทงเข็มตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ 2 ด้าน ด้านละ 9 จุด ลักษณะการฉีดไขมันวัวตัดแปรจากมุมสูงแสดงดังภาพที่ 3.4 เพื่อเพิ่มน้ำหนักจากเดิมร้อยละ 15 ควบคุมอุณหภูมิเนื้อขณะฉีด 5 ± 2 องศาเซลเซียส ควบคุมตัวอย่างเพื่อลดความคาดเคลื่อนโดยใช้เนื้อวัวสันนอก 1 เส้น ตัดให้มีความหนา 5 เซนติเมตร จำนวน 7 ชิ้น เพื่อฉีดไขมันตัดแปรทั้ง 7 การทดลอง กำหนดให้เนื้อวัวสันนอกที่มาจากเส้นเดียวกัน ตรวจสอบคุณภาพเดียวกัน

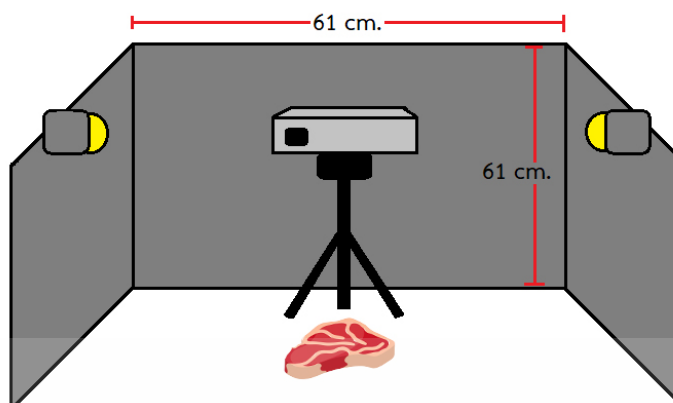


ภาพที่ 3.4 ลักษณะการหดตัวของไขมันวัวตัดแปรจากมุมสูง
หมายเหตุ จุดสีดำคือตำแหน่งในการฉีดไขมันตัดแปร

หลังจากนั้นนำไปบรรจุลงสุญญากาศ แช่เย็นที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง และนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อรอการตรวจวัดคุณภาพของเนื้อ ก่อนการตรวจวัดคุณภาพจะนำเนื้อที่ฉีดไขมันมาละลายที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง เพื่อละลายน้ำแข็ง และนำไปตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1) ลักษณะปรากฏ โดยภาพถ่าย

หลังจากละลายนำมาผ่าครึ่งตามขวางเส้นไขกล้ามเนื้อ ให้มีขนาด 2.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปถ่ายภาพทันทีด้วยกล้องดิจิทัล Nikon รุ่น D3100 ตั้งกล้องถ่ายรูปโดยใช้ขาตั้งกล้องจากโต๊ะที่วางตัวอย่างโดยตั้งขาตั้งให้มีความสูงจากโต๊ะ 50 เซนติเมตร โดยมีฉากไม้สีดำกั้นบังแสงจากภายนอก 3 ด้าน มีความยาวด้าน X ด้าน เท่ากับ 61 เซนติเมตร โดยติดตั้งไฟ LED สีขาวให้ความสว่าง $450 \text{ LM} \pm 10$ ติดตั้งตรงตำแหน่งด้านบนที่กึ่งกลางของด้านแผ่นไม้ 2 ด้าน รายละเอียดการติดตั้งการถ่ายภาพแสดงดัง ภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 การติดตั้งการถ่ายภาพเนื้อติดไขมัน

2.2) การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแปรรูป (ดัดแปลงจาก Baublits และคณะ, 2007)

นำเนื้อมาผ่าครึ่งตามขวางเส้นใยกล้ามเนื้อ ให้มีขนาดด้านละ 2.5 เซนติเมตร นำไปแช่ น้ำหนักก่อนการแปรรูป จากนั้นนำไปใส่เตาอบไฟฟ้า (convection oven) กำหนดอุณหภูมิในการอบ ที่ 170 องศาเซลเซียส อบจนอุณหภูมิใจกลางของเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส วัดอุณหภูมิใจกลางโดยการใช้เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอลสำหรับเนื้อสัตว์ เมื่อครบเวลานำออกมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เนื้อเย็นลงนาน 30 นาที และนำไปวัดน้ำหนักหลังการแปรรูป และนำมาคำนวณค่าการสูญเสีย น้ำหนักเนื่องจากการแปรรูป ดังสมการ (3)

$$\text{ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแปรรูป} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (3)$$

โดย W_1 คือ น้ำหนักก่อนการแปรรูป

W_2 คือ น้ำหนักหลังการแปรรูปโดยการอบ

2.3) ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวโดยวัดค่าแรงเคียน (ดัดแปลงจาก Baublits และคณะ, 2007)

นำเนื้อหลังจากการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการแปรรูปมาตัดตามขนาด โดยกำหนด ความหนาตามแนวเส้นใยกล้ามเนื้อมีความยาว 1.5 เซนติเมตร ด้านกว้าง \times ยาว มีค่าเท่ากับ 1×1 เซนติเมตร เมื่อได้ขนาดนำไปวัดค่าแรงเคียน โดยเครื่อง TA.XT plus ใช้หัววัดแบบใบมีด HDP/BS

รายละเอียดการกำหนดค่าในการวัดดังภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4) ความคงตัวของเนื้อเนื่องจากการละลาย (คัดแปลงจาก Jeong และคณะ, 2011)

นำเนื้อมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง นำไปชั่งน้ำหนักหลังการละลาย จากนั้นนำไปแช่แข็งและละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ และเวลา ตามข้างต้น จนครบทั้งหมด 3 รอบ นำไปคำนวณดังสมการ (4)

$$\text{ค่าน้ำหนักผลผลิตหลังการละลาย (ร้อยละ)} = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100 \quad (4)$$

โดย W_3 คือ น้ำหนักเริ่มต้น

W_4 คือ น้ำหนักหลังการละลาย

2.5) ค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดยใช้ Chroma Meters

นำเนื้อวัวหลังการถ่ายภาพในข้อ 2.1) มาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Chroma meter กำหนดตำแหน่งในการวัดค่าสี 3 จุด คือกึ่งกลางของเนื้อด้านซ้าย ตรงกลาง และด้านขวา วัดค่าสีด้วยระบบ CIE $L^*a^*b^*$

การคัดเลือก ชนิดและระดับของสารอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมในการเตรียมไขมันวัวตัดแปร ได้ใช้เกณฑ์ที่ไขมันตัดแปรมีความคงตัวที่สูง มีค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการแปรรูป ค่าแรงเฉือน ค่าการสูญเสียน้ำเนื่องจากการละลาย และค่าสี ที่ส่งผลต่อคุณภาพดีกว่าหรือใกล้เคียงกับไขมันตัดแปรผสมสารควบคุมที่เหมาะสมเพียง 1 สูตร จะถูกคัดเลือกเพื่อนำไปผลิตเนื้อนิตไขมันวัวตัดแปร และตรวจสอบคุณภาพในข้อ 3.4.4 ต่อไป

3.4.4 การผลิตเนื้อนิตไขมันวัวตัดแปร

นำไขมันวัวตัดแปรที่ถูกคัดเลือกและเตรียมในลักษณะเดียวกันกับข้อที่ 3.4.3.2 มาฉีดลงในเนื้อโคขุนส่วนสันนอกที่มีไขมันแทรกน้อย จากข้อ 3.1.2 โดยใช้เครื่องฉีดไขมันความดันสูงของสถานประกอบการ กำหนดการฉีดโดยการแทงเข็มตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ 1 ด้าน โดยฉีด 2 ครั้งต่อเนื้อสันนอก 1 เส้น เพื่อเพิ่มน้ำหนักจากเดิมขึ้นร้อยละ 20 ควบคุมอุณหภูมิเนื้อขณะฉีดที่ 5±2 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 3 ชั่วโมง นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส เพื่อบริการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อ ก่อนการตรวจสอบคุณภาพนำเนื้อที่ฉีดไขมันมาละลายที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 12 ชั่วโมง เพื่อละลายน้ำแข็ง และนำไปตรวจสอบคุณภาพดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.1 ลักษณะปรากฏ โดยภาพถ่าย รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2.1) ในหัวข้อ 3.4.3.2

3.4.4.2 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแปรรูป (ดัดแปลง Baublits และคณะ, 2007) รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2.2) ในหัวข้อ 3.4.3.2

3.4.4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวโดยวัดค่าแรงเนียน (ดัดแปลงจาก Baublits และคณะ, 2007) รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2.3) ในหัวข้อ 3.4.3.2

3.4.4.4 ความคงตัวของเนื้อเนื่องจากการละลาย (ดัดแปลงจาก Jeong และคณะ, 2011) รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2.4) ในหัวข้อ 3.4.3.2

3.4.4.5 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำเนื้อวัวที่ผ่านการฉีดไขมันตัดแปรทั้ง 2 ชนิด มาตัดให้มีขนาดตามแนวเส้นใยกล้ามเนื้อ 1.5 เซนติเมตร ด้านกว้าง \times ยาว มีค่าเท่ากับ 1×1 เซนติเมตร จากนั้นนำไปย่างบนกระทะเทฟลอนให้มีความสุกระดับ Well done นำไปจัดทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เนื้อฉีดไขมันวัวตัดแปร 3 ชิ้นต่อ 1 ตัวอย่าง จำนวนผู้ทดสอบทั้งหมด 50 คน โดยผู้ทดสอบมีพฤติกรรมในการรับประทานเนื้อวัวเป็นอาหารโดยปกติ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจะประเมินคุณภาพด้าน สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรส ความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Hedonic scale ระดับ 7 คะแนน (1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบปานกลาง, 3 = ไม่ชอบน้อย, 4 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ, 5 = ชอบน้อย, 6 = ชอบปานกลาง, 7 = ชอบมาก)

3.4.4.6 การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์

นำเนื้อฉีดไขมันวัวตัดแปรที่ผลิตได้มาบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน โดยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมี ทุก 1 สัปดาห์ ก่อนการตรวจสอบคุณภาพนำเนื้อที่ฉีดไขมันมาละลายที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง เพื่อละลายน้ำแข็ง โดยมีคุณลักษณะที่ตรวจสอบดังนี้

1) ค่าไทโอบาร์บิทริกแอซิด (ดัดแปลงจาก Wójciak และคณะ, 2014) รายละเอียดดังภาคผนวก จ

2) ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวโดยวัดค่าแรงเนียน (ดัดแปลงจาก Baublits และคณะ, 2007) รายละเอียดเช่นเดียวกับข้อ 2.3) ในหัวข้อ 3.4.3.2

3.4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ สำหรับการตรวจค่าการเกิดออกซิเดชันของไขมัน (ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าแอนิซิดีน) ค่าสี ในข้อที่ 3.4.2 สำหรับการตรวจค่าสี ค่า Creaming index ทั้ง 2 วิธี ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแปรรูป ค่าแรงเฉือน ค่าการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการละลาย และค่าไทโอบาบิทรिकแอซิด ในข้อที่ 3.4.3-3.4.4 ทั้งหมดออกแบบแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนด้วย Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสออกแบบแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัว

การตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัวที่ใช้ในการทดลองโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1.1 พบว่าไขมันวัวมีองค์ประกอบหลักคือกรดโอเลอิก (C18:1n9c) กรดปาล์มิติก (C16:0) และ กรดสเตียริก (C18:0) โดยผลการทดลองพบว่าไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงทั้ง 2 ระบบ มีค่าองค์ประกอบของกรดไขมันที่ใกล้เคียงกัน โดยไขมันจากวัวจากระบบการเลี้ยงที่ 1 ซึ่งมีการเลี้ยงโดยให้อาหารหยาบ ได้แก่ หญ้าหรือฟาง และอาหารสูตรพิเศษที่ทำจากธัญพืช และมีการเสริมกากน้ำตาล พบกรดโอเลอิก ร้อยละ 40.05 กรดปาล์มิติก ร้อยละ 24.39 และกรดสเตียริก ร้อยละ 10.81 ตามลำดับ สำหรับไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ 2 ซึ่งมีการเลี้ยงโดยให้อาหารหยาบ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ ฟางแห้ง เปลือกและก้านสับประด และอาหารข้นที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 พบกรดโอเลอิก ร้อยละ 40.70 กรดปาล์มิติก ร้อยละ 25.71 และกรดสเตียริก ร้อยละ 11.75 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงที่มีการให้อาหารที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เนื่องด้วยระบบการเลี้ยงทั้ง 2 ระบบ ต้องการเลี้ยงโคขุนให้มีไขมันแทรกปริมาณมาก จึงมีการเสริมอาหารสูตรพิเศษของแต่ละระบบที่มีองค์ประกอบหลักเหมือนกัน โดยระบบการเลี้ยงที่ 1 เป็นอาหารสูตรพิเศษที่ทำจากธัญพืช ซึ่งโดยทั่วไป ธัญพืชมีองค์ประกอบหลักคือ โปรตีน และไขมัน ซึ่งสอดคล้องระบบการเลี้ยงที่ 2 ซึ่งมีการให้อาหารข้นที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 14 นอกจากนั้นยังมีการให้หญ้า และฟาง เป็นอาหารทั่วไปของโคขุน นอกจากนั้นสายพันธุ์ในการเลี้ยงของทั้ง 2 ระบบ คือมาจากวัวลูกผสมเลือดชาโรเลย์มากกว่าร้อยละ 50 เหมือนกัน จึงทำให้มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่คล้ายคลึงกัน โดย Smith และ คณะ (2009) กล่าวว่านอกจากอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงวัวแล้ว ยังมีอีก 2 ปัจจัย คือ สายพันธุ์ และอายุของวัว ที่จะส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันวัว

กรดโอเลอิกในไขมันวัวมีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับกรดไขมันอีกสองชนิด ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ใช้ในการเลี้ยง และปัจจัยในการผลิตที่สามารถเปลี่ยนรูปของกรดสเตียริกเป็นกรดโอเลอิก ได้แก่ เอนไซม์ Δ^9 desaturase ที่พบในเนื้อเยื่อของเนื้อสัตว์ สามารถเปลี่ยนโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีกทั้งไขมันที่ได้จะมีลักษณะที่มีความนุ่มมากขึ้น (Smith และคณะ, 2009) สำหรับอาหารที่ใช้เลี้ยงส่งผลต่อองค์ประกอบของไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน โดย สัตยชัย (2551) กล่าวว่าอัตราส่วนหัวต่ออาหารชั้นในอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงวัว มีผลต่อองค์ประกอบของไขมันอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพไขมัน โดยการเพิ่มสัดส่วนอาหารชั้นเป็นการเพิ่ม propionate ในกระเพาะรูเมนมากขึ้นเป็นเหตุให้การสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวมากขึ้น นอกจากนั้นความเข้มข้นของกรดไขมันอิ่มตัวในวัวจะลดลงตามอายุ และไขมันในร่างกายอีกด้วย

สำหรับการตรวจสอบพฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันเหลวและไขมันแข็ง ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงถึง ช่วงอุณหภูมิของการเกิดผลึกไขมัน ประกอบด้วยอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดผลึกไขมัน (onset temperature; T_{onset}) อุณหภูมิสูงสุดของการเกิดผลึกไขมัน (peak temperature; T_{peak}) และอุณหภูมิสุดท้ายของการเกิดผลึก (offset temperature; T_{offset}) และแสดงถึงช่วงของอุณหภูมิของการหลอมเหลว ประกอบด้วยอุณหภูมิเริ่มต้นของการหลอมเหลว (onset temperature; T_{onset}) อุณหภูมิสูงสุดของการหลอมเหลว (peak temperature; T_{peak}) และอุณหภูมิสุดท้ายของการหลอมเหลว (offset temperature; T_{offset}) ดังแสดงในตารางที่ 4.1.2 ส่วนเทอร์โมแกรมแสดงถึงการดูดและคายพลังงานความร้อนของการตกผลึกไขมัน และการหลอมเหลวไขมัน ดังภาพที่ 4.1.1 และ 4.1.2 ตามลำดับ

ไขมันแตกต่างจากน้ำมันในด้านของสถานะคือ ไขมันเป็นของแข็งและน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เมื่อทำให้น้ำมันอุณหภูมิต่ำลงจะทำให้เกิดผลึกของไขมัน จนถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็ง เรียกว่าจุดแข็งตัว โดยขนาดและจำนวนของผลึกที่เกิดขึ้น จะแปรผันตามชนิดและอุณหภูมิของไขมัน (นิธิยา, 2548) จากตารางที่ 4.1.2 พบว่าไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ 2 มีช่วงอุณหภูมิในการเกิดผลึกและแข็งตัวของไขมันอยู่ที่ 21.94 ถึง -42.56 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ 1 มีช่วงอุณหภูมิในการเกิดผลึกและแข็งตัวของไขมันอยู่ที่ 22.94 ถึง -44.06 มีลักษณะเทอร์โมแกรมของการเกิดผลึกไขมัน ดังภาพที่ 4.1.1 พบว่า พฤติกรรม การเกิดผลึกและแข็งตัวของไขมันวัวจาก 2 ระบบการเลี้ยง มีลักษณะของพีคการคายพลังงานในแต่ละช่วงที่ใกล้เคียงกัน

อุณหภูมิในการหลอมเหลวของไขมัน เป็นอุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวทั้งหมด ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ อาจเป็นช่วงกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล

(นิธิยา, 2548) จากตารางที่ 4.1.2 พบว่าไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ 2 มีช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ -19.50 ถึง 45.00 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ 1 มีช่วงอุณหภูมิในการหลอมเหลวอยู่ที่ -19.00 ถึง 46.50 องศาเซลเซียส มีลักษณะเทอร์โมแกรมการหลอมเหลวของไขมัน ดังภาพที่ 4.1.2 พบว่า พฤติกรรมการหลอมเหลวของไขมันวัวจาก 2 ระบบการเลี้ยง มีลักษณะของพีคการดูดพลังงานความร้อนในแต่ละช่วงใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงทั้ง 2 ระบบ มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่ใกล้เคียงกันดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้อุณหภูมิในการหลอมเหลวรวมถึงลักษณะของเทอร์โมแกรม มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

โดย Wood และคณะ (2004) กล่าวว่า กรดสเตียริกมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 69.6 องศาเซลเซียส กรดโอเลอิกมีจุดหลอมเหลวที่ 13.4 องศาเซลเซียส และกรดลิโนเลอิกมีจุดหลอมเหลวที่ -5 องศาเซลเซียส เพราะฉะนั้นถ้ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มมากขึ้น จุดหลอมเหลวจะต่ำลง นอกจากนี้โครงสร้างกรดไขมันแบบทรานส์จะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าโครงสร้างแบบซิส และโครงสร้างกรดไขมันแบบกิ่งหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าโครงสร้างกรดไขมันแบบตรง

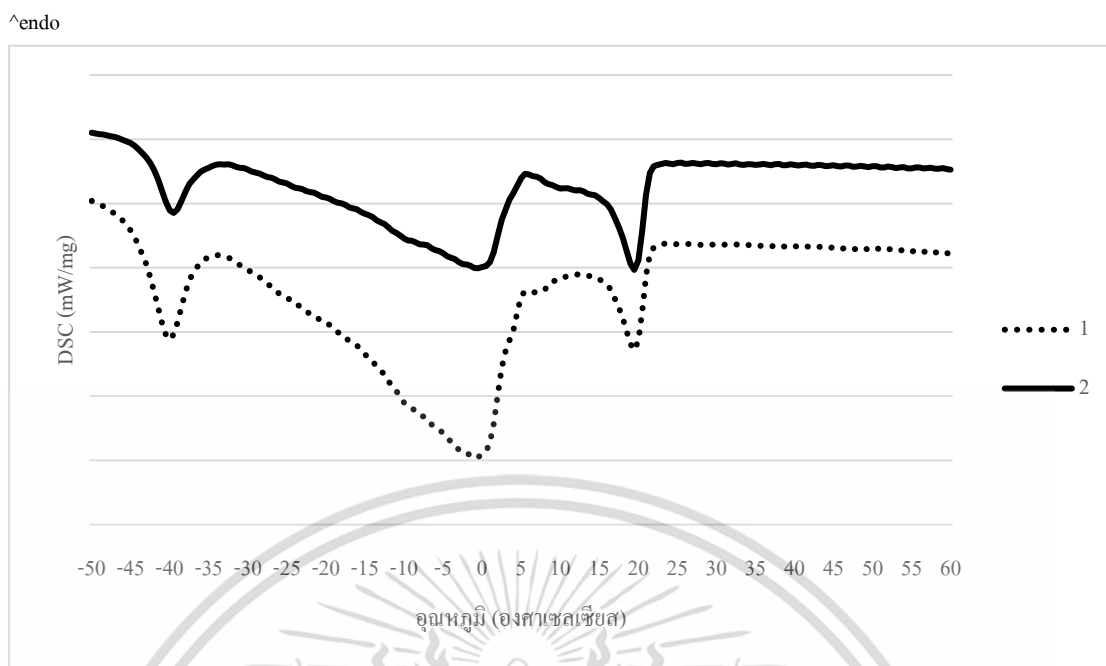


ตารางที่ 4.1.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของไขมันวัว

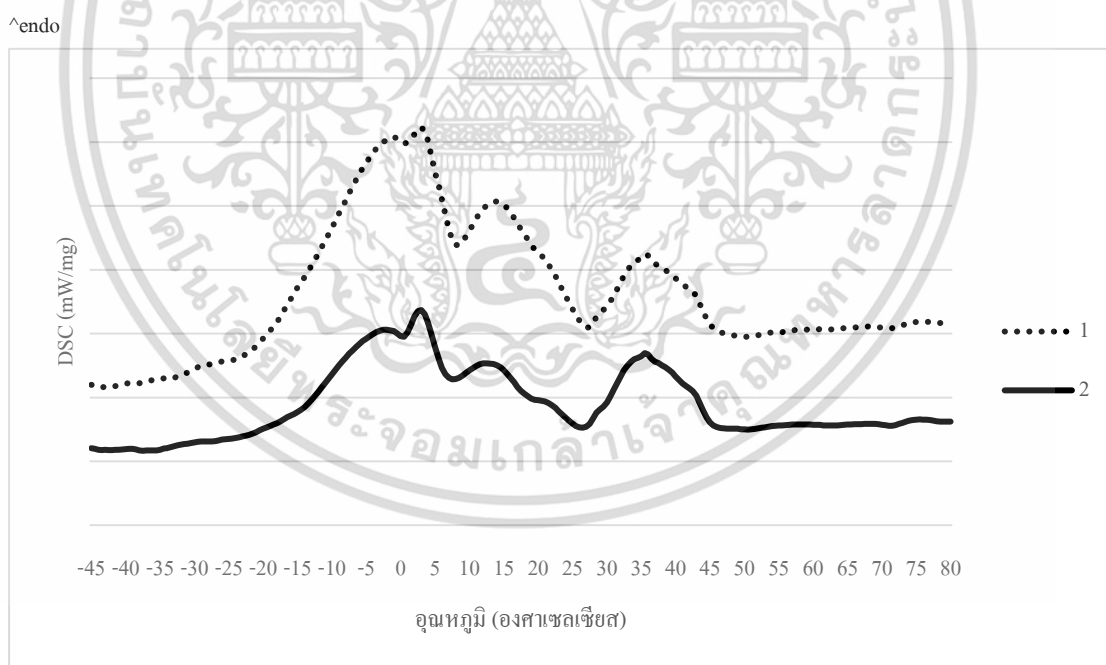
ระบบการเลี้ยง	ร้อยละชนิดของกรดไขมัน															
	C12:0	C14:0	C14:1	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6t	C18:2n6c	C20:1	C22:1n9	C20:4n6	อื่นๆ
ระบบที่ 1	0.22	4.60	1.71	0.36	24.39	5.28	0.55	0.59	10.81	40.05	1.55	0.85	0.23	0.06	0.04	8.70
ระบบที่ 2	0.14	4.08	1.53	0.35	25.71	5.29	0.72	0.77	11.75	40.70	1.84	0.83	0.28	0.03	0.03	5.96

ตารางที่ 4.1.2 ช่วงอุณหภูมิในการเกิดผลึกและการหลอมเหลวของไขมันวัว

ระบบการเลี้ยง	อุณหภูมิการเกิดผลึก			อุณหภูมิการหลอมเหลว		
	T _{onset} (°C)	T _{peak} (°C)	T _{offset} (°C)	T _{onset} (°C)	T _{peak} (°C)	T _{offset} (°C)
ระบบที่ 1	22.94	-1.06	-44.06	-19.00	3.00	46.50
ระบบที่ 2	21.94	19.44	-42.56	-19.50	3.00	45.00



ภาพที่ 4.1.1 เทอร์โมแกรมการตกผลึกและการแข็งตัวของน้ำมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ต่างกัน



ภาพที่ 4.1.2 เทอร์โมแกรมการหลอมเหลวของไขมันวัวจากระบบการเลี้ยงที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษากระบวนการผลิตไขมันวัวแยกส่วน

การผลิตไขมันวัวแยกส่วน มีวิธีการคือ นำไขมันวัวที่เตรียมแล้ว ดังหัวข้อการเตรียมไขมันวัวก่อนการแยกส่วนในข้อ 3.4.2 จะได้น้ำมันที่มีลักษณะเป็นของเหลว สีเหลือง และใส ดังภาพที่ 4.2.1 ใส่งในชุดอุปกรณ์แยกไขมันวัวของสถานประกอบการและตั้งค่าความเร็วรอบ และอุณหภูมิในการแยก ตามสภาวะที่ศึกษา เมื่อลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิในการเกิดผลึกของไขมัน จะทำให้ไขมันวัวมีลักษณะดังภาพที่ 4.2.2 เมื่อครบเวลาในการแยก 3 ชั่วโมง จะนำส่วนผสมไปแยกผลึกไขมันออกจากน้ำมัน ด้วยการแยกกรองภายใต้ความดัน โดยผลึกไขมัน (ส่วนสเตอริน) มีลักษณะเป็นผลึกเล็ก มองเห็นด้วยตาเปล่า ลักษณะเป็นเม็ดๆ ดังภาพที่ 4.2.3 และน้ำมัน (ส่วนโอเลอิน) มีลักษณะเป็นของเหลวสีเหลือง ดังภาพที่ 4.2.4



ภาพที่ 4.2.1 ไขมันวัวที่เตรียมก่อนการแยกส่วน

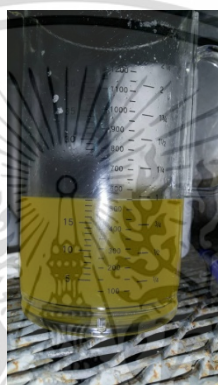


ภาพที่ 4.2.2 ไขมันวัวขณะทำการแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2.3 ผลึกไขมัน (ส่วนสเตอริน) ของไขมันวัวหลังการกรอง



ภาพที่ 4.2.4 น้ำมัน (ส่วนโอเลอิน) ของไขมันวัวหลังการกรอง

จากการศึกษากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตไขมันวัวแยกส่วนทางกายภาพด้วยสภาวะที่ใช้แตกต่างกัน คือ อัตราการกวนที่ 10, 20 และ 30 รอบต่อนาที และอุณหภูมิขณะตกผลึกที่ 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2.1-4.2.6 ทั้งนี้ได้ควบคุมความคาดเคลื่อนของการทดลอง โดยการวิเคราะห์ห้อยประกอบของกรดไขมันของน้ำมันวัวก่อนเข้าสู่กระบวนการแยก (C) ดังตารางที่ 4.2.1 จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการแยกส่วน เพื่อผลิต และวิเคราะห์ห้อยประกอบของกรดไขมันวัวแยกส่วน หลังเข้าสู่กระบวนการแยกส่วน (S) ดังตารางที่ 4.2.2 จากนั้นคำนวณปริมาณของชนิดกรดไขมันของน้ำมันวัวเริ่มต้น (C) น้ำมันแยกส่วน (S) และร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ดังตารางที่ 4.2.3 คำนวณร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ดังตารางที่ 4.2.4 ตรวจวัดคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าเพอร์ออกไซด์ ค่าแอนิซิดีน และสีของกรดไขมันแยกส่วน ดังตารางที่ 4.2.5 จากนั้นคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไขมันแยกส่วนทางกายภาพโดยพิจารณาจากร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ดังตารางที่ 4.2.4 และพิจารณาพฤติกรรมการณ์การหลอมเหลวจากจุดเยือกแข็งและจุดหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน ดังตารางที่ 4.2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2.1 พบว่าไขมันวัวก่อนเข้าสู่กระบวนการแยกตามสภาวะที่กำหนด ประกอบด้วยกรดไขมันหลักคือ กรดโอเลอิกร้อยละ 34.37-36.83 กรดปาล์มติก ร้อยละ 27.47-29.23 และกรดสเตียริก ร้อยละ 10.69-13.55 ตามลำดับ โดยกรดสเตียริกเป็นกรดไขมันที่ทำให้ไขมันมีลักษณะที่แข็ง (Smith และคณะ, 1998; Wood และ คณะ, 2004; Chung และคณะ, 2006) ส่วนกรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันที่ส่งผลต่อความนุ่มของไขมัน และความชอบโดยรวมของเนื้อวัว เนื่องจากจะให้กลิ่นรสของไขมันในเนื้อวัว (Waldman และคณะ, 1968; Westerling และ Hedrick, 1979) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณชนิดกรดไขมันของไขมันวัวที่นำมาทำการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2.3 พบว่ามีกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ระหว่างร้อยละ 45.89 - 49.62 และมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (USFA) ระหว่างร้อยละ 44.00 - 48.52 ตามลำดับ

องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน (ส่วนโอเลอีน) หลังจากผ่านกระบวนการแยกส่วนของฟลักไขมัน (ส่วนสเตียริน) ในแต่ละสภาวะการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2.2 ผลการทดลองพบว่า หลังจากกระบวนการแยกส่วน โดยการตกผลึกของไขมัน ส่วนที่เป็นของเหลว ส่วนโอเลอีนที่แยกได้ ประกอบด้วยกรดไขมันหลักคือ กรดโอเลอิกร้อยละ 35.93 - 39.78 กรดปาล์มติก ร้อยละ 24.63 -27.20 และกรดสเตียริกร้อยละ 7.70 - 12.11 ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณของชนิดกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) พบอยู่ ร้อยละ 38.98 - 47.18 และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (USFA) พบอยู่ ร้อยละ 45.12 ถึง 52.49 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2.3) จากผลการทดลองข้างต้น พบว่า กรดโอเลอิก และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น หลังจากกระบวนการแยกส่วนของไขมัน และกรดปาล์มติก กรดสเตียริก และกรดไขมันชนิดอิ่มตัว มีสัดส่วนที่ลดน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันก่อนการแยกส่วน ทั้งนี้ปริมาณของชนิดกรดไขมัน ของไขมันวัวที่ใช้ในการทดลองมีช่วงค่อนข้างกว้าง และอาจส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้ การศึกษาผลของกระบวนการในการแยกส่วนทางกายภาพ จึงดำเนินการ โดยเปรียบเทียบองค์ประกอบของไขมันก่อนการแยกส่วนกับไขมันวัวแยกส่วนในแต่ละสภาวะการทดลองเพื่อคัดเลือกกระบวนการที่เหมาะสมในการแยกส่วนต่อไป

เมื่อนำองค์ประกอบของกรดไขมันแต่ละชนิดมาวิเคราะห์เพื่อหาร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ที่เกิดขึ้นหลังจากการแยกส่วน แสดงดังตารางที่ 4.2.4 พบว่าเมื่อวิเคราะห์ที่ความเร็วรอบเท่ากัน อุณหภูมิของไขมันที่สามารถแยกกรดไขมันอิ่มตัวออกได้มากที่สุดคือ อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที โดยสามารถแยกกรดไขมันอิ่มตัวได้ ร้อยละ 15.86 และ 15.34 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2.1 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันวัวก่อนเข้าสู่กระบวนการแยกตามสภาวะที่กำหนด (ตัวอย่างควบคุม, Control, C)

น้ำมันวัว (C-r-T)	ร้อยละชนิดของกรดไขมัน															
	C12:0	C14:0	C14:1	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6t	C18:2n6c	C20:1	C22:1n9	C20:4n6	อื่นๆ
C-10-25	0.34	6.10	2.36	0.41	27.47	6.19	0.74	0.79	10.83	36.57	1.62	0.59	0.22	0.03	0.03	5.72
C-10-30	0.26	5.52	1.58	0.45	28.79	4.75	0.90	0.70	13.51	34.37	1.08	1.27	0.17	0.05	0.03	6.58
C-10-35	0.26	5.48	1.57	0.44	28.82	4.68	0.90	0.70	13.55	34.45	1.10	1.27	0.17	0.05	0.03	6.54
C-20-25	0.45	6.73	2.46	0.44	27.83	5.89	0.76	0.76	11.05	35.73	1.56	0.64	0.20	0.04	0.03	5.43
C-20-30	0.29	6.21	1.55	0.50	29.23	5.48	0.90	0.82	12.49	35.77	1.49	0.48	0.19	0.02	0.02	4.57
C-20-35	0.29	6.18	1.58	0.50	29.08	5.48	0.90	0.82	12.37	35.75	1.48	0.48	0.20	0.02	0.02	4.86
C-30-25	0.47	6.89	2.47	0.45	27.99	5.81	0.12	0.77	11.14	35.36	1.50	0.64	0.26	0.04	0.03	6.07
C-30-30	0.35	6.15	2.40	0.41	27.54	6.02	0.74	0.79	10.82	36.83	1.52	0.60	0.29	0.04	0.03	5.48
C-30-35	0.38	6.54	2.60	0.43	28.25	5.94	0.74	0.74	10.69	35.14	1.50	0.59	0.27	0.04	0.03	6.13

หมายเหตุ C หมายถึง น้ำมันวัวก่อนการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนดโดย r (10, 20 และ 30) หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T (25, 30 และ 35)

หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.2.2 องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันวัวแยกส่วน หลังเข้าสู่กระบวนการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนด (S)

น้ำมันวัว แยกส่วน (S-r-T)	ร้อยละชนิดของกรดไขมัน															
	C12:0	C14:0	C14:1	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6t	C18:2n6c	C20:1	C22:1n9	C20:4n6	อื่นๆ
S-10-25	0.34	5.49	2.61	0.37	24.95	6.58	0.64	0.85	9.21	39.78	1.66	0.64	0.30	0.04	0.03	6.51
S-10-30	0.27	5.00	1.79	0.40	25.84	5.23	0.77	0.13	11.15	39.73	1.07	1.41	0.19	0.06	0.03	6.92
S-10-35	1.26	5.36	1.66	0.43	27.20	4.86	0.82	0.73	12.11	35.93	1.16	0.51	0.19	0.05	0.03	7.70
S-20-25	0.45	5.84	2.78	0.38	24.63	6.57	0.63	0.85	7.84	39.37	1.63	0.79	0.22	0.05	0.04	7.94
S-20-30	0.30	5.78	1.71	0.45	26.52	5.99	0.78	0.90	8.18	38.68	1.58	0.57	0.21	0.02	0.02	8.31
S-20-35	0.30	5.92	1.71	0.47	27.03	5.90	0.80	0.89	9.07	38.03	1.58	0.51	0.21	0.02	0.02	7.55
S-30-25	0.47	6.05	2.82	0.39	25.07	6.58	0.65	0.86	7.70	39.32	1.61	0.34	0.29	0.03	0.04	7.76
S-30-30	0.37	0.04	0.24	2.62	25.74	6.51	0.66	0.85	9.55	39.33	1.69	0.65	0.32	0.04	0.03	11.36
S-30-35	0.39	6.21	2.83	0.40	26.37	6.52	0.65	0.82	9.40	38.22	1.66	0.43	0.31	0.04	0.03	5.72

หมายเหตุ S หมายถึง น้ำมันวัวหลังการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนดโดย r (10, 20 และ 30) หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T (25, 30 และ 35)

หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.2.3 ปริมาณของชนิดกรดไขมัน ของน้ำมันวัวเริ่มต้น (C) น้ำมันแยกส่วน (S) และร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ตามสภาวะที่กำหนด

น้ำมันวัว (C/S/CS-r-T)	SFA	USFA	MUFA	PUFA
C-10-25	45.89	48.40	46.16	2.24
C-10-30	49.42	44.00	41.62	2.38
C-10-35	49.45	44.01	41.62	2.39
C-20-25	47.26	47.31	45.08	2.23
C-20-30	49.62	45.81	43.83	1.98
C-20-35	49.32	45.83	43.85	1.98
C-30-25	47.06	46.88	44.70	2.18
C-30-30	46.01	48.52	46.38	2.14
C-30-35	47.03	46.84	44.73	2.11
S-10-25	41.00	52.49	50.16	2.33
S-10-30	43.43	49.65	47.13	2.52
S-10-35	47.18	45.12	43.42	1.70
S-20-25	39.77	52.29	49.83	2.46
S-20-30	42.01	49.69	47.51	2.17
S-20-35	43.59	48.86	46.75	2.11
S-30-25	40.34	51.90	49.90	2.00
S-30-30	38.98	49.66	47.30	2.37
S-30-35	43.42	50.86	48.75	2.11
CS-10-25	10.65	-8.48	-8.69	-4.10
CS-10-30	12.12	-12.85	-13.24	-5.91
CS-10-35	4.60	-2.52	-4.33	28.98
CS-20-25	15.86	-10.54	-10.55	-10.38
CS-20-30	15.34	-8.45	-8.40	-9.59
CS-20-35	11.62	-6.62	-6.63	-6.53
CS-30-25	14.28	-10.72	-11.63	8.04
CS-30-30	15.28	-2.36	-1.99	-10.62
CS-30-35	7.65	-8.60	-9.01	-0.04

หมายเหตุ C หมายถึง น้ำมันวัวก่อนการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนด S หมายถึง น้ำมันวัวหลังการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนด CS หมายถึง ร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (+ หมายถึง ร้อยละลดลง - หมายถึง ร้อยละเพิ่มขึ้น) โดย r (10, 20 และ 30) หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T (25, 30 และ 35) หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส) SFA หมายถึง กรดไขมันอิ่มตัว USFA หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัว MUFA หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว PUFA หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน

ตารางที่ 4.2.4 ร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (CS) ตามสภาวะที่กำหนด

น้ำมันวัว (CS-r-T)	ร้อยละชนิดของกรดไขมัน															
	C12:0	C14:0	C14:1	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6t	C18:2n6c	C20:1	C22:1n9	C20:4n6	อื่นๆ
CS-10-25	-0.27	9.98	-10.36	9.73	9.18	-6.30	12.58	-7.94	14.98	-8.80	-2.76	-7.88	-39.66	-66.60	-4.15	-14.70
CS-10-30	-2.44	9.31	-13.35	10.37	10.25	-10.11	14.37	80.79	17.45	-15.58	0.78	-11.42	-14.31	-18.51	-14.63	-5.16
CS-10-35	-386.86	2.24	-5.82	4.07	5.61	-3.88	8.42	-3.83	10.63	-4.32	-5.71	60.02	-7.58	-6.14	-14.52	-17.87
CS-20-25	0.91	13.31	-13.32	13.09	11.49	-11.51	16.39	-10.80	29.08	-10.20	-4.70	-23.99	-8.36	-15.76	-15.86	-46.23
CS-20-30	-3.23	6.92	-10.32	8.85	9.28	-9.37	13.17	-9.17	34.55	-8.15	-6.51	-19.32	-7.03	-12.89	-6.80	-81.88
CS-20-35	-3.52	4.19	-7.89	5.96	7.06	-7.69	10.55	-7.51	26.69	-6.39	-6.46	-7.08	-5.59	-7.77	2.18	-55.27
CS-30-25	-0.38	12.26	-14.51	12.19	10.42	-13.35	-452.58	-11.55	30.82	-11.21	-7.66	46.75	-12.73	39.27	-32.59	-28.00
CS-30-30	-5.78	99.31	89.83	-534.98	6.55	-8.07	11.10	-7.47	11.71	-6.77	-11.66	-8.47	-11.69	-10.54	-1.28	-108.33
CS-30-35	-3.21	5.00	-8.99	6.44	6.65	-9.69	11.34	-10.76	12.10	-8.80	-10.75	26.95	-15.74	-11.19	2.78	3.55

หมายเหตุ CS หมายถึง ร้อยละการลดลงของกรดไขมันแต่ละชนิด (+ หมายถึงร้อยละลดลง - หมายถึงร้อยละเพิ่มขึ้น) โดย r (10, 20 และ 30) หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T (25, 30 และ 35) หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส)

การใช้อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบ 10 และ 30 รอบต่อนาที สามารถแยกกรดไขมันอิ่มตัวได้ ร้อยละ 12.12 และ 15.28 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แยกได้ในปริมาณน้อยลงมา ร้อยละ 10.65 และ 14.28 ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Dogan และ Temur (2013) ที่ศึกษาการใช้กระบวนการแยกส่วนของไขมัน โดยใช้อุณหภูมิต่ำ (dry fractionation) ซึ่งสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวลงจากร้อยละ 86.61 เหลือร้อยละ 73.38 ทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12 เป็นร้อยละ 19.95 และเมื่อกรองผลึกไขมันออกที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส น้ำมันสามารถกรองผ่านตะแกรงได้ทั้งหมด ร้อยละ 100 ขณะที่การกรองผลึกไขมันที่อุณหภูมิ 17.4 องศาเซลเซียส น้ำมันผ่านตะแกรงได้เพียงร้อยละ 40 นอกจากนี้ Haraldsson (1984) กล่าวว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแยกส่วนของไขมันคืออุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของกรดไขมัน โดยศึกษาการแยกส่วน ผลการทดลองพบว่าเมื่อลดอุณหภูมิในการแยกส่วนจาก 22 องศาเซลเซียส เป็น 10 และ 7 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณผลผลิตน้ำมันส่วน โอเลอินลดลง

นอกจากนี้ผลการทดลองยังสอดคล้องกับ Wood และคณะ (2004) ที่ได้ศึกษาการแยกส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวออกจากน้ำมันปาล์ม ผลการทดลองพบว่ากรดไขมันอิ่มตัวเริ่มตกผลึก เมื่อลดอุณหภูมิของน้ำมันลง และมีจำนวนผลึกเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิในการตกผลึกที่ 5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่ถูกแยกออกประกอบด้วยกรดปาล์มมิติกสัดส่วนมากที่สุด เมื่อใช้อุณหภูมิในการตกผลึกที่ -15 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง สามารถแยกกรดไขมันอิ่มตัวออกจากน้ำมันดิบได้ ผลการทดลองพบว่า กรดไขมันที่แยกออกมาประกอบด้วยกรดปาล์มมิติก ร้อยละ 90 กรดสเตียริก ร้อยละ 5.8 และ กรดโอเลอิก ร้อยละ 4.2 โดยจุดหลอมเหลวของไขมัน/น้ำมัน จะขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมและความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน ดังนั้นจึงสามารถแยกกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวออกจากกันได้

เมื่อพิจารณาข้อมูลหากรดไขมันที่มีการใช้อุณหภูมิกการแยกที่เท่ากัน พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมในการแยกกรดไขมันอิ่มตัวได้มากที่สุดคือ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที โดยที่อุณหภูมิ 25 30 และ 35 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวได้ร้อยละ 15.86 15.34 และ 11.62 ตามลำดับ

ทั้งนี้สรุปได้ว่า กระบวนการแยกส่วนของไขมันและน้ำมัน สามารถแยกกรดไขมันอิ่มตัวส่งผลให้ส่วนที่เป็นของเหลว (olein) มีกรดไขมันอิ่มตัวลดลง และมีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ เพื่อเป็นการวัดระดับการเกิดออกซิเดชันของไขมัน สำหรับการตรวจสอบการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยการวัดค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันที่แยกส่วนได้ (ส่วนโอเลอิน) ดังแสดงในตารางที่ 4.2.5 พบว่า มีค่าเพอร์ออกไซด์ที่ต่ำกว่า 1.75 มิลลิลิตรต่อกรัม หรือ 0.00175 มิลลิลิตรต่อกรัม ในทุกสภาวะการแยก โดย นิธิยา (2548) กล่าวว่า น้ำมันใหม่ จะมีค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำกว่า 10 มิลลิลิตรต่อกรัม และน้ำมันที่มีกลิ่นหืน จะมีค่าเพอร์ออกไซด์ประมาณ 20-40 มิลลิลิตรต่อกรัม หมายความว่า น้ำมันวัวที่แยกได้ มีสารเพอร์ออกไซด์ในปริมาณต่ำ อาจสันนิษฐานได้ว่า น้ำมันดังกล่าวยังไม่เกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากเพอร์ออกไซด์เป็นอินเทอร์มีเดียตของปฏิกิริยา จึงจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายของปฏิกิริยาโดยการวัดค่าแอนิซิติน

การวิเคราะห์ค่าแอนิซิติน เป็นการวัดระดับการออกซิเดชันของไขมันอีกวิธีการ โดยเป็นการตรวจสอบสารผลิตภัณฑ์ขั้นที่ 2 (secondary product) โดยการหาปริมาณแอลดีไฮด์ในไขมันหรือน้ำมันจากพืชและสัตว์ สำหรับการตรวจวัดค่าแอนิซิตินผลการทดลองในตารางที่ 4.2.5 พบว่า น้ำมันส่วนโอเลอินที่แยกได้มีค่าแอนิซิตินที่ต่ำกว่า 10 ในทุกสภาวะการแยก ซึ่งเป็นค่าแอนิซิตินสูงสุดที่แนะนำสำหรับน้ำมันใหม่ที่ใช้ในการทอด (Hawrysh และคณะ, 1995) ทั้งนี้ น้ำมันที่แยกได้ในทุกสภาวะการแยกมีปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันที่ต่ำ กล่าวคือน้ำมันที่แยกได้ยังไม่เกิดการเสื่อมเสียทางเคมี เนื่องจากหลังจากกระบวนการแยกแล้วมีการนำน้ำมันมาเก็บในขวดปิดสนิทที่มีการไล่อากาศในสภาวะแช่แข็ง (อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส) ระยะเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทันที โดยน้ำมันมีค่าความสว่าง ระหว่าง 51.60 ถึง 99.34 ค่าความเป็นสีแดง ระหว่าง -3.64 ถึง -1.18 ค่าความเป็นสีเหลือง ระหว่าง 13.72 ถึง 32.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2.5)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของน้ำมันที่แยกมาได้ น้ำมันวัวที่แยกได้นั้นมีสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันมะกอก และน้ำมันปาล์ม น้ำมันมะกอกจะประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 14.5 (กรดปาล์มิติกร้อยละ 13 และกรดสเตียริกร้อยละ 1.5) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 85 (กรดโอเลอิกร้อยละ 70 กรดลิโนเลอิกร้อยละ 15 และกรดปาล์มมิโตเลอิกร้อยละ 3.5) (Foscolou และคณะ, 2018) น้ำมันปาล์มจะประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 49.9 (กรดปาล์มิติกร้อยละ 44.0 และกรดสเตียริกร้อยละ 4.5) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 49.7 (กรดโอเลอิกร้อยละ 39.2 และกรดลิโนเลอิกร้อยละ 10.1) ซึ่งน้ำมันวัวแยกส่วนจากการทดลองมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 45.12-53.49 (กรดโอเลอิกร้อยละ 35.93-39.78 กรดลิโนเลอิกร้อยละ 0.34-1.41 และกรดปาล์มมิโตเลอิกร้อยละ 5.23-6.58) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 38.98-47.18 (กรดปาล์มิติกร้อยละ 24.95-27.20 และกรดสเตียริกร้อยละ 7.70-12.11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคัดเลือกสภาวะการแยกไขมันและน้ำมันที่เหมาะสมเพื่อการผลิตไขมันวัวคัดแปร จะพิจารณาในสภาวะที่สามารถแยกปริมาณกรดสเตียริก กรดไขมันอิ่มตัว ได้สูงสุด คงเหลือกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนมากที่สุด เป็นปัจจัยหลัก จะพิจารณาคุณภาพด้านอื่นๆ ได้แก่ จุดเยือกแข็งและจุดหลอมเหลว สี และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมัน เมื่อผ่านกระบวนการแยกเป็นปัจจัยรอง เพื่อการผลิตไขมันที่ผ่านกระบวนการแยก สำหรับนำไปฉีด ในเนื้อสเต็กต่อไป เนื่องจากไขมันและน้ำมันที่ได้จากการแยกนั้น มีการเก็บในสภาวะที่ป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันได้ดี เมื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพ แม้ว่าผลการทดลองพบว่าค่าเปอร์ ออกไซด์ และค่าแอนิซิดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ค่าที่วัดได้ไม่ เกินมาตรฐานที่แสดงถึงการเสื่อมเสียของน้ำมัน

ตารางที่ 4.2.5 ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าแอนิซิดิน และสีของกรดไขมันแยกส่วน

น้ำมันวัว แยกส่วน (S-r-T)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV)	ค่าแอนิซิดิน (AnV)	ค่าความสว่าง (L*)	ค่าสีแดง (a*)	ค่าสีเหลือง (b*)
S-10-25	0.32±0.18 ^{abc}	0.59±0.37 ^a	58.39±28.17 ^b	-3.11±1.48 ^{ab}	28.49±4.19 ^c
S-10-30	0.68±0.16 ^{bcd}	0.94±0.26 ^{ab}	64.58±30.74 ^b	-3.07±2.58 ^{ab}	28.12±5.09 ^c
S-10-35	0.77±0.10 ^{cd}	1.18±0.47 ^{ab}	33.56±2.17 ^a	-1.71±0.99 ^{bc}	27.22±0.17 ^c
S-20-25	0.13±0.11 ^a	1.41±0.57 ^b	85.63±9.45 ^c	-3.22±2.52 ^{ab}	27.82±2.54 ^c
S-20-30	0.92±0.07 ^d	1.42±0.54 ^b	61.98±33.42 ^b	-2.17±1.41 ^{abc}	21.28±6.56 ^b
S-20-35	1.75±0.73 ^c	1.12±0.37 ^{ab}	31.60±0.07 ^a	-1.18±0.54 ^c	24.97±1.79 ^c
S-30-25	0.43±0.02 ^{abcd}	1.57±0.84 ^b	62.82±31.95 ^b	-2.93±3.09 ^{ab}	32.08±1.89 ^d
S-30-30	0.13±0.11 ^a	1.31±0.41 ^b	63.46±30.42 ^b	-3.64±1.98 ^a	28.28±3.07 ^c
S-30-35	0.19±0.11 ^{ab}	1.32±0.35 ^b	99.34±5.18 ^c	-2.72±3.29 ^{ab}	13.72±13.72 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร^{a,b,c,d,e} ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) S หมายถึง ไขมันวัวหลังการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนดโดย r (10, 20 และ 30) หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T (25, 30 และ 35) หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส)

จากการพิจารณาผลของสภาวะการแยกไขมันที่มีต่อชนิดและปริมาณกรดไขมันที่ผ่านการแยก โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิด เทียบกับปริมาณกรดไขมัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้น (C-S) และวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และจะพิจารณาผลของสภาวะการแยกที่มีต่อกรดไขมันที่สำคัญของไขมันวัว ได้แก่ กรดโอเลอิก กรดสเตียริก และกรดปาล์มิติก ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2.4 เมื่อคำนวณผลต่างของปริมาณกรดไขมันแต่ละชนิดเทียบกับปริมาณกรดไขมันเริ่มต้น (C-S) พบว่า สภาวะที่แยกปริมาณกรดสเตียริกได้สูงที่สุด 4 ลำดับ ได้แก่ที่สภาวะ 1.) 20 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส 2.) 20 รอบต่อนาที/30 องศาเซลเซียส 3.) 20 รอบต่อนาที/35 องศาเซลเซียส และ 4.) 30 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สามารถแยกปริมาณกรดไขมันสเตียริก ระหว่าง ร้อยละ 26.69-34.55 (ตารางที่ 4.2.6)

นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลต่างของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเริ่มต้น (C-S) พบว่าที่สภาวะ 1.) 20 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส 2.) 20 รอบต่อนาที/30 องศาเซลเซียส 3.) 30 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส และ 4.) 30 รอบต่อนาที/30 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่ถูกแยกออกสูงที่สุด ระหว่างร้อยละ 14.28-15.86 (ตารางที่ 4.2.3) ซึ่งมีสภาวะที่สอดคล้องกับผลต่างของปริมาณกรดสเตียริกคือ 1.) 20 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส 2.) 20 รอบต่อนาที/30 องศาเซลเซียส และ 3.) 30 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส ยิ่งไปกว่านั้นผลต่างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเริ่มต้น พบว่า ที่สภาวะ 1.) 20 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส และ 2.) 30 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส ยังคงมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเพิ่มสูงที่สุด ระหว่าง ร้อยละ 10.55-11.63 (ตารางที่ 4.2.3) โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวจะสามารถช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลประเภท LDL ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่ดีก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดตีบ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวหลักที่พบในไขมันวัวคือ กรดโอเลอิก ซึ่งกรดโอเลอิกจัดเป็นโอเมก้า 9 อีกด้วย (Kris-Etherton, 1999) ในทางเดียวกันผลต่างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) กับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเริ่มต้น พบว่าที่สภาวะ 20 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส ยังคงมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเพิ่มสูงที่สุด ร้อยละ 10.38 (ตารางที่ 4.2.3) ซึ่งแตกต่างจากที่สภาวะ 30 รอบต่อนาที/25 องศาเซลเซียส ที่มีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนลดลง โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบในไขมันวัวคือ กรดลิโนเลอิก และกรดอะแรดชิโดนิก จัดเป็น โอเมก้า 6 และกรดไขมันจำเป็นเมื่อบริโภคเข้าไปจะสามารถป้องกันความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ (Farvid และคณะ, 2014) นอกจากนี้กรดอะแรดชิโดนิกเป็นสารอาหารที่มีความปลอดภัย และยังมีคุณสมบัติเป็น antioxidant และเป็นสารที่สำคัญสำหรับการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบประสาทโดยเฉพาะสมองและการทำงาน กล้ามเนื้อ โครงร่างและระบบภูมิคุ้มกัน (Tallima และ Ridi, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นผลการทดลองในการศึกษาพฤติกรรมการหลอมเหลวของน้ำมันเหลวและไขมันแข็งยังคงสอดคล้องกับองค์ประกอบของไขมันแยกส่วน กล่าวคือที่สภาวะ S-20-25 ไขมันจะเริ่มเปลี่ยนสถานะจากน้ำมันเป็นไขมันที่อุณหภูมิ 4.7 องศาเซลเซียสและสิ้นสุดที่อุณหภูมิ -48.1 องศาเซลเซียส และไขมันจะเริ่มหลอมเหลวจากไขมันเป็นน้ำมันที่อุณหภูมิ -8.9 องศาเซลเซียสและสิ้นสุดที่อุณหภูมิ 25.4 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.2.6) โดยผลการทดลองที่สภาวะ S-30-25 ไขมันจะเริ่มเปลี่ยนสถานะจากน้ำมันเป็นไขมันที่อุณหภูมิ 5.1 องศาเซลเซียสและสิ้นสุดที่อุณหภูมิ -46.3 องศาเซลเซียส และไขมันจะเริ่มหลอมเหลวจากไขมันเป็นน้ำมันที่อุณหภูมิ -10.3 องศาเซลเซียสและสิ้นสุดที่อุณหภูมิ 23.1 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.2.6) จากผลการทดลอง 2 สภาวะจะเห็นได้ว่าที่สภาวะ S-20-25 จะมีจุดเยือกแข็งที่ต่ำกว่าและจุดหลอมเหลวของไขมันที่สูงกว่า ทำให้เมื่อนำไขมันตัดแปรที่สภาวะดังกล่าวไปฉีดลงในเนื้อ จะทำให้ไขมันตัดแปรแข็งตัว และไม่เกิดการละลายที่เร็วเกินไปเพราะฉะนั้นสภาวะดังกล่าวจึงเหมาะสมที่จะใช้ในการผลิตไขมันวัวตัดแปร

ตารางที่ 4.2.6 จุดเยือกแข็งและจุดหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน

น้ำมันวัว แยกส่วน (S-r-T)	อุณหภูมิการเกิดผลึก			อุณหภูมิการหลอมเหลว		
	T_{onset} (°C)	T_{peak} (°C)	T_{offset} (°C)	T_{onset} (°C)	T_{peak} (°C)	T_{offset} (°C)
S-10-25	7	-1.80	-45.7	-15	-0.80	27.5
S-10-30	6.6	4.50	-47	-10.8	0.70	27.4
S-10-35	9.6	8.30	-45.2	-8.1	1.00	35.6
S-20-25	4.7	-1.50	-48.1	-8.9	-0.10	25.4
S-20-30	9.6	0.10	-45	-10	1.80	34.8
S-20-35	6.5	-0.70	-45.7	-7.6	1.40	46.5
S-30-25	5.1	-0.60	-46.3	-10.3	-1.00	23.1
S-30-30	7.6	-0.70	-45.2	-11	-0.40	24.5
S-30-35	5.4	-1.00	-47.2	-9.8	0.30	24

หมายเหตุ S หมายถึง ไขมันวัวหลังการแยกส่วนตามสภาวะที่กำหนดโดย s-r-T (10 20 และ 30) หมายถึง ความเร็วรอบในการกวน (รอบต่อนาที) และ T (25 30 และ 35) หมายถึง อุณหภูมิในการตกผลึก (องศาเซลเซียส)

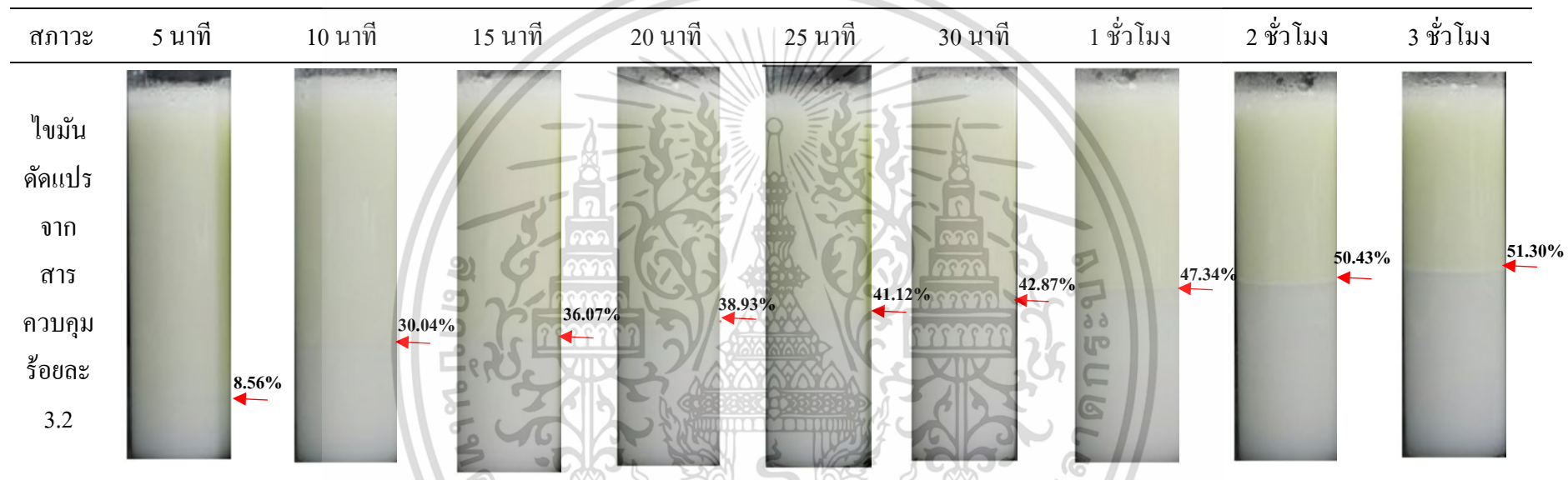
จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการแยกไขมันวัว คือ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพราะสภาวะดังกล่าวสามารถแยกปริมาณกรดไขมันสเตียริกได้สูงร้อยละ 29.08 สามารถลดปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ได้สูงสุดร้อยละ 15.86 ในทางกลับกันยังคงมีปริมาณของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) คงเหลืออยู่ในปริมาณร้อยละ 10.55 และ 10.38 ตามลำดับ เพราะฉะนั้นจะส่งผลให้ไขมันแยกส่วนที่ได้มีองค์ประกอบหลักคือ กรดโอเลอิกร้อยละ 39.37 กรดปาล์มติก ร้อยละ 24.63 และ กรดสเตียริก ร้อยละ 7.84 โดยเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ร้อยละ 39.77 กรดไขมันไม่อิ่มตัว ร้อยละ 52.29 ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ร้อยละ 49.83 และเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 2.46

4.3 การศึกษาผลของการใช้อิมัลซิไฟเออร์ในการเตรียมไขมันตัดแปร

4.3.1 การคัดเลือกกลุ่มของอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมไขมันตัดแปร

อิมัลซิไฟเออร์ที่เลือกนำมาใช้ในการเตรียมไขมันตัดแปร ประกอบด้วย อิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ กัวกัม (G) คาร์ราจีแนน (CAR) และ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (CMC) อิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่มโปรตีนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท (S) และกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มลิพิด ได้แก่ เลซิทีน (L) โดยจากผลการสังเกตลักษณะการกระจายตัวและการคงตัวของไขมันวัวตัดแปร แสดงดังตารางที่ 4.3.1-4.3.6 และค่า creaming index (ร้อยละ) แสดงดังภาพที่ 4.3.1 พบว่าไขมันตัดแปรที่ใช้สารควบคุม (control, C) พบการแยกชั้นตั้งแต่เวลา 5 นาที และมีแนวโน้มการแยกชั้นที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้นานมากขึ้น ที่เวลา 5 นาทีพบการเกิดคริมมีค่าร้อยละ 8.56 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นจนที่เวลา 180 นาที มีค่าร้อยละ 51.3

ตารางที่ 4.3.1 ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรจากสารควมคุม (ตัวควบคุม) หลังจากการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ



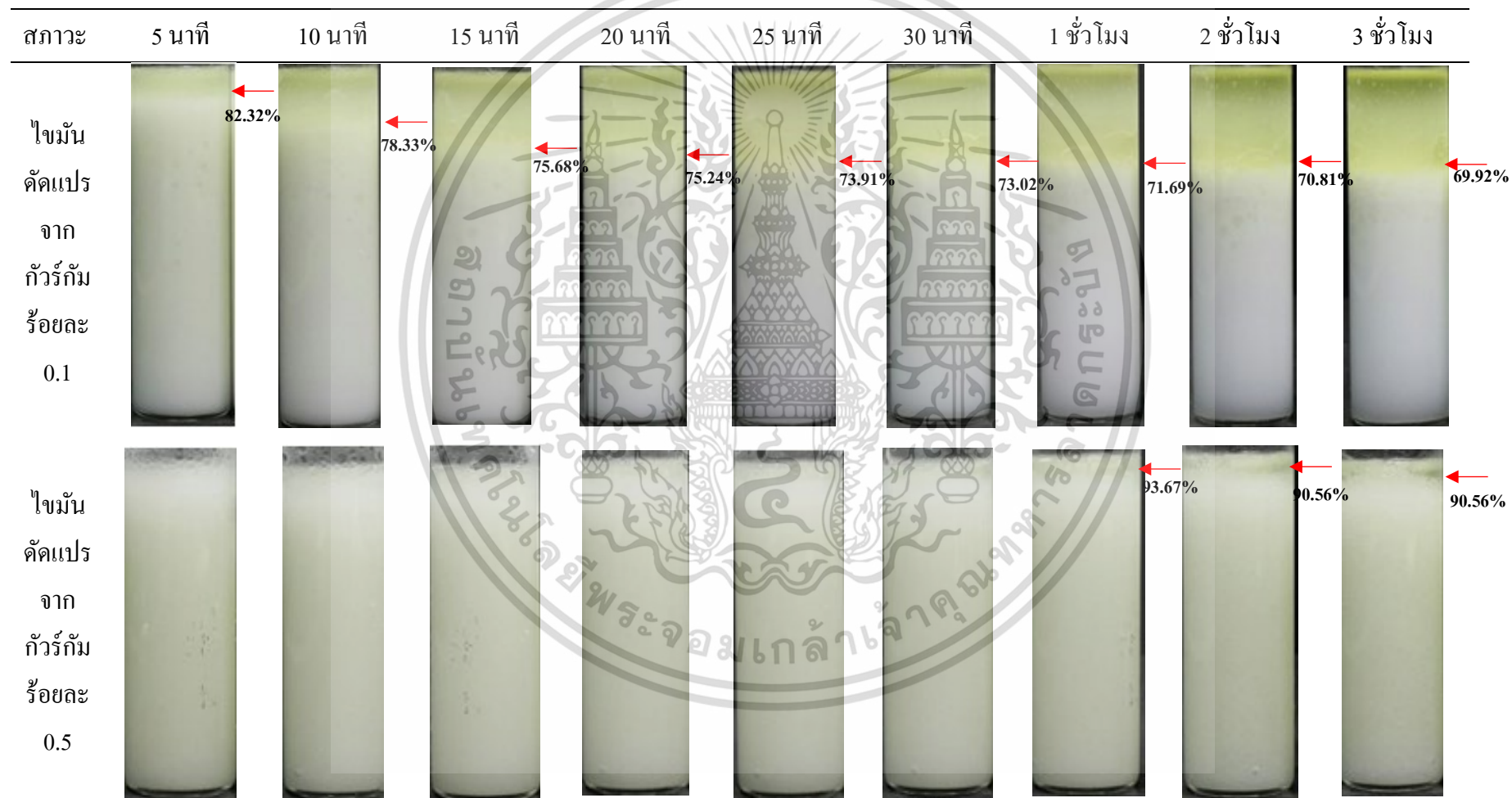
ตารางที่ 4.3.2 ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมเลซิทีน (ร้อยละ 1 และ 3.2) หลังจากการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ไขมัน ตัดแปร จาก เลซิทีน ร้อยละ 1.0									
ไขมัน ตัดแปร จาก เลซิทีน ร้อยละ 3.2									

ตารางที่ 4.3.3 ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมซีเอ็มซี (ร้อยละ 0.1% และ 0.5%) หลังจากการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

สถานะ	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ไขมัน ตัดแปร จาก CMC ร้อยละ 0.1									
ไขมัน ตัดแปร จาก CMC ร้อยละ 0.5									

ตารางที่ 4.3.4 ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมแก้วกัม (ร้อยละ 0.1 และ 0.5) หลังจากการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

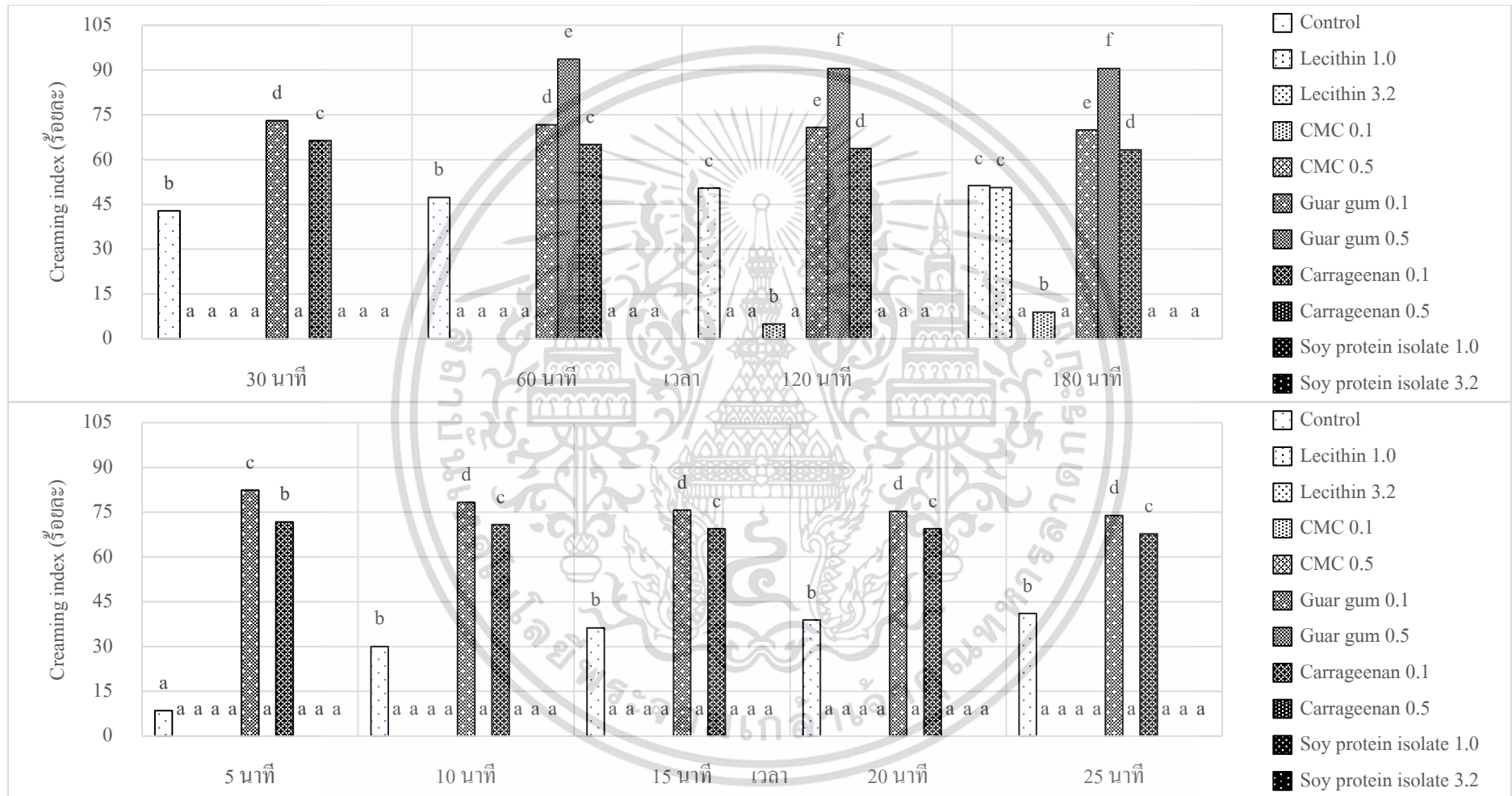


ตารางที่ 4.3.5 ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมคาร์ราจีแนน (ร้อยละ 0.1 และ 0.5) หลังจากการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ไขมัน ตัดแปร จาก คาร์รา จีแนน ร้อยละ 0.1									
ไขมัน ตัดแปร จาก คาร์รา จีแนน ร้อยละ 0.5									

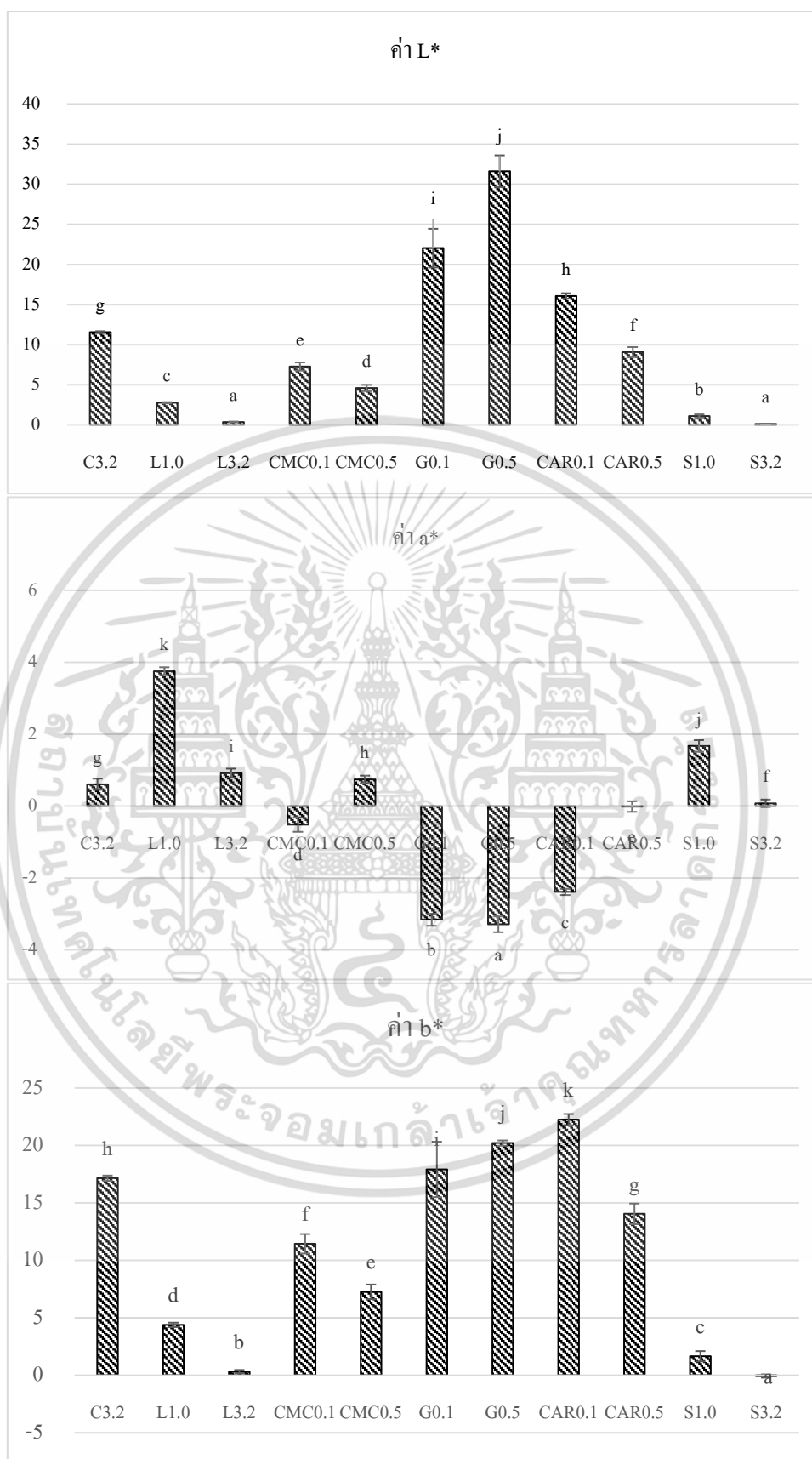
ตารางที่ 4.3.6 ภาพถ่ายลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (ร้อยละ 1.0 และ 3.2) หลังจากการตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	5 นาที	10 นาที	15 นาที	20 นาที	25 นาที	30 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง
ไขมัน ตัดแปร จาก โปรตีน ถั่วเหลือง ไอโซเลต ร้อยละ 1.0									
ไขมัน ตัดแปร จาก โปรตีน ถั่วเหลือง ไอโซเลต ร้อยละ 3.2									



ภาพที่ 4.3.1 ค่า Creaming index จากการตั้งทิ้งไว้ (ร้อยละ) ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 และ 180 นาที

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันที่เวลาเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) a คือไม่มีการเกิดคริม



ภาพที่ 4.3.2 ค่าสีของไขมันวูดแคปเปอร์ที่มีส่วนผสมของอิมัลชันไฟเออร์ชนิดต่างๆ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกมัดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lucassen-Reynders (1996) กล่าวว่าเมื่ออิมัลซิไฟเออร์ไม่สามารถล้อมรอบหยดไขมันในบริเวณพื้นผิวของน้ำมันและน้ำ จะมีการรวมกันของน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้หยดไขมันที่เหลือเคลื่อนที่มารวมกลุ่มกัน ผลที่เกิดขึ้นจะเกิดการแยกชั้นของน้ำและน้ำมันอย่างชัดเจน

จากผลการทดสอบค่า creaming index ของไขมันวัวตัดแปรที่ผสมอิมัลซิไฟเออร์ในแต่ละชนิดนั้น มีผลการทดลองในทำนองเดียวกันกับกรณีการใช้สารควบคุม กล่าวคือ ในกรณีของไขมันตัดแปรที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์กัวร์กัม และคาร์ราจีแนน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 พบการแยกชั้นตั้งแต่เวลา 5 นาทีโดยมีค่า creaming index เท่ากับร้อยละ 82.32 และ 71.69 ตามลำดับ สำหรับไขมันตัดแปรที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์กัวร์กัม ที่ความเข้มข้นมากขึ้นที่ร้อยละ 0.5 พบการแยกชั้นที่เวลา 60 นาทีโดยมีค่า creaming index ที่ร้อยละ 93.67 และไขมันตัดแปรที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์คาร์ราจีแนน (CAR) ไม่พบการแยกชั้นที่ 180 นาที

Mudgil และคณะ (2011) กล่าวว่าคุณสมบัติของกัวร์กัมเมื่อถูกใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ แต่ในระดับอุตสาหกรรมจะมีการใช้ในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 1 โดยนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อิมัลชันเช่น น้ำสลัดต่างๆ สันนิษฐานว่ากัวร์กัมในการทดลองอาจมีปริมาณน้อยสำหรับการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ จากผลการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณขึ้น ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น โดยดูจากระยะเวลาในการเกิดคริมที่นานขึ้น และยังคงผลต่อความหนืดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับในกรณีของคาร์ราจีแนนนั้น คาร์ราจีแนนมีคุณสมบัติในการเพิ่มความสามารถในการจับกับน้ำและความคงตัวของอิมัลชันได้ Trius และคณะ (2009) โดย วรรณ (2549) อธิบายว่าการใช้คาร์ราจีแนนผสมลงในอาหารที่มีโปรตีน จะทำให้หมู่ซัลเฟตในโมเลกุลของคาร์ราจีแนนทำปฏิกิริยากับประจุในโมเลกุลโปรตีนได้ โดยการใช้คาร์ราจีแนนที่มากอาจส่งผลให้อิมัลชันที่ได้มีความหนืดมากขึ้น

สำหรับไขมันตัดแปรที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์ซีเอ็มซี (CMC) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 พบการแยกชั้นที่เวลา 120 นาที โดยมีความ creaming index ที่ร้อยละ 4.96 ทั้งนี้ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ไม่พบการแยกชั้นที่เวลา 180 นาที แต่อิมัลชันที่ได้มีลักษณะที่มีความหนืดอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้ Gibis และคณะ (2014) อธิบายว่าซีเอ็มซีมีคุณสมบัติในการเป็นสารทดแทนไขมัน สารให้ความคงตัวของอิมัลชัน และสารให้ความข้นหนืด นอกจากนี้ วรรณ (2549) กล่าวว่าเมื่อละลายซีเอ็มซีในน้ำจะได้สารละลายที่มีความหนืด เนื่องจากซีเอ็มซีมีสมบัติเชิงหน้าที่ในการให้ความข้นหนืดที่ดี

จากการนำอิมัลซิไฟเออร์กลุ่มคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ กัวร์กัม คาร์ราจีแนน และ ซีเอ็มซีที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มาเตรียมไขมันตัดแปรพบการแยกชั้นที่เร็ว ไขมันตัดแปรมีความคงตัวต่ำ แต่ขณะที่การใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.5 ส่งผลทำให้ไขมันตัดแปรที่ได้มีลักษณะความหนืดที่สูงขึ้นซึ่งอาจทำให้ความสามารถในการฉีดไขมันตัดแปรเข้าไปในตัวอย่างขึ้นเนื้อได้ยาก ส่วนใน

กรณีการเตรียมไขมันตัดแปรที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และ 3.2 ไม่พบการแยกชั้นครีมภายในเวลา 180 นาที

Nishinari และคณะ (2014) อธิบายว่าโปรตีนที่มีลักษณะกลม (globular protein) เป็นอิมัลซิไฟเออร์หลักที่ถูกใช้เพื่อทำให้เป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (O/W) หลักสำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอิมัลชัน คือการดูดซับที่พื้นผิวของหยดน้ำมันที่สร้างขึ้นใหม่ และป้องกันไม่ให้เกิดการรวมกลุ่มจนเป็นหยดน้ำมันขนาดใหญ่ขึ้นอีกครั้ง โปรตีนที่มีลักษณะกลมควรจะถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติที่บริเวณผิวล้อมรอบหยดไขมัน โดยกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำที่อยู่ด้านในของโปรตีนกลมจะถูกเปิดออกมาและดูดซับอยู่ที่บริเวณของหยดน้ำมัน สำหรับกรดอะมิโนที่ชอบน้ำจะละลายอยู่ในส่วนที่มีขั้ว เกิด steric barrier และไม่ทำให้เกิดการที่หยดไขมันมารวมตัวกัน โดยที่ไม่มีการทำลายผนังของหยดไขมัน (coalescence) และ หยดน้ำมันมารวมตัวกันโดยที่ผนังของหยดน้ำมันถูกทำลาย และมีขนาดใหญ่ขึ้น (flocculation)

ในกรณีการเตรียมไขมันตัดแปรที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์เลซิทิน ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3.2 ไม่พบการแยกชั้นครีมภายในเวลา 180 นาที ซึ่งแตกต่างจากอิมัลซิไฟเออร์เลซิทินที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 พบการแยกชั้นครีมที่เวลา 180 นาที

เลซิทินจัดเป็นฟอสโฟลิพิดชนิดหนึ่ง ที่นิยมใช้ทางการค้า (Kralova และ Sjoblom, 2009; Klang และ Valenta, 2011; McClements และ Gumus, 2016) ฟอสโฟลิพิดประกอบด้วยกลีเซอรอลกับกรดไขมัน 2 ชนิด และมีหมู่ฟอสฟอริก (Erickson, 2008) สำหรับกรดไขมันจะให้คุณสมบัติการไม่มีขั้ว (hydrophobic) ทำให้ปลายด้านที่มีกรดไขมันเป็นองค์ประกอบมีคุณสมบัติไม่มีขั้ว (hydrophobic) ขณะที่ปลายด้านที่มีหมู่ฟอสฟอริกจะให้คุณสมบัติการมีขั้ว (hydrophilic) เนื่องจากฟอสโฟลิพิดมีคุณสมบัติมีคุณสมบัติแอมฟิฟิลิกคือมีทั้งส่วนที่มีขั้ว และส่วนที่ไม่มีขั้ว ในโมเลกุลเดียวกัน จึงสามารถดูดซับที่พื้นผิวระหว่างไขมันกับน้ำ และให้ความคงตัวกับหยดไขมันได้ (Pichot และคณะ, 2013; Klang และ Valenta, 2011) เมื่อฟอสโฟลิพิดดูดซับที่บริเวณพื้นผิวระหว่างไขมันและน้ำ จะพบว่าส่วนที่ไม่มีขั้วจะยื่นออกไปอยู่ในชั้นหยดไขมัน ขณะที่ส่วนที่มีขั้วจะยื่นออกไปอยู่ในส่วนของสารละลายหรือน้ำ ทำให้สามารถเพิ่มความคงตัวของหยดไขมันที่เกิดขึ้นหลังจากการโฮโมจิไนซ์ ส่งผลให้อิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำที่เกิดขึ้น มีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่า อิมัลซิไฟเออร์กลุ่มคาร์โบไฮเดรต ไม่เหมาะสมต่อการผลิตไขมันวัวตัดแปร เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์กลุ่มคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เป็นสารที่ใช้เพื่อเพิ่มความข้นหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองว่าอิมัลซิไฟเออร์กลุ่มดังกล่าวในปริมาณที่น้อย จะเกิดการแยกชั้นของไขมันตัดแปรเมื่อตั้งทิ้งไว้ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณของสารอิมัลซิ

ไฟเออร์ ส่งผลให้ได้ไขมันดัดแปรที่มีความเข้มข้นสูง อาจส่งผลต่อข้อจำกัดในการนำไขมันดัดแปรไปฉีดในตัวอ่อนเนื้อ

ในกรณีของอิมัลชันไฟเออร์กลุ่มไขมัน Szuhaj (1983) อธิบายว่ามีการนำเลซิทีนในทางการค้าไปใช้หลากหลายคุณสมบัติ ได้แก่ ใช้เพื่อเป็นสารป้องกันการกระเด็น (antispatter) ในผลิตภัณฑ์มาร์การีน ใช้เพื่อควบคุมความหนืด ลดความเหนียว และควบคุมการเกิดผลึกในผลิตภัณฑ์ซ็อกโกแลต คาราเมล และสารเคลือบ ใช้เพื่อเป็นอิมัลชันไฟเออร์และสารที่ทำให้เปียก (wetting agent) ในอาหารสำเร็จรูป เช่น ผงโกโก้ สารทดแทนนม พุดดิ้ง ท็อปปิ้ง ในผลิตภัณฑ์กลุ่มขนมอบ ได้แก่ ขนมปัง โรล โดนัท พาย เค้ก คุกกี้ และในกลุ่มผลิตภัณฑ์นม ใช้เป็นอิมัลชันไฟเออร์ และควบคุมการตกผลึกในผลิตภัณฑ์กลุ่มสเปรดและสลัด และใช้เป็นสารที่ให้สีน้ำตาล อิมัลชันไฟเออร์ สารอาหารเสริม และสารช่วยกระจายตัวของฟอสเฟต ในผลิตภัณฑ์กลุ่มเนื้อสัตว์ เป็นต้น

สำหรับอิมัลชันไฟเออร์กลุ่มโปรตีน Singh และคณะ (2008) อธิบายว่าในอดีตนิยมใช้โปรตีนถั่วเหลืองกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นวัตถุหลักเท่านั้น ไม่ได้ประยุกต์ใช้กับอาหารอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในอาหารหลากหลายรูปแบบ โดยขึ้นอยู่กับสมบัติเชิงหน้าที่ในการใช้งาน โปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 55 นำมาใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเนื้อสัตว์ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไก่และอาหารทะเล โดยพบการใช้มากที่สุดในการใส่กรอกและผลิตภัณฑ์เนื้ออบคหยาบ โดยทำหน้าที่หลักในอาหารประเภทผลิตภัณฑ์อิมัลชันและผลิตภัณฑ์เนื้ออบคหยาบ เช่น แพนดี้ มีทบอล มีสมบัติเชิงหน้าที่คือ เป็นอิมัลชันไฟเออร์ ให้ความคงตัวของอิมัลชัน การเกิดเจล และสามารถจับกับน้ำและไขมันได้ สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่มนม จะทำหน้าที่เป็นอิมัลชันไฟเออร์ สารที่ให้ความคงตัวกับอิมัลชัน สารให้สีและกลิ่นรส สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่มนม จะให้ความรู้สึกข้างภายในปาก (mouthfeel) สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่มขนมอบ ซีเรียลและพาสต้า ใช้เป็นสารทดแทนนม ใช้เป็นสารเสริมอาหาร และใช้เพื่อลดต้นทุนในการผลิต จากเหตุผลดังกล่าวพบว่า การใช้เลซิทีนและโปรตีนถั่วเหลือง ไอโซเลท มีการใช้อย่างกว้างขวางมากในแวดวงอาหารตั้งแต่ในระดับครัวเรือนจนถึงระดับอุตสาหกรรม

สำหรับผลการวัดค่าสีของสารละลายแสดงดังภาพที่ 4.3.10 พบว่า ในแต่ละสภาวะของไขมันดัดแปรแตกต่างกัน ไขมันดัดแปรของสารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยที่มีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 0.11 ถึง 31.64 ค่าสีแดงอยู่ระหว่าง -3.29 ถึง 3.75 และค่าสีเหลืองอยู่ระหว่าง -0.06 ถึง 22.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกลุ่มของอิมัลซิไฟเออร์ไขมัน และ โปรตีนที่นำไปผสมเพื่อการผลิตไขมันวัวคัดแปรรูป พบว่าไขมันวัวคัดแปรรูปที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท และเลซิทิน มีคุณลักษณะที่เหมาะสม เนื่องจากไขมันคัดแปรรูปมีความคงตัวสูง และไม่ทำให้ไขมันคัดแปรรูปมีลักษณะความหนืดที่สูง จึงนำอิมัลซิไฟเออร์โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทและอิมัลซิไฟเออร์เลซิทิน ไปศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในข้อที่ 4.3.2 ต่อไป

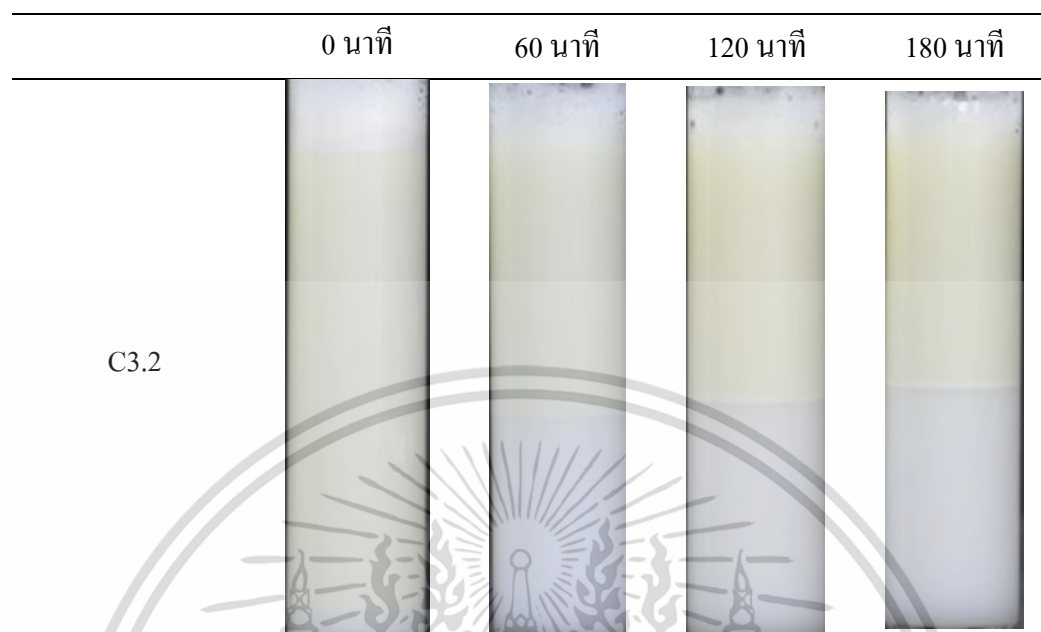
4.3.2 การศึกษาอัตราส่วนของอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมไขมันวัวคัดแปรรูป

จากผลการคัดเลือกกลุ่มของอิมัลซิไฟเออร์ในข้อ 4.3.1 พบว่าอิมัลซิไฟเออร์กุ่มของลิพิด และโปรตีน คือ เลซิทิน และโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท ตามลำดับ จะถูกนำมาใช้ในการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเตรียมไขมันคัดแปรรูปและติดตามในเนื้อเพื่อเปรียบเทียบกับ control

1) คุณลักษณะของไขมันวัวคัดแปรรูป

จากการสังเกตลักษณะการกระจายตัวและการคงตัวของไขมันวัวคัดแปรรูป แสดงดังตารางที่ 4.3.7-4.3.9 ค่า creaming index จากการตั้งทิ้งไว้แสดงดังภาพที่ 4.3.11 ค่า creaming index จากการปั่นเหวี่ยง แสดงดังรูปที่ 4.3.12 โดยพบว่าไขมันคัดแปรรูปที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์สารควบคุมพบการแยกชั้นที่เวลา 60 นาที โดยมีค่า creaming index จากการตั้งทิ้งไว้ร้อยละ 48.81 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น สำหรับไขมันคัดแปรรูปที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์เลซิทินความเข้มข้นร้อยละ 1 พบการเริ่มแยกชั้นที่เวลา 120 นาที โดยมีค่า creaming index จากการตั้งทิ้งไว้ร้อยละ 30.84 สำหรับไขมันคัดแปรรูปที่ใช้อิมัลซิไฟเออร์เลซิทินร้อยละ 2 และ 3 และโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 1, 2 และ 3 ไม่พบการแยกชั้นที่ 180 นาที

ตารางที่ 4.3.7 ลักษณะของไขมันคัดแปรที่ผสมสารควบคุม (สูตรควบคุม) ที่เวลาต่างๆ



หมายเหตุ C หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรที่เตรียมจากสูตรควบคุมที่ร้อยละ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.8 ลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสมเลซิทีน (ร้อยละ 1, 2 และ 3) ที่เวลาต่างๆ



หมายเหตุ L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทีน ที่ร้อยละ 1, 2 และ 3

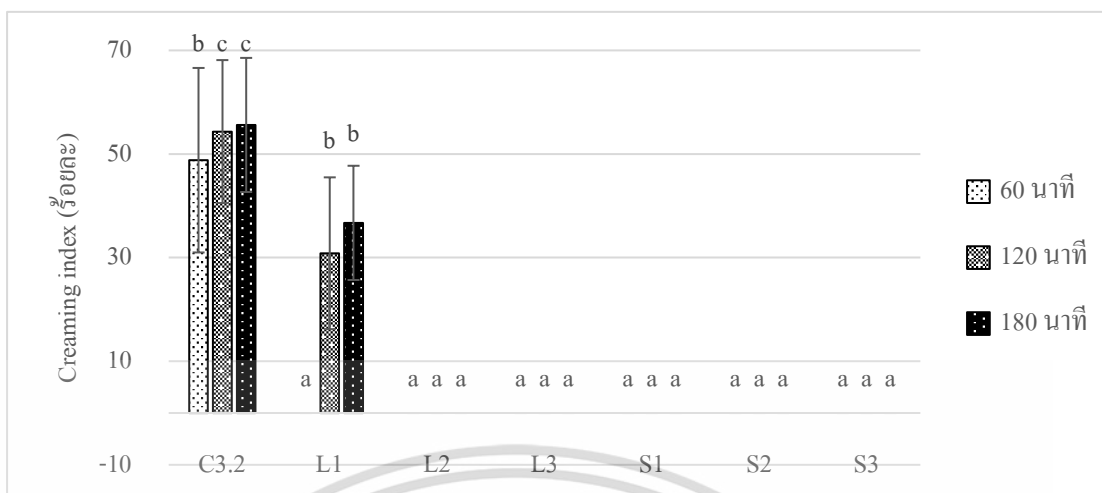
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3.9 ลักษณะของไขมันตัดแปรที่ผสม โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (ร้อยละ 1, 2 และ 3) ที่เวลาต่างๆ



หมายเหตุ S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสม โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตที่ร้อยละ 1, 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



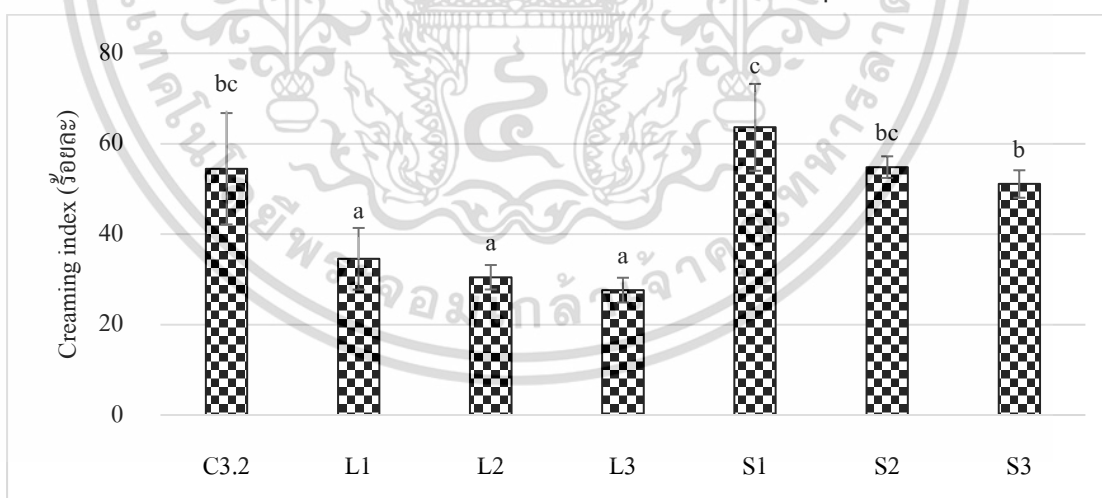
ภาพที่ 4.3.3 ค่า creaming index (ร้อยละ) ของไขมันตัดแปรที่ตรวจสอบได้จากการตั้งทิ้งไว้ที่ 60, 120 และ 180 นาที (วิเคราะห์ความแตกต่างของไขมันตัดแปรชนิดต่างๆ ที่ช่วงเวลาเดียวกัน)

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในช่วงเวลาเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) a คือไม่มีการเกิดครีมขึ้น

C หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม)

S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตที่ร้อยละต่างๆ

L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทิน ที่ร้อยละต่างๆ



ภาพที่ 4.3.4 ค่า creaming index (ร้อยละ) ของไขมันตัดแปรที่ตรวจสอบได้จากการปั่นเหวี่ยง

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

C หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม)

S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตที่ร้อยละต่างๆ

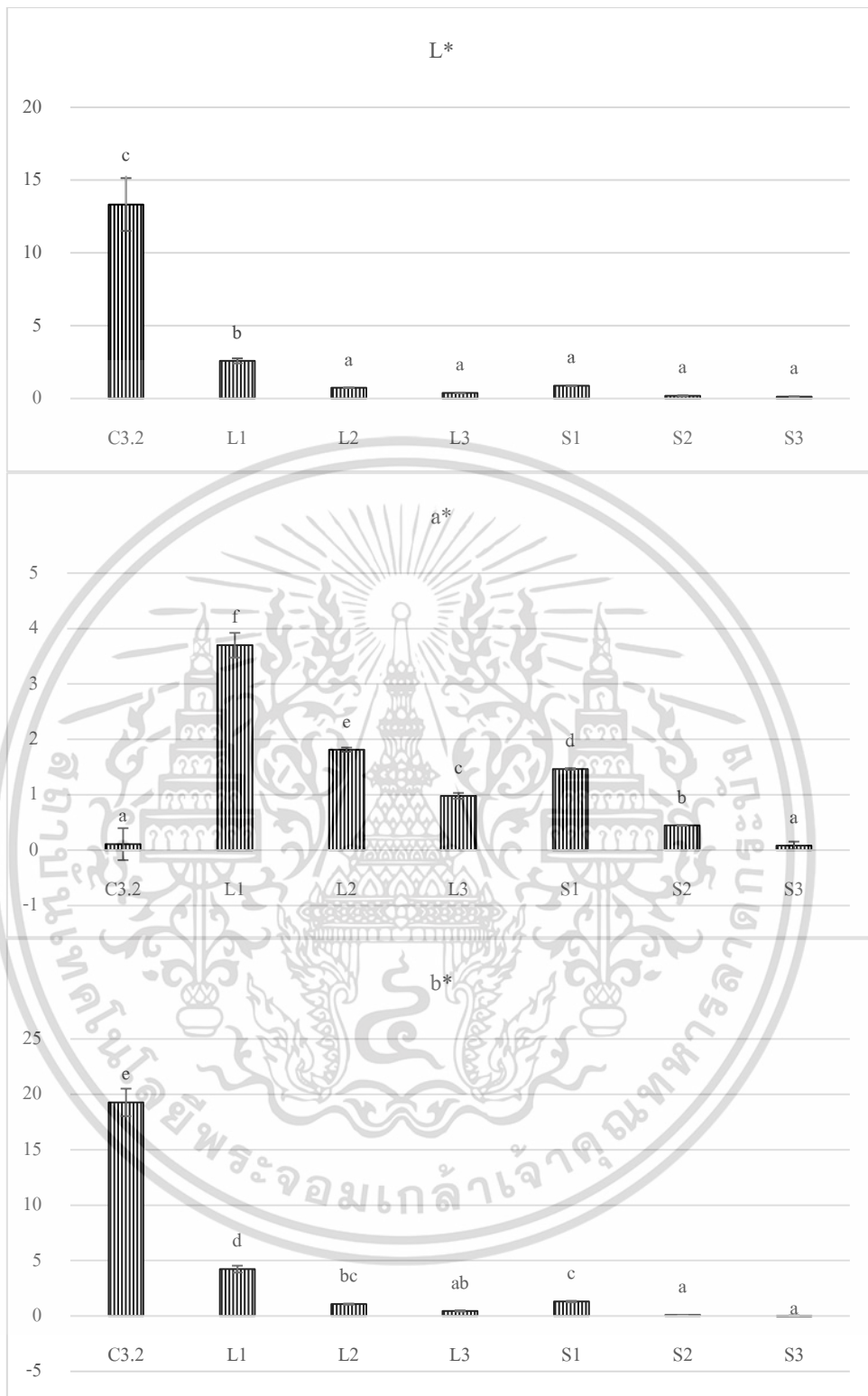
L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทิน ที่ร้อยละต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดครีมคือรูปแบบหนึ่ง que แสดงถึงกลไกในการเกิดอิมัลชันไม่คงตัว โดยสังเกตเห็นได้ ด้วยตาเปล่าว่าเกิดการแยกชั้นของชั้นครีมและชั้นเซรั่ม (Dickinson, 1997) ความคงตัวของอิมัลชัน เกิดได้โดยมีการสร้างฟิล์มบางๆ ที่มีความยืดหยุ่นล้อมรอบหยดไขมัน (Karaca และคณะ, 2011) นอกจากนี้ Lucassen-Reynders (1996) พบว่าเมื่ออิมัลซิไฟเออร์ไม่สามารถล้อมรอบหยดไขมันใน บริเวณพื้นผิวของน้ำมันและน้ำ จะมีการรวมกันของน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้หยดไขมันที่เคลื่อน เคลื่อนที่มารวมกลุ่มกัน ผลที่เกิดขึ้นจะเกิดการแยกชั้นของน้ำและน้ำมันอย่างชัดเจน

ในทางเดียวกันผลการทดลองค่า creaming index จากการปั่นเหวี่ยง พบว่า การใช้ปริมาณ ของอิมัลซิไฟเออร์ของเลซิทีนเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ไขมันตัดแปรมีค่า creaming index น้อยลง บ่ง บอกถึงความคงตัวของไขมันตัดแปรที่มากขึ้น ผลการทดลองเป็นไปทางเดียวกันกับการเพิ่ม ปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท โดยพบว่าการใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซ เลทที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 ไขมันตัดแปรมีค่า creaming index จากการปั่นเหวี่ยงที่น้อยลงอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 สำหรับค่า creaming index จากการ ปั่นเหวี่ยงของไขมันตัดแปรที่เตรียมจากสารควบคุม มีค่าเท่ากับร้อยละ 54.47 โดยมีค่าใกล้เคียงกับ กรณีการใช้โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทแต่มีค่ามากกว่าอิมัลซิไฟเออร์เลซิทีนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p \leq 0.05$) เพราะฉะนั้นอิมัลซิไฟเออร์เลซิทีนจึงส่งผลทำให้ไขมันตัดแปรมีความคงตัวมากกว่า

นอกจากนั้นผลการวัดค่าสี แสดงดังรูปที่ 4.3.13 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของอิมัลซิไฟเออร์ เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลืองน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบไขมันตัดแปร ของสารควบคุมกับไขมันตัดแปรกับอิมัลซิไฟเออร์ในแต่ละสภาวะพบที่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 13.33 ค่าสีแดงอยู่ระหว่าง 0.08 ถึง 3.70 และค่าสีเหลืองอยู่ระหว่าง -0.01 ถึง 19.28 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3.5 ค่าสีของไขมันวัวตัดแปรที่เตรียมจากอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

C หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม) ที่ร้อยละ 3.2

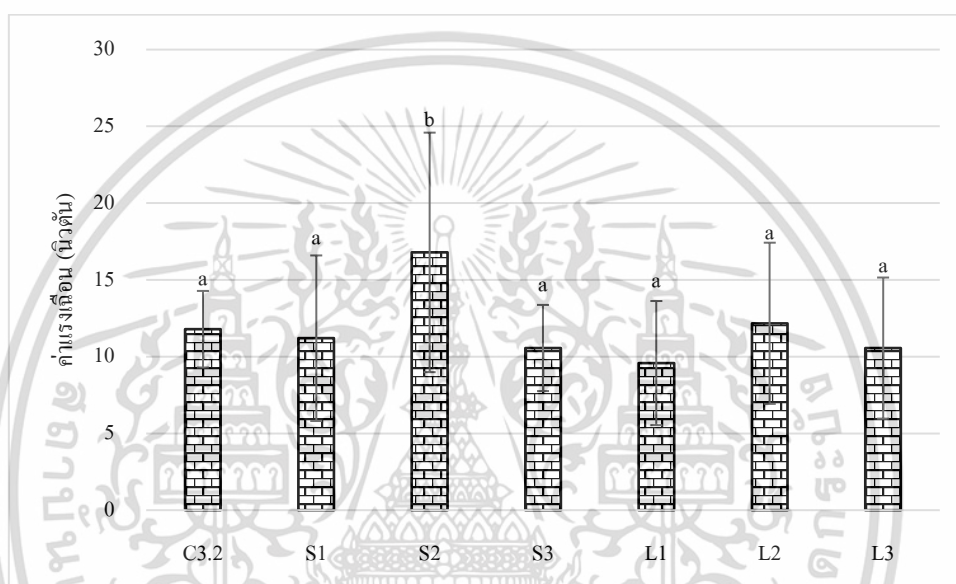
S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ที่ร้อยละต่างๆ

L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทีน ที่ร้อยละต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) คุณภาพของเนื้อที่ฉีดไขมันวัวตัดแปรรูป

จากผลการทดลองแสดงลักษณะพื้นผิวของเนื้อวัวที่ฉีดไขมันวัวตัดแปรรูปที่ผสมอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ (รายละเอียดคงภาคผนวกที่ จ) ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อวัวที่ฉีดไขมันวัวตัดแปรรูปจากอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่างๆ แสดงดังภาพที่ 4.3.14 การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการแปรรูป แสดงดังภาพที่ 4.3.15 ความคงตัวของเนื้อเนื่องจากการละลาย แสดงดังภาพที่ 4.3.16 และค่าสี แสดงดังภาพที่ 4.3.17 ตามลำดับ



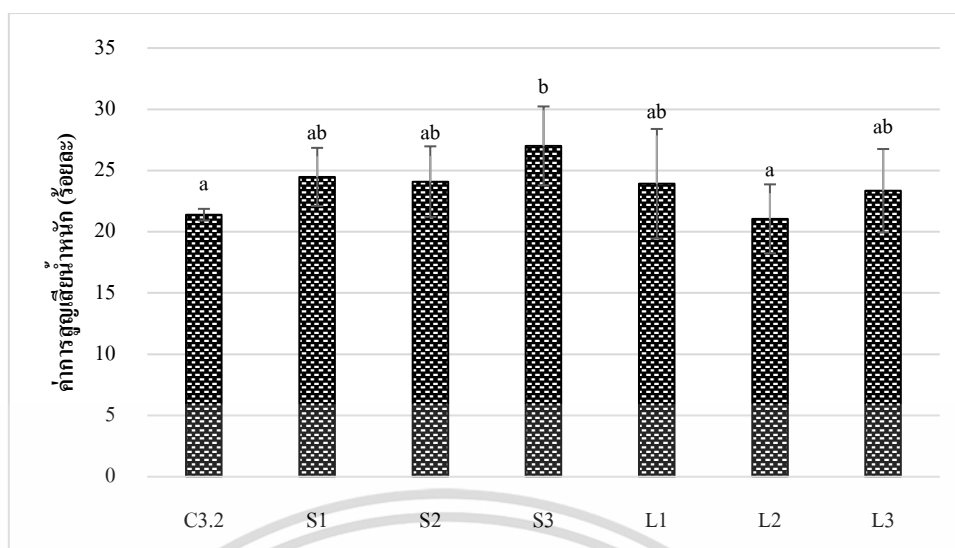
ภาพที่ 4.3.6 ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อที่ฉีดไขมันวัวตัดแปรรูปที่สภาวะต่างๆ

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

C หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรรูปที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม) ที่ร้อยละ 3.2

S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรรูปที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ที่ร้อยละต่างๆ

L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรรูปที่มีการผสมเลซิทิน ที่ร้อยละต่างๆ



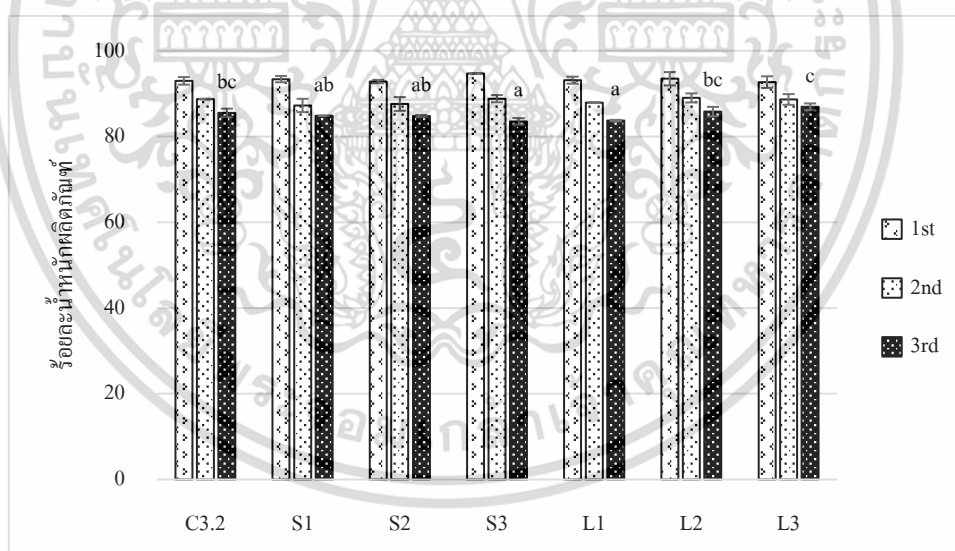
ภาพที่ 4.3.7 ค่าการดูดซับน้ำหนักหลังจากกระบวนการแปรรูป

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

C หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม) ที่ร้อยละ 3.2

S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ที่ร้อยละต่างๆ

L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทิน ที่ร้อยละต่างๆ



ภาพที่ 4.3.8 ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังจากการละลายของเนื้อฉืดไขมันตัดแปร

หมายเหตุ การละลายในรอบที่ 1 และ 2 ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

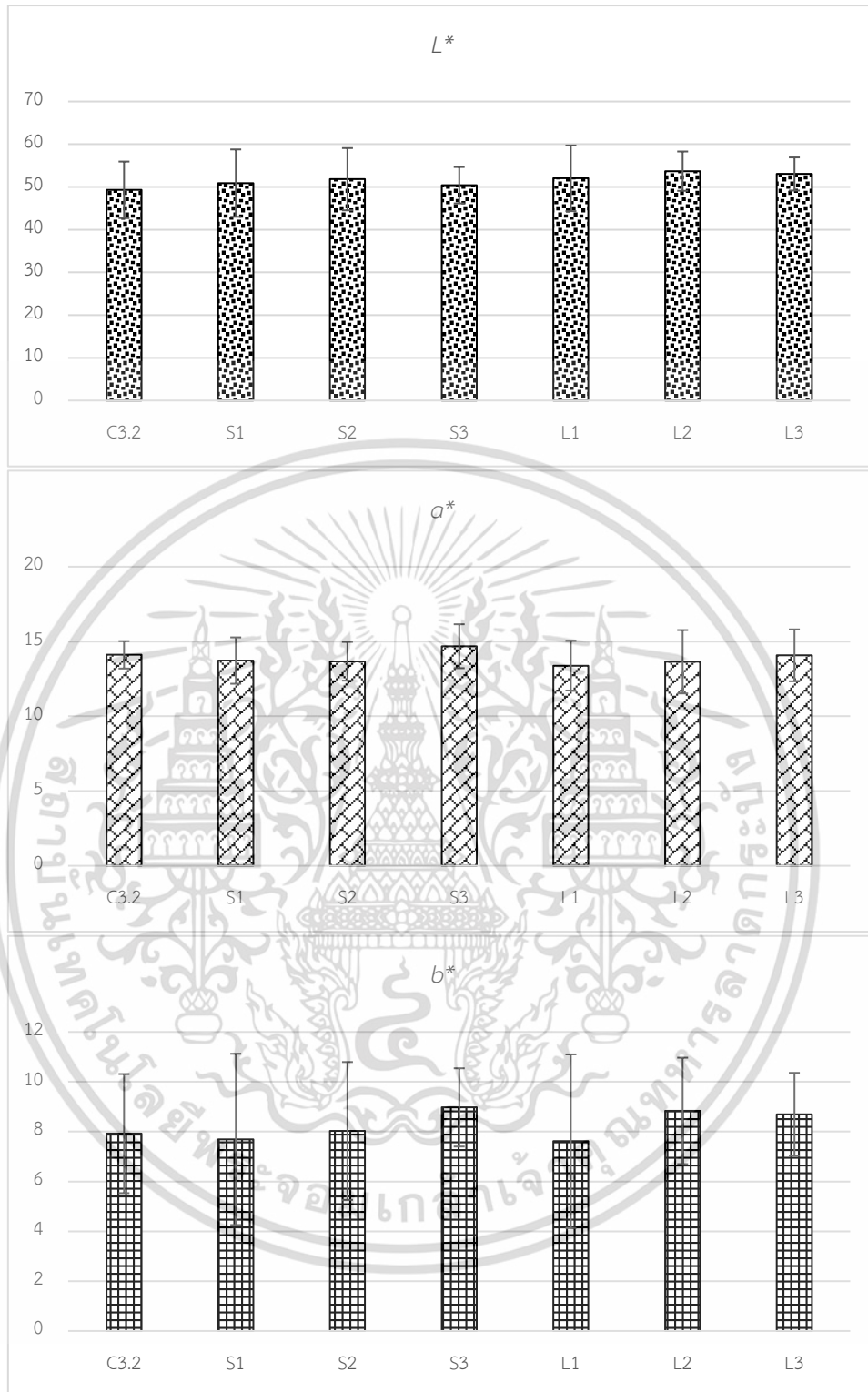
($p > 0.05$) การละลายในรอบที่ 3 ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

C หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม) ที่ร้อยละ 3.2

S หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ที่ร้อยละต่างๆ

L หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทิน ที่ร้อยละต่างๆ



ภาพที่ 4.3.9 ค่าสีของเนื้อนิตไขมันคัดแปรร

หมายเหตุ ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

C หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรรที่มีการผสมสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม) ที่ร้อยละ 3.2

S หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรรที่มีการผสมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต ที่ร้อยละต่างๆ

L หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรรที่มีการผสมเลซิทิน ที่ร้อยละต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองพบว่าค่าแรงเฉือนของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรทุกสภาวะ ไม่แตกต่างจากไขมันตัดแปรที่ผสมสารควบคุม (สูตรควบคุม) โดยมีค่าแรงเฉือนอยู่ระหว่าง 9.58-12.17 นิวตัน ยกเว้นสภาวะของไขมันตัดแปรจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 2 ซึ่งมีความแน่นเนื้อมากกว่าที่สภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

Holmes และคณะ (2013) สรุปผลการทดลองว่าเนื้อสัตว์ที่ผ่านการฉีดไขมัน จะมีปริมาณการแทรกของไขมันที่ต่ำกว่า และมีความชื้นน้อยกว่า เนื่องจากน้ำถูกแทนที่ด้วยไขมันที่ฉีดเพิ่มเข้าไป สำหรับการทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยการวัดค่าแรงเฉือนพบว่า เนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าเนื้อวัวที่ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าแรงเฉือน 24.5 และ 43.5 นิวตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ Slaon (2000) อธิบายว่าโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทเป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่สามารถทำหน้าที่จับเชื่อมไขมันกับน้ำได้ นอกจากนั้นยังสามารถให้เนื้อสัมผัสที่มีลักษณะเป็น elastic gel ทำให้ค่าเนื้อสัมผัสของอาหารเพิ่มขึ้น และเพิ่มความข้นหนืดจนทำให้ได้ลักษณะของ mouthfeel ในเครื่องดื่มได้อีกด้วย

สำหรับการวัดค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปพบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันในทุกสภาวะ มีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการแปรรูปใกล้เคียงกับไขมันตัดแปรผสมสารควบคุม (สูตรควบคุม) โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ร้อยละ 21.05 ถึง 24.47 ยกเว้น ไขมันตัดแปรจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 3 ซึ่งมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Timm และคณะ (2003) พบว่าเนื้อฉีดไขมันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปมากกว่าเนื้อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ร้อยละ 28.44 และ 19.67 ตามลำดับ มีค่าผลต่างอยู่ที่ร้อยละ 8.77 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Holmes และคณะ (2013) ซึ่งรายงานว่เนื้อฉีดไขมันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปมากกว่าเนื้อควบคุม

สำหรับการวัดความคงตัวของเนื้อเนื่องจากการละลายพบว่าครั้งที่ 1 และ 2 ของการละลายมีค่าร้อยละผลผลิตหลังการละลายใกล้เคียงกัน แต่สำหรับการละลายครั้งที่ 2 พบว่าเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากเลซีทิน มีแนวโน้มค่าร้อยละผลผลิตหลังการละลายที่เหลืออยู่ มีปริมาณมากกว่าเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลท โดยมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 87.94 -89.00 และ ร้อยละ 87.25-88.84 ตามลำดับ สำหรับการละลายครั้งที่ 3 พบว่าเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากเลซีทินร้อยละ 2 และ 3 มีค่าร้อยละผลผลิตหลังการละลายใกล้เคียงกับเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรผสมสารควบคุม (สูตรควบคุม) โดยมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 85.81 86.95 และ 85.52 ตามลำดับ

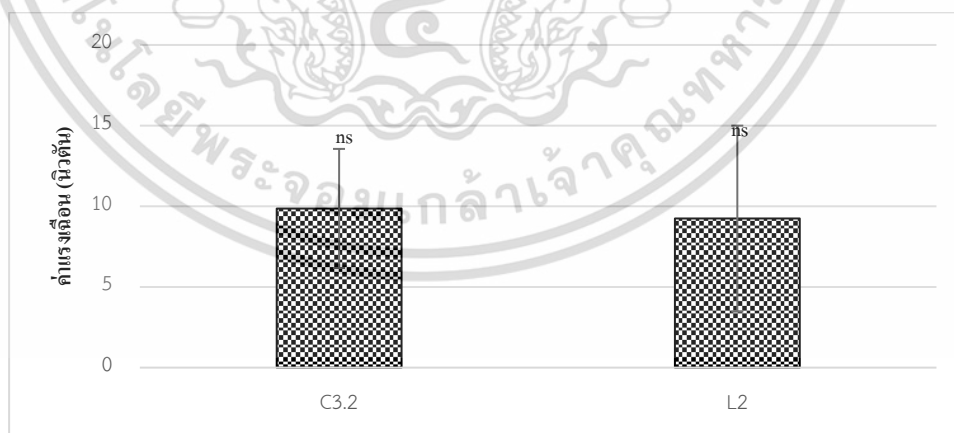
Leinala และคณะ (2002) อธิบายว่าอิมัลชันไฟเออร์จำพวกกลุ่มโปรตีนนั้นสามารถช่วยปรับปรุงความคงตัวของอิมัลชัน เมื่อทำการแช่เยือกแข็ง และการละลายของอาหาร โดยปรับปรุงการเกิดและขยายตัวของผลึกน้ำแข็ง ทำให้ไม่เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ทำลายเซลล์เนื้อเยื่อ

สำหรับค่าสี พบว่าตัวอย่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเนื้อฉืดไขมันมีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 50.40-53.69 มีค่าสีแดงอยู่ระหว่าง 13.38-14.68 และมีค่าสีเหลืองอยู่ระหว่าง 7.62-8.97 ตามลำดับ

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่าไขมันตัดแปรที่เหมาะสมในการนำไปทดลองต่อในข้อ 4.4 คือไขมันตัดแปรจากเลขิทินร้อยละ 2 เนื่องจากไขมันตัดแปรมีความคงตัวที่สูงและเมื่อนำไขมันตัดแปรดังกล่าวไปฉีดในเนื้อพบว่ามีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการละลาย และค่าการสูญเสียน้ำหลังจากการแปรรูปที่น้อยที่สุดอีกด้วย

4.4 การตรวจสอบคุณภาพของเนื้อฉืดไขมันวัวตัดแปร

จากผลการทดลองการพบว่าเนื้อวัวที่ฉีด ไขมันตัดแปรที่เตรียมจากสารควบคุม และเลขิทิน มีลักษณะปรากฏที่แตกต่างกัน รายละเอียดแสดงดังภาคผนวกที่ จ 2 เมื่อนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยการวัดเนื้อสัมผัส แสดงดังภาพที่ 4.4.1 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรที่ผสมเลขิทินมีค่าแรงเฉือนที่น้อยกว่าสารควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าแรงเฉือนความแน่นเนื้ออยู่ระหว่าง 9.23 ถึง 9.87 นิวตัน



ภาพที่ 4.4.1 ค่าแรงเฉือนของเนื้อฉืดไขมันวัวตัดแปร

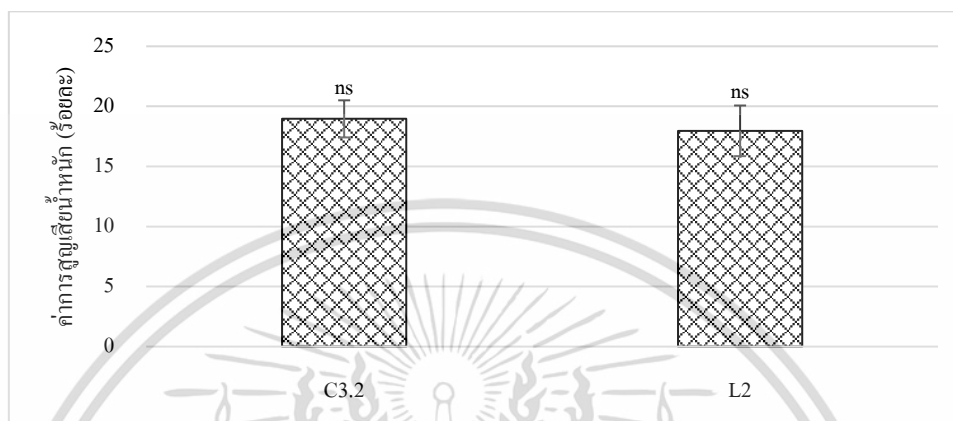
หมายเหตุ C3.2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักสารละลาย

L2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลขิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักสารละลาย

ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนั้นเมื่อนำไปตรวจสอบค่าการสูญเสียน้ำหลังจากการแปรรูปแสดงดังภาพที่ 4.4.2 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรผสมเลซิทินมีค่าการสูญเสียน้ำหลังจากการแปรรูปที่น้อยกว่าเนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรผสมสารควบคุม อย่างไรก็ตามมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากการแปรรูปอยู่ระหว่างร้อยละ 17.96 ถึง 18.96



ภาพที่ 4.4.2 ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังจากกระบวนการแปรรูป

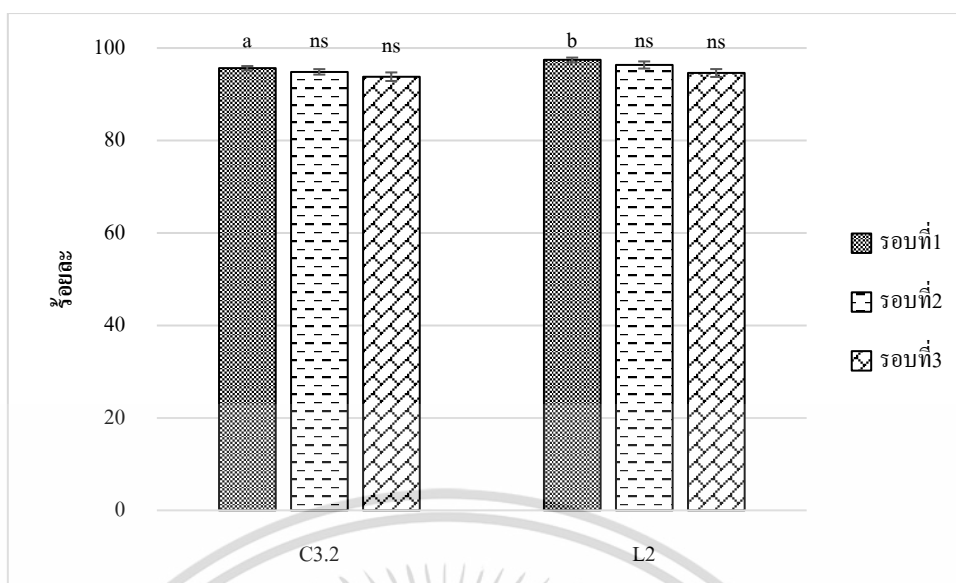
หมายเหตุ C3.2 หมายถึง ไขมันวัวดัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักสารละลาย

L2 หมายถึง ไขมันวัวดัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักสารละลาย ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Reed และคณะ (2017) กล่าวว่าเนื้อที่ฉีดไขมันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปมากกว่าเนื้อควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) โดยมีค่าการสูญเสียน้ำหนักที่ร้อยละ 28.44 และ 19.67 ตามลำดับ มีค่าผลต่างอยู่ที่ร้อยละ 8.77 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ Holmes และคณะ (2013) ซึ่งรายงานว่เนื้อที่ฉีดไขมันมีค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการแปรรูปมากกว่าเนื้อควบคุม

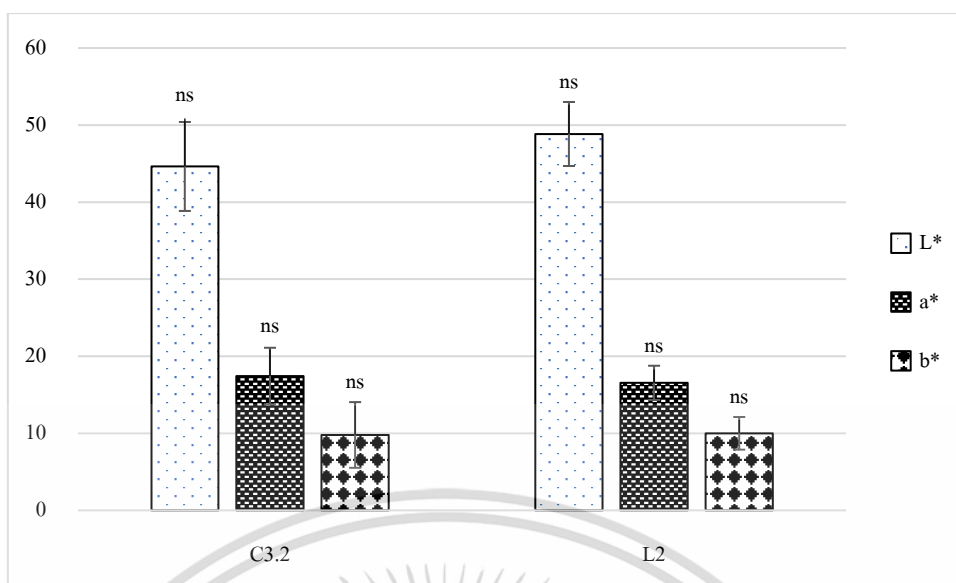
สำหรับการตรวจสอบความคงตัวของผลผลิตหลังจากการละลายของเนื้อที่ฉีดไขมันแสดงดังภาพที่ 4.4.3 พบว่า เมื่อนำเนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรมาละลายที่ครั้งที่ 1 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรเลซิทิน มีร้อยละผลผลิตหลังจากการละลายที่สูงกว่าเนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรผสมสารควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยมีค่าผลผลิตอยู่ระหว่าง ร้อยละ 95.53-97.42 สำหรับการนำเนื้อมาละลายครั้งที่ 2 และ 3 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรด้วยเลซิทิน มีร้อยละของผลผลิตหลังจากการละลายที่สูงกว่าเนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรผสมสารควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยการละลายครั้งที่ 2 มีร้อยละผลผลิตระหว่าง 94.84-96.33 และการละลายครั้งที่ 3 มีร้อยละผลผลิตระหว่าง 93.79- 94.59 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4.3 ค่าน้ำหนักผลิตภัณฑ์หลังจากการละลายของเนื้อฉีดไขมันตัดแปร
หมายเหตุ C3.2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมร้อยละ 3.2 ของน้ำหนัก
 สารละลาย
 L2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักสารละลาย
 น้ำหนักของเนื้อหลังการละลายครั้งที่ 1 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 ($p \leq 0.05$) และครั้งที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อตรวจค่าสีแสดงดังภาพที่ 4.4.4 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรผสมสาร
 ควบคุมมีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ใกล้เคียงกับเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรเลซิทิน อย่าง
 มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 44.63-48.84 มีค่าสีแดงอยู่ระหว่าง
 16.55-17.43 และมีค่าสีเหลืองอยู่ระหว่าง 9.78-10.00 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.4.4 ค่าสีของเนื้อนัตไขมันคัดแปร

หมายเหตุ C 3.2 หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักสารละลาย

L 2 หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักสารละลาย ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สำหรับผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสแบบ 7 point hedonic scale ของผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เมื่อนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลแสดงดังตารางที่ 4.4.1 พบว่าเนื้อที่นัตไขมันคัดแปรที่ผสมเลซิทินมีคะแนนความชอบในด้านสี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และกลิ่นรส สูงกว่าเนื้อที่นัตไขมันคัดแปรผสมสารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยของเนื้อวุ้นนัตไขมันคัดแปรผสมเลซิทิน และสารควบคุม ในด้านสี อยู่ที่ 5.84 และ 5.32 ด้านความนุ่ม อยู่ที่ 5.98 และ 5.30 ด้านความชุ่มฉ่ำ อยู่ที่ 6.04 และ 5.08 ด้านกลิ่นรส อยู่ที่ 5.36 และ 5.28 ตามลำดับ โดยคะแนนด้านสี ความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำ หมายถึงเนื้อนัตไขมันคัดแปรผสมเลซิทิน ผู้บริโภคมีความชอบปานกลาง และเนื้อนัตไขมันคัดแปรผสมสารควบคุม ผู้บริโภคมีความชอบน้อย สำหรับคะแนนด้านกลิ่นรส เนื้อนัตไขมันคัดแปรทั้ง 2 ชนิด ผู้บริโภคมีความชอบน้อย อย่างไรก็ตามผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมในเนื้อที่นัตไขมันคัดแปรผสมเลซิทินเท่ากับ 5.78 คะแนน และสูงกว่ากรณีของเนื้อที่นัตไขมันคัดแปรผสมสารควบคุมที่ให้คะแนนเท่ากับ 5.42 คะแนน โดยคะแนนดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.1 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส 7 point hedonic scale จำนวนผู้ทดสอบ 50 คน

ลักษณะ	C3.2	L2
สี	5.32±1.17 ^a	5.84±0.84 ^b
ความนุ่ม	5.30±0.95 ^a	5.98±1.17 ^b
ความชุ่มฉ่ำ	5.08±1.31 ^a	6.04±1.09 ^b
กลิ่นรส	5.28±1.44 ^a	5.36±1.51 ^b
ความชอบโดยรวม	5.42±0.95	5.78±1.09

หมายเหตุ C 3.2 หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักสารละลาย

L 2 หมายถึง ไขมันวัวคัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักสารละลาย ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Reed และคณะ (2017) โดยผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคทั่วไป ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้านความนุ่ม และความชุ่มฉ่ำของเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมากกว่าเนื้อวัวควบคุม โดยในด้านความนุ่มให้คะแนนความชอบ 6.7 และ 6.3 ตามลำดับ ($p=0.08$) ในด้านความชุ่มฉ่ำให้คะแนนความชอบ 6.3 และ 5.7 ตามลำดับ ($p=0.05$) สำหรับในคุณลักษณะกลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.13$) จากผู้บริโภคทั้งหมด 140 คน มีผู้บริโภค ร้อยละ 59.3 หรือ 83 คน เลือกยอมรับเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันหมู และผู้บริโภค ร้อยละ 41.7 หรือ 57 คน เลือกยอมรับเนื้อวัวควบคุม นอกจากนี้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสสำหรับผู้ทดสอบชิมที่ถูกฝึกฝนพบว่าผู้ทดสอบชิมสามารถตรวจรับรู้ถึงกลิ่นรสที่ผิดปกติ (off-flavor) ของเนื้อวัวควบคุมซึ่งเข้มข้นกว่าเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันหมูลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.02$) สำหรับคะแนนได้ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ ความนุ่มของเส้นใยกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดย Reed และคณะ (2017) ตั้งสมมติฐานว่า อาจเกิดจาก halo effect ของผู้ทดสอบ ซึ่งหมายถึงว่าผู้ทดสอบชิมไม่สามารถแยกคุณลักษณะอื่นๆ ได้เนื่องจากกลิ่นรสที่ผิดปกติมีความเข้มข้นกลบคุณลักษณะอื่นๆ

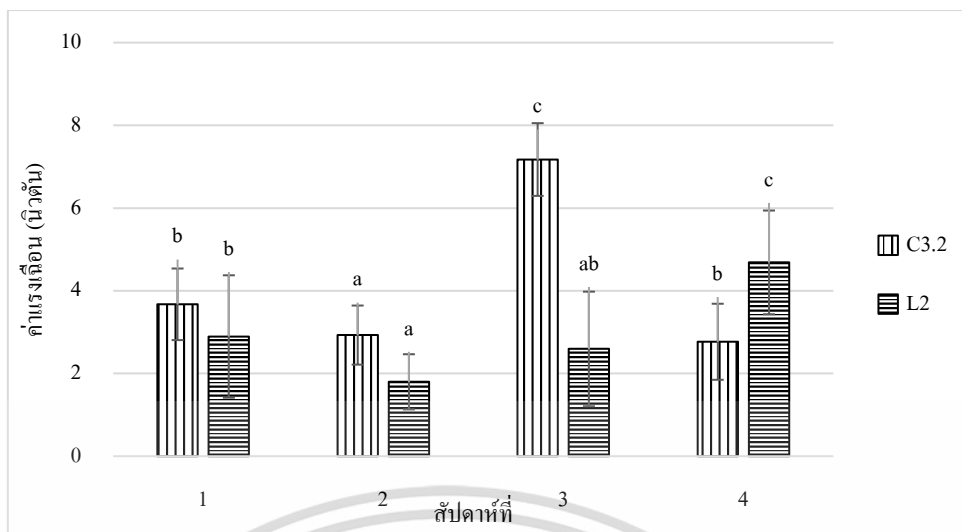
Reed และคณะ (2017) สรุปว่าการฉีดไขมันหมูลงในเนื้อวัวส่วนสันนอกที่มีระดับการแทรกของไขมันน้อยสามารถเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในเนื้อวัว ลดค่าแรงเคื่อน และสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับปรุงคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านความอร่อยได้ นอกจากนั้นผู้บริโภครยังยอมรับเนื้อวัวที่มีการฉีดไขมันมากกว่าเนื้อวัวที่ไม่มีการฉีดไขมัน

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรทั้งสองชนิดพบว่าการใช้เลซิทินที่ร้อยละ 2 สามารถนำมาใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์เพื่อแทนสารควบคุมร้อยละ 3.2 ได้ เนื่องจากไขมันตัดแปรผสมเลซิทินมีความคงตัวสูงมากกว่าไขมันตัดแปรผสมสารควบคุม มีลักษณะและคุณสมบัติอื่นๆ ใกล้เคียงกับสารควบคุม และยังสามารถทำให้ผู้บริโภครยอมรับได้โดยมีคะแนนความชอบในด้าน สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรส ที่สูงกว่าสารควบคุม

สำหรับการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสพบว่า เมื่อเก็บรักษาสัปดาห์ที่ 2 เนื้อฉีดไขมันตัดแปรของทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเนื้อสัมผัสที่นุ่มลงจากสัปดาห์ที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสัปดาห์ที่ 1 มีค่าแรงเฉือนของเนื้อฉีดไขมันตัดแปรผสมสารควบคุม และเลซิทิน อยู่ที่ 3.67 และ 2.90 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าที่สัปดาห์ที่ 2 โดยมีค่าแรงเฉือนของเนื้อฉีดไขมันตัดแปรผสมสารควบคุม และเลซิทิน 2.92 และ 1.80 นิวตัน ตามลำดับ หลังจากนั้นค่าเนื้อสัมผัสของทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) นอกจากนั้นเมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์โดยการตรวจหาค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิด พบว่า เนื้อฉีดไขมันตัดแปรทั้งสองชนิด มีแนวโน้มในการเกิดออกซิเดชันเพิ่มมากขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ทั้งนี้ค่าที่ตรวจสอบได้ทั้งหมด ไม่เกินมาตรฐานที่ระบุว่าอาหารเกิดการเสื่อมเสียทางเคมีแต่อย่างใด

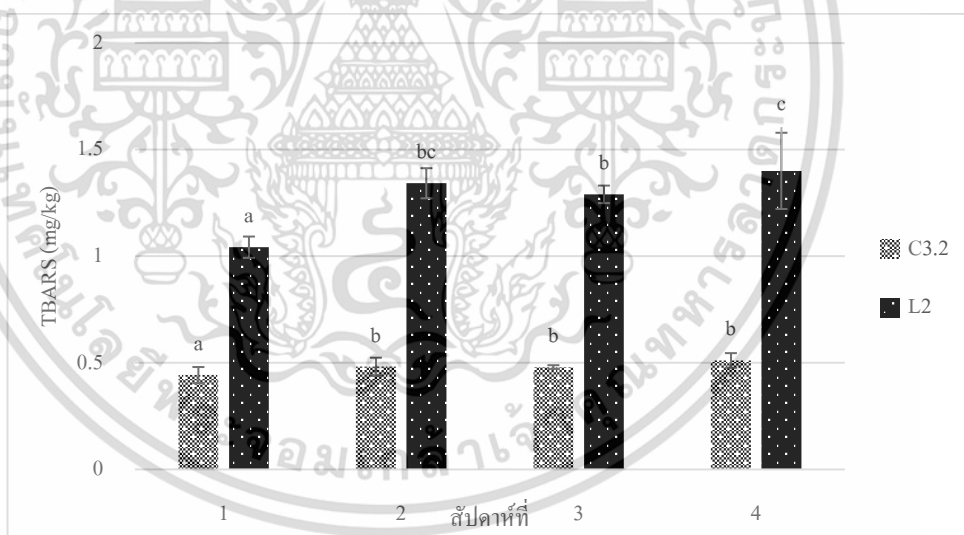


ภาพที่ 4.4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าเนื้อสัมผัสเนื้อฉีดไขมันตัดแปร

หมายเหตุ C 3.2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมของน้ำหนักรละลาย

L 2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักรละลาย

ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าไทโอบาร์บิทรिकเอซิดของเนื้อฉีดไขมันตัดแปร

หมายเหตุ C 3.2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมสารควบคุมร้อยละ 3.2 ของน้ำหนักรละลาย

L 2 หมายถึง ไขมันวัวตัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 ของน้ำหนักรละลาย

ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

(วิเคราะห์ความแตกต่าง ที่เนื้อฉีดไขมันตัดแปรชนิดเดียวกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. การตรวจสอบคุณภาพของไขมันวัวพบว่าไขมันวัวมีองค์ประกอบหลักคือกรดโอเลอิก (C18:1n9c) กรดปาล์มิติก (C16:0) และ กรดสเตียริก (C18:0) โดยไขมันวัวของทั้ง 2 ระบบการเลี้ยง มีค่าองค์ประกอบของกรดไขมันที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากมีสายพันธุ์ของโคใกล้เคียงกัน รวมถึงมีการให้อาหารที่มีองค์ประกอบหลักใกล้เคียงกัน ไขมันวัวก่อนการแยกส่วน ประกอบด้วย กรดโอเลอิก ร้อยละ 34.37-36.83 กรดปาล์มิติกร้อยละ 27.47-29.23 และกรดสเตียริกร้อยละ 10.69-13.55 ตามลำดับ โดยมีสัดส่วนของ กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) ร้อยละ 45.89-49.62 และมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (USFA) ร้อยละ 44.00-48.52 ตามลำดับ และหลังจากกระบวนการแยกพบว่า มีกรดโอเลอิก ร้อยละ 35.93-39.78 กรดปาล์มิติก ร้อยละ 24.63-27.20 และกรดสเตียริกร้อยละ 7.70-12.11 ตามลำดับ

2. สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตไขมันวัวแยกส่วน คือ ที่ความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที และ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะได้น้ำมันวัวที่มีกรดโอเลอิกร้อยละ 39.37 กรดปาล์มิติกร้อยละ 24.63 และ กรดสเตียริกร้อยละ 7.84 โดยเป็นกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 39.77 กรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 52.29 ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 49.83 และเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 2.46 ตามลำดับ

3. การใช้เลขทิทินร้อยละ 2 ในการผลิตไขมันตัดแปรจากไขมันแยกส่วนที่ผลิตได้ เนื่องจากจะทำให้ได้ไขมันตัดแปรมีความคงตัวที่สูง และเมื่อนำไขมันตัดแปรดังกล่าวไปฉีดในเนื้อพบว่ามีค่าการสูญเสียเนื่องจากความระเหย และค่าการสูญเสียหลังจากการแปรรูปที่น้อย และพบว่าการใช้เลขทิทินที่ร้อยละ 2 จะได้ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อที่มีค่าแรงเหนือน้อยกว่าตัวอย่างควบคุม และมีค่าที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม โดยผู้บริโภคริโกลให้คะแนนความชอบในด้าน สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรส ที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และเมื่อเก็บรักษาพบว่ามีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม มีค่า TBARs แสดงถึงการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุมแต่ยังอยู่ในระดับที่ไม่แสดงถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

ข้อเสนอแนะ

การใช้มีลชีไฟเออร์หลายชนิดเพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อฉีดไขมัน เป็นอีกหัวข้อที่น่าสนใจสำหรับการนำไปพัฒนาเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพที่ใกล้เคียงเนื้อที่มีไขมัน แทรกมากที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมปศุสัตว์. 2555. ประเภทของเนื้อโคไทย. [online]. เข้าถึงได้จาก : http://extension.dld.go.th/t/h1/index.php?option=com_content&view=article&id=203:2012-03-12-07-04-00&catid=49:2012-03-05-10-24-38&Itemid=40. วันที่เข้าถึง 20 สิงหาคม 2561.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. มั่นใจพร้อมรับมือผลกระทบหลังสิ้นสุด SSG ไทย-ออสเตรเลีย ชูกองทุน FTA พร้อมช่วยเหลือเกษตรกร. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.moac.go.th/news-preview-401891791647>. วันที่เข้าถึง 13 ธันวาคม 2561.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- นิธิยา รัตนานพนธ์. 2551. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอ.เอส. พรินติ้ง เฮ้าส์.
- วรรณาทังเจริญชัย, Akoh, C.C., พัชรา โกสิยานันท์ และสิวลี ไทยถาวร. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์ คุณลักษณะทางเคมี ความร้อน และผลึกของผลิตภัณฑ์ไขมันวัวตัดแปรรูป. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรกฎาคม 2554.
- วรรณาทศุขชัย. 2549. เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สัจชัย จตุรสิทธิ์. 2551. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มิ่งเมือง.
- Aberle, E.D., Forrest, J.C., Gerrard, D.E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R.A. 2001. Principles of meat science. 4th ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- AOAC. 2000. Office methods of analysis of AOAC international. Method 991.39. 26–28.
- AOCS. 1997. Official Methods of Analysis Cd 18-90. Champaign, IL: AOCS Publishing.
- AOCS. 2003. Official Methods of Analysis Cd 8b-90. Champaign, IL: AOCS Publishing.
- Arnaud, E., Trystramb, G., Relkinb, P. and Collignana, A. 2006. Thermal characterization of chicken fat dry fractionation process. Journal of Food Engineering. 72:390-397.
- Baublits, R.T., Pohlman, F.W., Brown Jr., A.H., Johnson, Z.B., Proctor, A., Sawyer, J., Dias-Morse, P. and Gallowaym, D.L. 2007. Injection of conjugated linoleic into beef strip loins. Meat Science. 75:84-93.
- Bernardin, E. 1973. Oil and fat technology. 2nd ed. Rome: Technology.
- Campos, R.J., Litwinenko, J.W. Marangoni, A.G. 2003. Fractionation of milk fat by short-path distillation. Journal of Dairy Science. 86:735-745.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Chan, W., Brown, J., Lee, S.M., Buss, D.H. 1995. Meat, Poultry and Game. Supplement to McCance and Widdowson's The composition of foods. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Chan, W., Brown, J., Church, S.M., Buss, D.H. 1996. Meat Products and Dishes. Supplement to McCance and Widdowson's The Composition of Foods. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- Chung, K.Y., Lunt, D.K., Choi, C.B., Chae, S.H., Rhoades, R.D., Adams, T.H., Booren, B. and Smith, S.B. 2006. Lipid characteristics of subcutaneous adipose tissue and *M. longissimusthor* is of Angus and Wagyu steers fed to US and Japanese endpoints. Meat Science. 73:432-441.
- Decker, E.A. and Park, Y. 2010. Review: Healthier meat products as functional foods. Meat Science. 86:49-55.
- DeMan, J.M. 1992. Fats and oils: Chemistry, Physics and application. In Encyclopedia of Food Science and Technology. John Wiley & Sons, Inc, New York. 2:818-828.
- Dickinson, E. 1997. Properties of emulsions stabilized with milk proteins: Overview of some recent developments. Journal of Dairy Science. 80:2607-2619.
- Doğan, T.H. and Temur, H. 2013. Effect of fractional winterization of beef tallow biodiesel on the cold flow properties and viscosity. Fuel. 108:793-796.
- Durham, R.M., Elliott, H., and Zinn, D.W. 1961. Techniques for marbling beef carcasses. Journal of Animal Science. 20:916-917.
- Emerson, M.R., Woerner, D.R., Belk, K.E., and Tatum, J.D. 2013. Effectiveness of USDA instrument-based marbling measurements for categorizing beef carcasses according to differences in longissimus muscle sensory attributes. Journal of Animal Science. 91:1024-1034.
- Erickson, M.C. 2008. Chemistry and function of phospholipids. Boca raton: CRC Press.
- Farvid, M.S., Ding, M., Pan, A., Sun, Q., Chiuve, S.E., Steffen, L.M., Willett, W.C., and Hu, F.B. 2014. Dietary Linoleic Acid and Risk of Coronary Heart Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. Circulation. 120:1568-1578.
- German, J.B. and Dillard, C.J. 1988. Fractionated milk fat; Composition, structure, and functional properties. Food Technology. 52:33-38.

- Gibis, M., Schuh, V. and Weiss, J. 2015. Effects of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Food Hydrocolloids*. 45:236-246.
- Grall, D.S. and Hartel, R.W. 1992. Kinetics of butterfat crystallization. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 69:741-747.
- Hamm, W. 1995. Trends in edible oil fractionation. *Trends in Food Science and Technology*. 6:121-126.
- Haraldsson, G. 1984. Separation of saturated/unsaturated fatty acids. *JAOCS*. 61:219-222.
- Hawrysh, Z.J., Erin, M.K., Kim, S.S. and Harding, R.T. 1995. Sensory and chemical stability of tortilla chips fried in canola oil, corn oil and Partially hydrogenated soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 72:1123-1130.
- Heinz, G. and Hautzinger, P. 2007. Meat processing technology for small-to medium scale producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations regional office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand.
- Holmes, L., Montgomery, T. and Lawrence, T. 2013. Post mortem fat injection to improve beef palatability. *Fleischwirtschaft*. 6:64-66.
- Jeong, J.Y., Kim, G.D., Yang, H.S. and Joo, S.T. 2011. Effect of freeze-thaw cycles on physicochemical properties and color stability of beef semimembranosus muscle. *Food Research International*. 44:3222-3228.
- Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J., and Cofrades, S. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science*. 59:5-13.
- Jin, Q., Gao, H., Shan, L., Liu, Y. and Wang, X. 2007. Study on grainy crystals in edible beef tallow shortening. *Food Research International*. 40:909-914.
- Karaca, A.C., Low, N. and Nickerson, M. 2011. Emulsifying properties of canola and flaxseed protein isolates produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Research International*. 44:2991-2998.
- Kellens, M. 1998. Etat des lieux et évaluation des procédés de modification des matières grasses par combinaison de l'hydrogénation, de l'interesterification et du fractionnement (suite). *Oléagineux Corps Gras Lipides*. 5:421-426.
- Klang, V. and Valenta, C. 2011. Lecithin-based nanoemulsion. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 21:55-76.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Kralova, I and Sjoblom, J. 2009. Surfactants used in food industry: a review. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 30:1363-1368.
- Kreulen, H.P. 1976. Fractionation and winterization of edible fats and oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 53:393-396.
- Kris-Etherton, P.M., Pearson, T.A., Wan, Y., Hargrove, R.L., Moriarty, K., Fishell, V. and Etherton, T.D. 1999. High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 70:1009-1015.
- Lawrie, R.A. 1991. *Meat Science*. 5th Ed. Pergamon Press. Oxford, London.
- Li, Y., Zhao, J., Xie, X., Zhang, Z., Zhang, N. and Wang, Y. 2018. A low trans margarine fat analog to beef tallow for healthier formulations: Optimization of enzymatic interesterification using soybean oil and fully hydrogenated palm oil. *Food Chemistry*. 255:405-413.
- Lucassen-Reynders, E.H. 1996. Dynamic interfacial properties in emulsification. *Encyclopaedia of emulsion technology*. 4:63-91.
- Ma, L. and Xiong, Y. 2011. Textural attributes and oxidative stability of pork longissimus muscle injected with marbling-like emulsified lipids. *Meat Science*. 89:209-216.
- MacKenzie, A.D. and Stevenson, D.E. 2000. Production of high-oleic acid tallow fractions using lipase-catalyzed directed interesterification, using both batch and continuous processing. *Enzyme and Microbial Technology*. 27:302-311.
- Marangoni, A.G., Acevedo, N., Maleky, F., Co, E., Peyronel, F., Mazzanti, G., Quinn, B. and Pink, D. 2012. Structure and functionality of edible fats. *The royal Society of chemistry*. 8:1275-1300.
- McClements, D.J. and Gumus, C.E. 2016. Natural emulsifiers-Biosurfactants, phospholipids, biopolymers and colloidal particles: Molecular and physicochemical basis of functional performance. *Advances in Colloid and Interface Science*. 234:3-26.
- McClements, D.J. 2005. *Food emulsions Principles, practices, and techniques*. Second edition. CRC press.
- Mottram, D.S. 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*. 62:415-424.
- Mudgil, D., Barak, S. and Khatkar, B.S. 2011. Guar gum; processing, properties and food applications-a review. *Journal of Food Science and Technology*. 51:409-418

- Mun, S., Kim, Y.L., Kang, C.G., Park, K.H., Shim, J.Y. and Kim, Y.R. 2009. Development of reduced-fat mayonnaise using 4- α -glucanase-modified rice starch and xanthan gum. *International Journal of Biological Macromolecules*. 44:400-407.
- National Cattlemen's Beef Association. 2013. Retail Beef Cuts Poster. retrieved from: <http://www.beefretail.org/beefcutcharts.aspx>. 13 January 2018.
- Nishinari, K., Fang, Y., Guo, S. and Phillips, G.O. 2014. Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. *Food Hydrocolloids*. 39:301-318.
- Pan, L.G., Tomas, M.C. and Anon, M.C. 2004. Oil-in-water emulsions formulated with sunflower lecithins: vesicle formation and stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 81:241-244.
- Pearce, K.N. and Kinsella, J.E. 1978. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 26:716-723.
- Pichot, R., Watson, R.I. and Norton I.T. 2013. Phospholipids at the interface: current trends and challenges, *International Journal of Molecular Sciences*. 14:11767-117694.
- Pietrasik, Z., Dhanda, J.S., Shand, P.J. and Pegg, R.B. 2006. Influence of injection, packaging, and storage conditions on the quality of beef and bison steaks. *Journal of Food Science*. 71:110-118.
- Potter, N.N. and Hotchkiss, J.H. 1995. *Food Science*. 5th edition. Chapman and Hall. London. 359-380.
- Raharjo, S. and Sofos, J.N. 1993. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissue: A review. *Meat Science*. 35:145-169.
- Rajah, K.K. 1996. Fractionation of fat in separation process in the food and biotechnology industries; Principles and applications. A.S. Grandison and M.J. Lewis. 1st eds. technomics, Lancaster, PA.
- Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., Winne, A.D., Claeys, E., Demeyer, D. and Smet, S.D. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*. 65: 1237-1246.
- Reed, D., Walter, L, Schmitz, A., Guadián-García, D. and Lawrence, T. 2017. Post-mortem mechanical injection of low quality beef loins with pork back fat improves palatability and sensory attributes. *Meat Science*. 123:205-210.
- Shun, N. and Yun, Z. 2011. Analysis of fatty acids in infant formulas using an Agilent J&W HP-88 capillary GC column. *Agilent Technologies*.1-7.

- Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S.N. and Bawa, A.S. 2008. Functional and edible uses of soy protein products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7:14-28.
- Smith, S.B., Yang, A., Larsen, T.W. and Tume, R.K. 1998. Positional analysis of triacylglycerols from bovine adipose tissue lipids varying in degree of unsaturation. *Lipids*. 33:197-207.
- Smith, S.B., Gill, C.A., Lunt, D.K. and Brooks, M.A. 2009. Regulation of fat and fatty acid composition in beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 22:1225-1233.
- Song, S., Zhang, X., Hayat, K., Huang, M., Liu, P., Karangwa, E., Gu, F., Jia, C., Xia, S., Xiao, Z. and Niu, Y. 2010. Contribution of beef base to aroma characteristics of beeflike process flavor assessed by descriptive sensory analysis and gas chromatography olfactometry and partial least squares regression. *Journal of Chromatography A*. 1217:7788-7799.
- Song, S., Zhang, X., Xiao, Z., Niu, Y., Hayat, K. and Eric, K. 2012. Contribution of oxidized tallow to aroma characteristics of beeflike process flavor assessed by gas chromatography-mass spectrometry and partial least squares regression. *Journal of Chromatography A*. 1254:115-124.
- Swern, D. 1979. *Beriley's industrial oil and fat products*. 14th ed. USA: John Wiley and sons.
- Tajima, A., Kawahara, M.S.S., Shin, M.S.K., Imaizumi, K., Nakamura, T. and Ito, T. 1995. Is beef tallow really hazardous to health. *Nutrition Research*. 15:1429-1436.
- Timm, R.R., Unruh, J.A., Dikeman, M.E., Hunt, M.C., Lawrence, T.E., Boyer, J.J., and Marsden, J.L. 2003. Mechanical measures of uncooked beef longissimus muscle can predict sensory panel tenderness and Warner-Bratzler shear force of cooked steaks. *Journal of Animal Science*. 81:1721-1727.
- Tirtiaux, A. and Gibon, V. 1998. The scopes and applications of fractionation technology in fat based food industry. In *Proceedings of the World Scenario in Oils, Oleochemicals and Surfactants Industries*, Lucknow. April.
- Temme, E.H., Mensink, R.P. and Hornstra, G. 1997. Effects of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid, and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects. *Journal of Lipid Research*. 38:1746-1754.
- Trius, A., Sebranek, J.G. and Lanier, T. 2009. Carragenans and their use in meat products. *Food science and nutrition*. 36:69-85.
- Ünsal, M. and Aktas, N. 2003. Fractionation and characterization of edible sheep tail fat. *Meat Science*. 63: 235-239.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Waldman, R.C., Suess, G.G. and Brungardt, V.H. 1968. Fatty acids of certain bovine tissue and their association with growth, carcass and palatability traits. *Journal of Animal Science*. 27:632-635.
- Wang, S., Shi, Y., Tu, Z., Zhang, L., Wang, H. and Tian, M. 2017. Influence of soy lecithin concentration on the physical properties of whey protein isolate-stabilized emulsion and microcapsule formation. *Journal of Food Engineering*. 207:73-80.
- Watanabe, T., Ebine, H. and Ota, T. 1991. *Soybean foods*. Tokyo: Kohrin
- Westerling, D.B. and Hedrick, H.B. 1979. Fatty acid composition of bovine lipids as influenced by diet, sex and anatomical location and relationship to sensory characteristics. *Journal of Animal Science*. 48:1343-1348
- Whitney, E.N. and Rolfes, S.R. 2002. *Understanding nutrition*, Ninth edition Belmont, CA:Wadsworth.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R. and Enser, M. 2004. Effects of fatty acids on meat quality: A review. *Meat Science*. 66:21-32.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน

โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography ตามวิธีการของ Shun and Yun (2011)

วิธีการเตรียมตัวอย่างให้เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมัน Fatty acid methyl ester

รายละเอียด ดัดแปลงจาก AOAC Official Method 991.39

1. ชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ละลายแล้ว 0.1 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลองที่ปิดฝาได้ (วิธีการละลายน้ำมัน แสดงดัง บทที่ 3 ข้อ 3.4.1 หรือ 3.4.2)
2. เติมสารละลายโทลูอีน ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เพื่อละลายน้ำมัน
3. เติมสารละลาย acetyl chloride-methanol ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 6 มิลลิลิตร
4. ปิดฝาและแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
5. ล้างหลอดที่ใช้สำหรับการปั่นเหวี่ยงด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์
6. นำสารไปปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
7. นำสารละลายส่วนใส (supernatant) ใสในขวดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์แก๊สโครมาโทกราฟี
8. การวิเคราะห์แก๊สโครมาโทกราฟีของสารอนุพันธ์ของกรดไขมัน (Fatty acid methyl ester; FAME) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Agilent 7890A (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, Ca, USA) และ วิเคราะห์ผลการแยกด้วย Flame ionization detector สารอนุพันธ์ของกรดไขมันจะถูกแยกด้วยคอลัมน์ HP-88 โดยคอลัมน์มีขนาดยาว 100 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร และมีความหนา 0.2 ไมโครเมตร (Supelco, Bellefonte, PA, USA) สภาพการแยกสารของแก๊สโครมาโทกราฟีมีดังนี้ ส่วนต้นของคอลัมน์จะกำหนดให้มีอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส และคงที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียสไว้ที่ 15 นาที กำหนดวิธีการฉีดสาร โดยวิธี split อัตราส่วน 30:1 อุณหภูมิของช่องฉีดสาร 260 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของเครื่อง Flame ionization detector 280 องศาเซลเซียส สารตัวอย่างปริมาตร 1 ไมโครลิตร จะถูกฉีดเข้าที่ช่องฉีดสารโดยอัตโนมัติ ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นสารที่เคลื่อนที่ (mobile phase) ด้วยอัตราคงที่ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิลลิลิตรต่อนาที การวิเคราะห์โดยระบุว่าเป็นสารชนิดใดทำได้โดยใช้สารมาตรฐาน Supelco 37 component FAME mixture #18919 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) กรดไขมันที่ได้จะแสดงผลในรูปร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (AOCS Cd 8b-90, 2005)

สารเคมี

1. สารละลายกรดแอสซิติค-ไอโซออกเทน เตรียมได้จากการผสมกรดแอสซิติค (glacial) และ ไอโซออกเทน ในอัตราส่วน 3:2
2. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว
3. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.01 M
4. สารละลาย sodium lauryl sulfate (SDS) 10 เปอร์เซ็นต์
5. น้ำแป้งสุก

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ละลายแล้ว 5 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ (วิธีการละลายน้ำมันแสดงดัง บทที่ 3 ข้อ 3.4.1 หรือ 3.4.2)
2. เติมสารละลายกรดแอสซิติค-ไอโซออกเทน 50 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าเพื่อละลายน้ำมัน
3. เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว 0.5 มิลลิลิตร
4. เขย่าเป็นเวลา 1 นาที
5. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร
6. นำสารละลายไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต โดยเขย่าขณะการไทเทรต ไทเทรตจนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองอ่อนเป็นไม่มีสี
7. เติมสารละลาย SDS 10% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และเติมน้ำแป้งสุก 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นไทเทรตต่อจนสีน้ำเงินหายไป
8. บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าแอนิซิดีน (AOCS Cd 18-90, 1998)

สารเคมี

1. สารละลายไอโซออกเทน
2. สารละลายกรดแอสซิดิก (Glacial)
3. สารละลาย p-Anisidine โดยละลาย p-Anisidine 0.25 กรัมในสารละลายกรดแอสซิดิก 100 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักน้ำมันที่ละลายแล้ว 1 กรัม ใส่ลงในขวดปรับปริมาตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ละลายน้ำมันโดยสารละลายไอโซออกเทน (วิธีการละลายน้ำมันแสดงดัง บทที่ 3 ข้อ 3.4.1 หรือ 3.4.2)
2. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายก่อนการทำปฏิกิริยา (Ab) ที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้สารละลายไอโซออกเทนเป็นแบล็ก
3. ปิเปตสารละลายน้ำมัน 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 1
4. ปิเปตสารละลายไอโซออกเทน 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 2
5. ปิเปตสารละลาย p-Anisidine 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 1 และ 2
6. เขย่าและรอทำปฏิกิริยา 10 นาที
7. นำสารละลายในหลอดทดลองที่ 1 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายหลังทำปฏิกิริยา (As) ที่ ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยใช้สารละลายในหลอดทดลองที่ 2 เป็นแบล็ก
8. คำนวณค่าดังสมการ

$$p-A.V. = [25 \times (1.2A_s - A_b)] / m$$

โดย A_s = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันหลังจากทำปฏิกิริยา

A_b = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำมันก่อนการทำปฏิกิริยา

m = น้ำหนักของน้ำมัน (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์

1. เปิดคอมพิวเตอร์และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
2. ทำการ Calibrate โดยใช้ลูกตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม
3. ติดตั้งหัวใบมีดตัดและฐานรองใบมีด
4. ทำการ Calibrate ความสูงของใบมีด
5. จากนั้นตั้งค่าในการวัด รายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าในการตรวจวัดเนื้อสัมผัส โดยค่าแรงเฉือน

Test mode	Compression
Pre-Test Speed	2 mm/s
Test Speed	2 mm/s
Post-Test Speed	10 mm/s
Target Mode	Strain
Strain	75%
Trigger Force	10 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าไทโอบาร์บิทูริกแอซิดรีแอคทีฟซัพสแตนซ์ Thiobarbituric acid reactive substance (TBARs) (อ้างอิงจาก Wójciak และคณะ, 2014)

วิธีการทดลอง (วิธีกลั่น recovery ร้อยละ 68)

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่บดละเอียดอย่างละเอียด 10 กรัม ลงในขวดกลั่น เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรคลอริก 4 N. ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร (ในกรณีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมไนโตรเจนให้เติมกรดไฮโดรคลอริก 4 N. ปริมาณ 1.0 มิลลิลิตร และเติมสารละลายซัลฟานิลลาไมด์ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก 20 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 15 มิลลิลิตร)
2. เติม glass bead 2-3 เม็ด และ antifoaming agent 0.5 มิลลิลิตร นำไปต่อเข้ากับชุดกลั่น กลั่นให้ได้ส่วนใส (distillate) จำนวน 30 มิลลิลิตร
3. เปิดสารละลายตัวอย่างในข้อ 2 จำนวน 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้ว เติม TBA reagent จำนวน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมเข้ากันดี ปิดฝาหลอดทดลอง
4. นำไปจุ่มลงในอ่างน้ำเดือดนานประมาณ 35 นาที
5. ทำให้เย็น โดยการนำไปแช่ลงในอ่างน้ำเย็นประมาณ 10 นาที
6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนของแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank (ใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง)
7. คำนวณหาค่า TBARs จากสมการ

$$\text{TBARs} = 7.8 \times A_{532} \text{ (มิลลิกรัมสมมูลย์ของมาโลนอลดีไฮด์ ต่อตัวอย่างน้ำมัน 1000 กรัม)}$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

ค่า conversion factor ที่ใช้ในการคำนวณค่า TBARs จากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

Recovery	Conversion factor (K)	Procedure of TBARs test
68	7.8	distillation
90	6.5	distillation
-	8.1	distillation
94	5.2	Aqueous extraction

ที่มา: Raharjo and Sofos (1993)

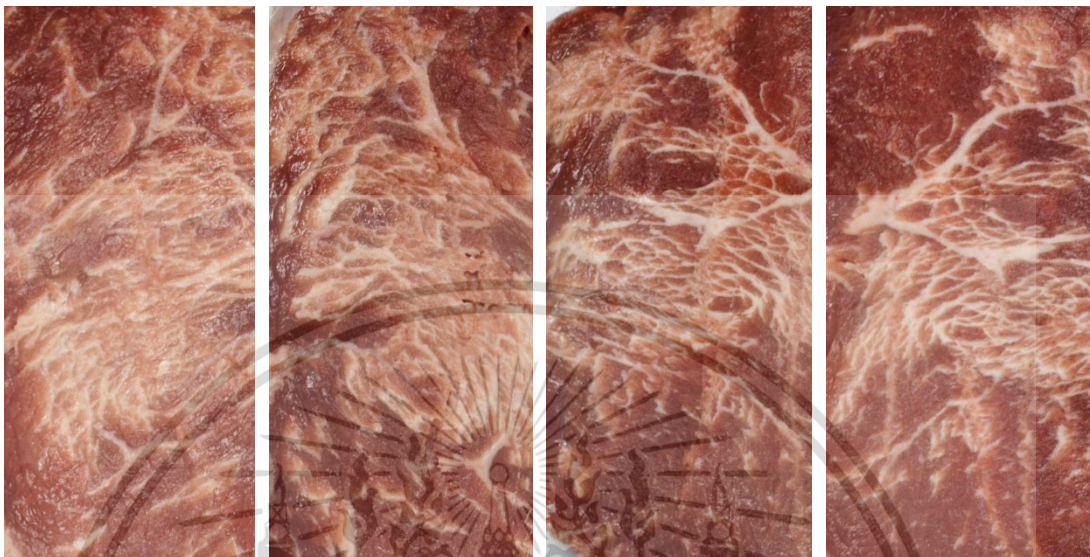
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ 1 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรร

จ 1.1 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรรจากสารควบคุม (ตัวอย่างควบคุม)



หมายเหตุ ฉีดไขมันตัดแปรรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15

จ 1.2 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรรจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 1.0



หมายเหตุ ฉีดไขมันตัดแปรรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ 1.3 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 2.0



หมายเหตุ ฉีดไขมันดัดแปรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15

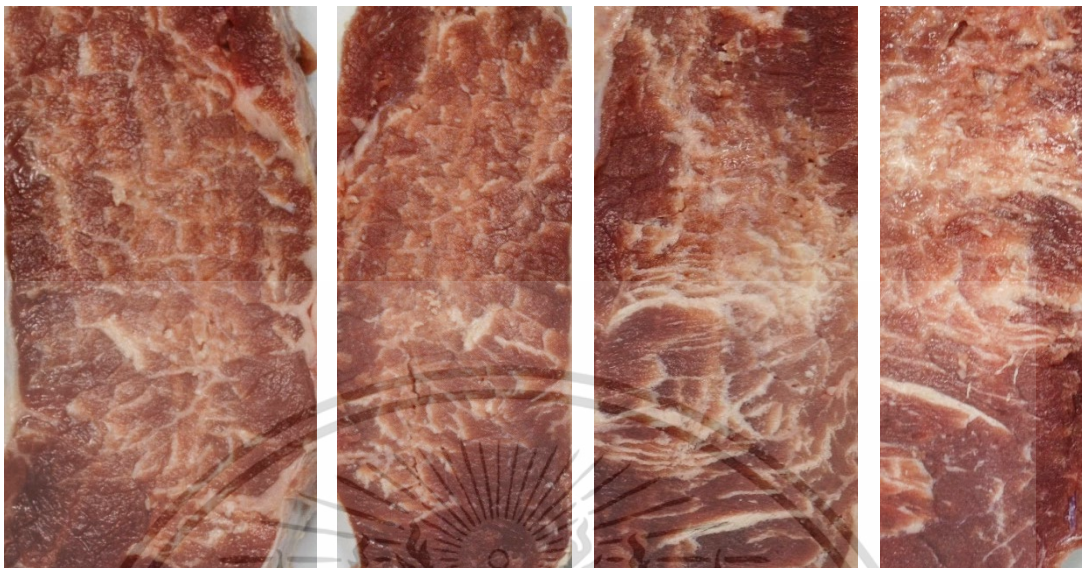
จ 1.4 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรจากโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลทร้อยละ 3.0



หมายเหตุ ฉีดไขมันดัดแปรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ 1.5 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากเลขดินร้อยละ 1.0



หมายเหตุ ฉีดไขมันตัดแปรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15

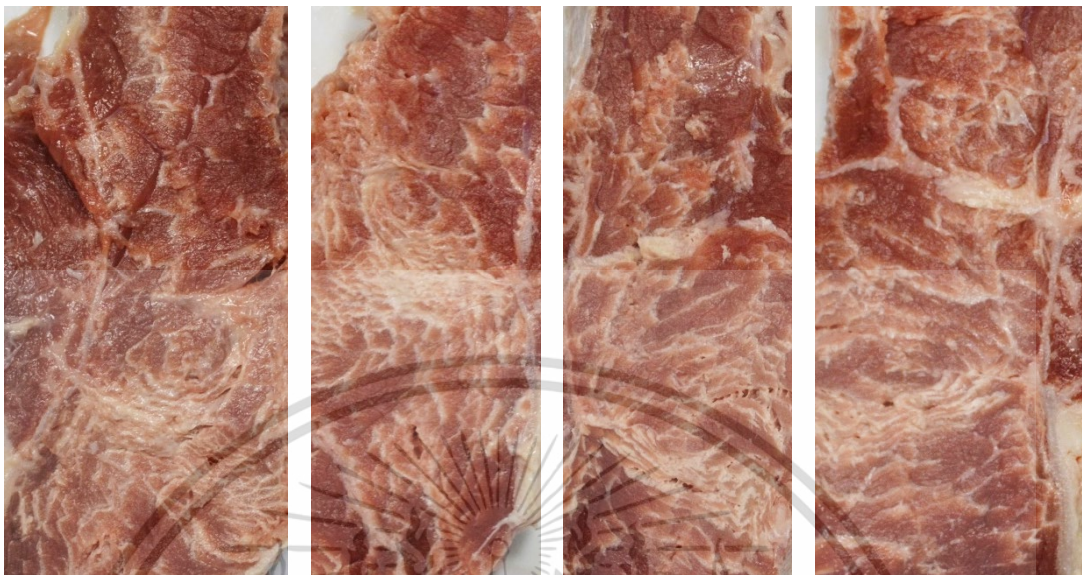
จ 1.6 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากเลขดินร้อยละ 2.0



หมายเหตุ ฉีดไขมันตัดแปรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ 1.7 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากเลขดินร้อยละ 3.0



หมายเหตุ ฉีดไขมันตัดแปรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท 2 ลักษณะพื้นผิวของเนื้อที่ฉีดไขมันตัดแปรจากตัวอย่างควบคุมร้อยละ 3.2 และเลซิทินร้อยละ 2



หมายเหตุ ฉีดไขมันตัดแปรที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพสรร ผ่องแผ้ว
วันเดือนปีเกิด	28 ธันวาคม 2537
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2556 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก วิทยาลัย พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม เกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์ และผลงานวิจัย	นักศึกษาฝึกงานที่ บริษัท ไอศกตสกา จำกัด (มหาชน) พ.ศ. 2560 ปัญหาพิเศษ “ผลของการใช้กระบวนการซูวีตร่วมกับความดัน ต่อคุณภาพเนื้อหมู” พ.ศ. 2560 รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 3 ตอบปัญหาวิชาการ “FoSTAT – Nestlé Quiz Bowl 2017” พ.ศ. 2561 เสนอผลงาน “FATTY ACID COMPOSITION OF PONYANG KHAM BEEF TALLOW” ในงาน 64th International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST 2018) Melbourne, Australia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้