ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การแยกลำดับส่วนของไขมันหมูด้วยวิธีทางกายภาพและคุณสมบัติของไขมันหมูแยกส่วน

(Physical Fractionation of Lard and Fraction and Properties)

จัดทำโดย

นาย วรชัย มาตังคสมบัติ รหัสนักศึกษา 43040192

นางสาว วัลยา พรทิพย์วิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 43040193

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... **...../...../.....อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20057

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

T096804

การแยกลำดับส่วนของไขมันหมูด้วยวิธีทางกายภาพและคุณสมบัติของไขมันหมูแยกส่วน

(Physical Fractionation of Lard and Fraction and Properties)

จัดทำโดย

นาย วรชัย มาตังคสมบัติ รหัสนักศึกษา 43040192

นางสาว วัลยา พรทิพย์วิวัฒน์ รหัสนักศึกษา 43040193

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

ปพ.
ว 191ก
2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96804
วัน.เดือน.ปี.....4 JUN 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วรชัย มาตังคสมบัติ และ วัลยา พรทิพย์วิวัฒน์. 2546. : การแยกลำดับส่วนไขมันหมูด้วยวิธีทางกายภาพและคุณสมบัติของไขมันหมูแยกส่วน (Physical Fractionation of Lard and Fraction and Properties). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วรรณา ตั้งเจริญชัย, 41 หน้า.

ศึกษาการแยกลำดับส่วนไขมันหมูโดยวิธีกายภาพ พบว่าช่วงอุณหภูมิ43-28°C ไขมันตกผลึกและแยกตัวออกจากน้ำมันเมื่อใช้เวลานาน180 นาทีสามารถแยกไขมันออกได้ 4 ส่วนที่อุณหภูมิ 30°C และ38°C ตามลำดับ ความเร็วรอบของการกวน 50 รอบ/นาที โดยใช้ใบกวนแบบ Propeller shaft ใช้การหมุนเหวี่ยงความเร็ว12000 รอบต่อนาทีนาน15 นาที เพื่อแยกไขมันแข็งออกจากน้ำมัน คุณภาพทางเคมีของไขมันได้แก่ ค่าไอโอดีน (Iodine Value) กรดไขมันอิสระ(Free Fatty Acid)และความเป็นกรด (Acid Value) ของไขมันเหลวสูงกว่าของไขมันแข็ง ค่า Saponification Valueและสีของไขมันแต่ละส่วนไม่แตกต่างกัน คุณภาพประสาทสัมผัสของเฟรนช์ฟรายที่ทอดด้วยไขมันเหลวที่แยกได้ที่อุณหภูมิ 30°C ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดในด้าน กลิ่นรส รสชาติ สี เนื้อสัมผัส และความชอบรวม

วรชัย มาตังคสมบัติ	.....	.....
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

วัลยา พรทิพย์วิวัฒน์

ลายมือชื่อนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเรื่องการแยกลำดับส่วนไขมันหมูด้วยวิธีทางกายภาพและคุณสมบัติของไขมันหมูแยกส่วนสำเร็จไปได้ด้วยดีผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์, ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และ อ.นภัสรพี เหลืองสกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นอาจารย์คณะกรรมการและอาจารย์ทุกท่านให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยปัญหาพิเศษเรื่องนี้

ขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้กำลังใจและความรักเสมอมาโดยที่ไม่ต้องร้องขอเลยแม้แต่สักครั้งเดียว

วัลขอขอบคุณ : อ้น

บอลขอขอบคุณ : พี่ธง พี่ต่อ พี่บู และ พี่ศิ พี่แสง พี่หมวย พี่นก พี่จุก พี่ๆนักวิทย์ พี่ๆธุรการ พี่ๆเจ้าหน้าที่ พี่ๆห้องสมุด พี่ ๆ อก.ทุกรุ่น เติ้ล,โอม(เพื่อนซี้) วัล,อ้น(คู่โปรเจค) ปูช.(เพื่อนเลิฟ) แบน (เพื่อนผู้ทรงคุณวุฒิ) เปิ้ล(ดุ) ปุ้ย(เมด) กอล์ฟ ปุ้ย,รี,ราม..? ปูญ. แหวน สร้อย,ทราย สร้อย,หยก กัน,ออฟ ฟ้ามุ้ย,อ๊อบ จู,ยุ้ย บุ๊ง,ยุ้ย หนุ่ม,ส้ม อาร์ท,ป้อม กุ้ง(ชื่อจริงอะไร…) เปิ้ล นุ๊ก นัท ออย เอ๋ย ทิพย์ โอปอ ไอซ์ อุ้ม หนึ่ง แนท เพื่อนอก. รุ่น20 ทุกคน น้องเติ้ลน้องเมย์(น้องรหัส) น้องๆทุกคน และ น้องเล็ก

นาย วรชัย มาตังคสมบัติ

นางสาว วัลยา พรทิพย์วิวัฒน์

31 มีนาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 : บทนำ	1
บทที่ 2 : วารสารปริทัศน์	2
บทที่ 3 : งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 4 : วิธีทดลอง	17
บทที่ 5 : ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	21
บทที่ 6 : สรุปผลการทดลอง	27
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก ก : วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ	30
ภาคผนวก ข : แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของเฟรนช์ฟราย	38
ภาคผนวก ค : ปริมาณน้ำมันที่แยกได้เป็นของแข็งและของเหลวที่อุณหภูมิ 38°C ณ เวลาต่าง ๆ	39
ภาคผนวก ง : รูปแสดงการทดลอง	40
ประวัติผู้เขียน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ผลผลิตที่ได้จากการแยกส่วนในซากสุกร	2
2	แสดงการเปลี่ยนแปลงของซากตามขนาดของสุกร	3
3	ปริมาณกรดไขมันในไขมันและน้ำมันบางชนิด	5
4	เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์	6
5	แสดงจุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่พบในไขมันจากสัตว์และน้ำมันพืช	8
6	คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ	9
7	คุณสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ	11
8	อุณหภูมิที่น้ำมันหมูเริ่มเป็นฝ้าและอุณหภูมิที่น้ำมันหมูแข็งตัวหมด	21
9	เวลาและความเร็วรอบที่ใช้หมุนเหวี่ยง	22
10	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมันหมูแต่ละส่วนที่แยกได้	25
11	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันชนิดต่าง ๆ ในการทอดเฟรนฟรายซ์	26
	ภาคผนวก ก	
1ผ	น้ำหนักตัวอย่างที่ควรใช้ในการวิเคราะห์	31
2ผ	น้ำหนักตัวอย่างและปริมาณแอลกอฮอล์ที่ใช้	36
	ภาคผนวก ค	
3ผ	ผลปริมาณน้ำมันที่แยกได้เป็นของแข็งและของเหลวที่อุณหภูมิ 38°C ณ เวลาต่าง ๆ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Glycerol, Fatty acid และ Triglyceride	3
2	แสดงโครงสร้างโมเลกุลของกลีเซอริลไตรโอลิเอตและกลีเซอริลไตรสเตียเรต	7
3	แสดงปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของไขมันด้วยด่าง	10
4	ผังแสดงการแบ่งช่วงอุณหภูมิในการตกผลึก	19
5	ผังแสดงการแบ่งช่วงอุณหภูมิในการตกผลึกที่ใช้ในการทดลอง	22
6	ร้อยละของน้ำมันส่วนที่เป็นของแข็งกับเวลาต่าง ๆ ที่ อุณหภูมิ 38°C	23
7	แสดงเวลาและความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยง	23
	ภาคผนวก ง	
1ผ	การหลอมไขน้ำมันหมูก่อนการตกผลึก	40
2ผ	น้ำมันหมูที่หลอมได้ใส่ในบีกเกอร์	40
3ผ	การกวนน้ำมันหมูเพื่อให้เกิดผลึก	40
4ผ	เครื่องกวนความเร็ว 50รอบ/นาทีและควบคุมอุณหภูมิ ในการตกผลึกด้วย water bath	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ไขมันจากพืชและไขมันจากสัตว์เป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญ โดยไขมัน 1 กรัมให้พลังงาน 9 กิโลแคลอรี หน้าที่ของไขมันได้แก่ช่วย ในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน เป็นเกราะป้องกันการกระทบเทือนของอวัยวะภายใน เป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้

ปัจจุบันมีโรงงงานที่ผลิตผลิตภัณฑ์จากเนื้อสุกรอยู่มากมายหลายแห่งซึ่งส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์จากเนื้อมาทำผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ซึ่งจะมีผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูป เช่น กระดูก หนัง ขน รวมทั้งไขมัน ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์เช่น นำกระดูกทำกาว อาหารสัตว์ สกัดเจลาตินจากหนัง ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากของเหลือใช้รวมทั้งเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม น้ำมันหมูหรือไขมันหมูเป็นไขมันที่มีคุณภาพด้าน ประสาทสัมผัสที่มีความจำเพาะต่อการใช้ประโยชน์ที่นอกเหนือจากนำมาใช้เป็นส่วนผสมอาหาร ยังสามารถนำมา ทอด ผัด นำมาเจียวเพื่อจำหน่ายปลีก และยังสามารถเติมไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น กุนเชียง หมูยอ ไส้กรอกคอกเทล รวมทั้งทำเป็น อิมัลชั่นที่ใช้ในผลิตภัณฑ์หมูยอ อย่างไรก็ตามปริมาณไขมันหมูจากอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์จากสุกรยังมีอยู่ในปริมาณมากจึงมีแนวความคิดในการเพิ่มขีดความสามารถในการใช้ประโยชน์จากไขมันหมูเพิ่มมากขึ้น

ปัจจุบันผู้บริโภคต้องให้ความสำคัญต่อการบริโภคไขมันมากขึ้นทั้งนี้ผู้บริโภคตระหนักว่าควรจะบริโภคน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่าน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว เพราะกรดไขมันอิ่มตัวเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆเช่น โรคหัวใจ โรคอ้วน มากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว (นัยนาและเรวดี. 2545) การศึกษาการแยกลำดับส่วนไขมันหมูด้วยวิธีทางกายภาพและคุณสมบัติของไขมันหมูแยกส่วนสามารถช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจสุขภาพเพิ่มมากขึ้นและเป็นแนวทางของการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มให้แก่อุตสาหกรรมของประเทศ

วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมแยกลำดับส่วนไขมันหมูด้วยวิธีทางกายภาพ

1.2 เพื่อศึกษาคุณภาพของไขมันหมูจาการแยกลำดับส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 บทนิยาม

ไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานเช่นเดียวกับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ร่างกายได้รับสารอาหารไขมันจากการกินเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์โดยได้รับในรูปไขมันแข็ง(fat) และได้รับจากน้ำมันปรุงประกอบอาหาร (oil) (นัยนาและเรวดี , 2545)

อาหารส่วนใหญ่มีไขมันแทรกอยู่ อาหารบางชนิดมีไขมันมาก บางอย่างไขมันน้อย แล้วแต่ชนิดของอาหารเช่น ผักและผลไม้มีไขมันต่ำ ส่วนเนื้อสัตว์มีไขมันอยู่มากน้อยตาม อายุ น้ำหนัก และตำแหน่งของไขมัน เพราะสัตว์สะสมพลังงานเหลือใช้ไว้ในรูปของไขมันและไขมันห่อหุ้มอวัยวะและไขมันที่ห่อหุ้มอวัยวะภายในที่สำคัญ เช่นรอบไต และหัวใจ ตัวอย่างส่วนประกอบที่แยกได้จากซากดังแสดงในตารางที่ 1 นอกจากนี้ปริมาณไขมันยังเปลี่ยนแปลงตามขนาดของซากสุกรดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลผลิตที่ได้จากการแยกส่วนในซากสุกร

ลักษณะ	เปอร์เซนต์	น้ำหนัก (กก.)
น้ำหนักซาก	100	68
หัว (รวมกระดูก)	8.3	5.7
เท้า (รวมกระดูก)	3.0	2.0
ไต	0.4	0.3
ไขมัน	29.1	19.7
เนื้อแดง	47.0	32.0
กระดูก	8.1	5.5
เศษ (รวมเนื้อ)	4.1	2.8

ที่มา : Gerrard และ Mallion (1980)

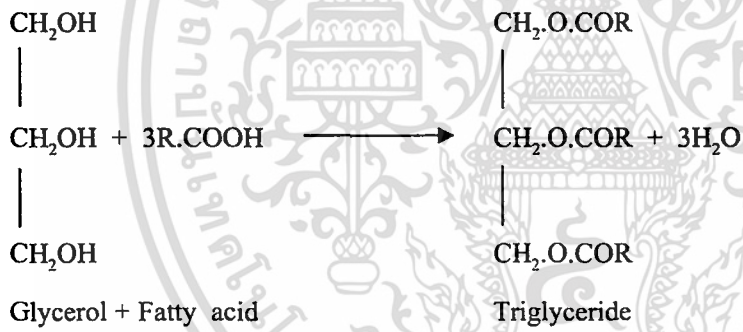
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของซากตามขนาดของสุกร

น้ำหนักสุกรมีชีวิต (กก.)	เนื้อแดง (%)	ไขมัน (%)	กระดูก (%)
90	48.1	32.2	12.0
110	45.6	35.8	11.2
130	43.6	39.4	10.5
150	40.9	43.2	9.8

ที่มา : Comberg (1977)

ไขมันเป็นสารประกอบไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ซึ่งเป็นเอสเทอร์ของกรดไขมันกับกลีเซอรอล ในหนึ่งโมลของไตรกลีเซอไรด์จะประกอบด้วยกรดไขมัน 3 โมล และกลีเซอรอล 1 โมล (คมกฤช ,2538)ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของ Glycerol, Fatty acid และ Triglyceride
ที่มา : เกษร (2539)

2.2 กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นสายโซ่(chain) ของไฮโดรคาร์บอนและปลายข้างหนึ่งจะต่อกับกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ซึ่งมีหมู่ –COOH ซึ่งมีสูตรเคมีทั่วไป CH_2CH_2 ....CH_2CH_2COOH สามารถจำแนกกรดไขมันออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.2.1. กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) คือกรดไขมันที่มีการยึดเกาะกันระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะเดี่ยวส่วนใหญ่ มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_n$ เป็นกรดไขมันที่พันธะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคาร์บอนในโมเลกุลไม่สามารถรับไฮโดรเจนได้อีก กรดไขมันพวกที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อย 2-4 อะตอม เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6 -10 อะตอม ละลายในน้ำได้เล็กน้อยส่วนกรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไป ไม่ละลายน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำกว่า 10 อะตอมจะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกรดไขมันที่มีคาร์บอนตั้งแต่10 อะตอมขึ้นไปจะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนใหญ่กรดไขมันพวกนี้มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างสูงเช่น lauric acid (C_{12}), palmitic acid (C_{16}), และ stearic acid (C_{18}) เป็นต้น พบได้มากในไขมันที่ได้จากสัตว์

2.2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) คือไขมันที่มีการยึดเกาะกันระหว่างคาร์บอนอะตอมด้วยพันธะคู่ ตั้งแต่หนึ่งคู่ขึ้นไป ส่วนใหญ่พบในไขมันที่ได้จากพืช เช่น linoleic acid ($C_{18:2}$) เป็นต้น (BelitzและGrosch,1999) กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆได้ดังนี้

2.2.2.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันที่พันธะคู่ใน โมเลกุลเพียง 1 คู่ มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-1}COOH$ เช่น กรดโอเลอิค (Oleic acid ; $CH_3(CH_2)_7 CH=CH-(CH_2)_7COOH$)

2.2.2.2 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acid) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ มากกว่า 1 แห่ง ได้แก่

2.2.2.2.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 2 แห่ง มีสูตรทั่ว ๆ ไปเป็น $C_nH_{2n-3}COOH$ เช่น กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) พบมากในน้ำมันพืช

2.2.2.2.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 3 แห่ง มีสูตรทั่ว ๆ ไปเป็น $C_nH_{2n-5}COOH$ เช่น กรดลิโนเลนิค (linolenic acid) พบมากในน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันตับปลา และน้ำมันจากปลาทะเลต่าง ๆ

2.2.2.2.3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่ 4 แห่ง มีสูตรทั่ว ๆ ไปเป็น $C_nH_{2n-7}COOH$ เช่น กรดอะแรคคิโดนิค (arachidonic acid) พบเป็นจำนวนน้อยในน้ำมันถั่วลิสง แต่พบมากในน้ำมัน ตับปลาและน้ำมันจากปลาทะเลต่างๆ (นิธิยา, 2529)

ปริมาณกรดไขมันในไขมันและน้ำมันบางชนิดดังแสดงในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดไขมันในไขมันและน้ำมันบางชนิด

ไขมัน หรือ น้ำมัน	กรดไขมัน %					
	ไมริสติก	ปาล์มิติก	สเตียริก	โอเลอิก	ลิโนเลอิก	อื่นๆ
น้ำมันมะกอก	-	6	4	83	7	-
น้ำมันถั่วลิสง	-	7	5	60	21	7
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	1	21	2	25	51	-
น้ำมันดอกคำฝอย	-	6	3	13	77	1
น้ำมันข้าวโพด	1	10	4	34	48	3
ไขวัว	2	325	25	38	3	-
น้ำมันหมู	1	30	18	41	6	4
ไขมันของคน	3	25	8	46	10	8

ที่มา : เกษร (2539)

2.3 ความแตกต่างของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

ความแตกต่างของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี คือ

2.3.1 กรณีที่กรดไขมันมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าจะมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าและที่อุณหภูมิห้องไขมันจะมีลักษณะนิ่มหรือเหลวกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว ดังนั้นพวกน้ำมันจึงมักประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่วนไขมันจะประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่า ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างดังกล่าวอย่างชัดเจนก็คือกลีเซอริลไตรโอลิเอตและกลีเซอริลไตรสเตียเรต ต่างก็เป็นสารประกอบที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน แต่กลีเซอริลไตโอลิเอตประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงมีลักษณะเป็นน้ำมัน ส่วนกลีเซอริลไตรสเตียเรตประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวจึงเป็นไขมัน แสดงโครงสร้างโมเลกุลของกรดไขมันทั้งสองดังแสดงในรูปที่ 2 (เกษร, 2539)

2.3.2 กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่าจะมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าเสมอไม่ว่าจะเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวหรือไม่

2.3.3 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพบมากในน้ำมันพืช น้ำมันจากสัตว์ทะเล ส่วนกรดไขมันชนิดอิ่มตัวพบมากในไขมันที่มาจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ด้วยเหตุนี้ไขมันจากพวกน้ำมันหมู (lard) และไขวัว (tallow) จะมีลักษณะที่ข้นและแข็งกว่าน้ำมันพืชและสัตว์ทะเล (พันทิพา, 2533) ดังแสดงในตารางที่ 4

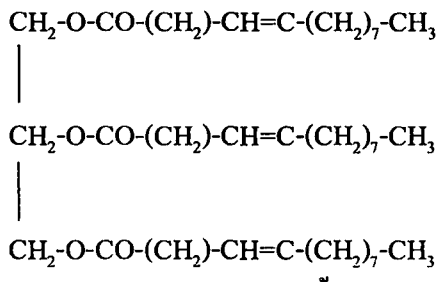
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในน้ำมันพืชและน้ำมันจากสัตว์

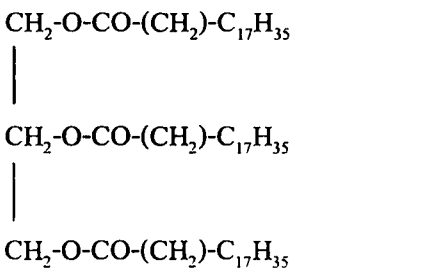
ไขมัน	กรดไขมันอิ่มตัว ร้อยละ	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว ร้อยละ	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน ร้อยละ
<u>ไขมันจากพืช</u>			
น้ำมันคาโนลา	6	58	36
น้ำมันดอกคำฝอย	10	15	75
น้ำมันดอกทานตะวัน	12	21	67
น้ำมันข้าวโพด	13	20	62
น้ำมันมะกอก	14	77	9
น้ำมันถั่วเหลือง	16	24	60
น้ำมันถั่วลิสง	17	37	40
น้ำมันรำข้าว	18	45	37
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	28	22	27
น้ำมันปาล์ม	50	39	10
น้ำมันปาล์มเคอเนล	86	12	2
น้ำมันมะพร้าว	92	6	2
<u>ไขมันจากสัตว์</u>			
น้ำมันไก่	27	48	20
น้ำมันหมู	40	47	12
น้ำมันจากเนื้อ	52	44	5
เนย	60	30	5

ที่มา : นัยนาและเรวดี (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กลีเซอริลไตรโอลิเอต เป็นน้ำมัน
จุดหลอมเหลว -5°C



กลีเซอริลไตรสเตียเรต เป็นไขมัน
จุดหลอมเหลว 71°C

รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของกลีเซอริลไตรโอลิเอตและกลีเซอริลไตรสเตียเรต
ที่มา : เกษร (2539)

แม้ว่าไขมันจะเป็นอาหารที่ให้พลังงานแก่ร่างกายมากที่สุดเมื่อบริโภคในปริมาณที่เท่ากันกับคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน แต่การบริโภคไขมันเกินความจำเป็นจะก่อให้เกิดโรคร้ายต่าง ๆ ได้ ในสหรัฐอเมริกาแนะนำว่าการบริโภคไขมันและน้ำมันในระดับที่จะไม่ก่อให้เกิดโรคควรจะไม่เกินร้อยละ 30 ของจำนวนแคลอรีทั้งหมดที่ร่างกายได้รับจากอาหารประจำวันและยังแนะนำเพิ่มเติมอีกด้วยว่า ส่วนที่เป็นไขมันอิ่มตัวไม่ควรเกินกว่าร้อยละ 10 สามารถดัดแปรงคุณภาพไขมันเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม

2.4 คุณสมบัติของไขมันและน้ำมัน

2.4.1 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไขมันและน้ำมัน

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไขมันและน้ำมันมีประโยชน์ในการจำแนกและชี้บ่งชนิดของไขมัน และน้ำมัน คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญ เช่น

2.4.1.1 จุดหลอมเหลว (Melting point) คืออุณหภูมิที่ทำให้ไขมันละลาย ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของไขมัน เช่น ไขมันที่ประกอบด้วย ไตรกลีเซอไรด์ชนิดเดียวกันหมดจะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน จุดหลอมเหลวของไขมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ดังแสดงใน ตารางที่ 5

จุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะลดลงเมื่อมีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อไขมันหรือกรดไขมันมาทำให้ร้อนเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้าๆ ไขมันจะค่อย ๆ หลอมตัวกลายเป็นของเหลว เมื่อทำให้เย็นลงจะกับเป็นของแข็ง แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวใหม่อีกครั้งหนึ่ง อุณหภูมิที่ทำให้หลอมเหลวจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ถ้าทำให้ไขมันเย็นลงอย่างรวดเร็ว เมื่อนำมาหลอมเหลวใหม่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการหลอมเหลวเดิม จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 6

2.4.1.2 จุดแข็งตัว (Solidifying point) คืออุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นของแข็ง อุณหภูมิที่ไขมันเริ่มแข็งตัวเป็นของแข็งเรียกว่าเกิด solidification และเรียกจุดนี้ว่า solidifying point อุณหภูมินี้มักจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลว 2-3 องศา ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์หลายๆ ชนิดต่างกัน จุดแข็งตัวจะเป็นช่วงกว้าง (บางทีจะเรียกว่า titer) ไขมันและน้ำมันบางชนิดมี titer ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 6

2.4.1.3 สี (Colour) สีเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดน้ำมัน และวิธีกำจัดสีโดยการฟอกสี น้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่มีสีเหลืองเข้ม (นิธิยา, 2529)

ตารางที่ 5 แสดงจุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวที่พบในไขมันจากสัตว์และน้ำมันพืช

ชนิดกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน	จำนวนพันธะคู่	จุดหลอมเหลว(^{o}C)
<u>กรดไขมันชนิดอิ่มตัว</u>			
Butyric acid	4	-	-7.9
Caproic acid	6	-	-3.9
Capryic acid	8	-	16.3
Capric acid	10	-	31.3
Lauric acid	12	-	44.0
Myristic acid	14	-	54.4
Palmitic acid	16	-	62.9
Stearic acid	18	-	69.6
Arachidic acid	20	-	75.4
<u>กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว</u>			
Palmitoleic acid	16	1	0.5
Oleic acid	18	1	13.4
Linoleic acid	18	2	-5.0
Linolenic acid	18	3	-14.5
Arachidonic acid	20	4	-49.5

ที่มา : ดัดแปลงจาก Belitzและ Grosch (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ชนิดของไขมันและน้ำมัน	จุดหลอมเหลว (°C)	Titer (°C)
ไขแกะ	44 - 51	43 - 48
ไขวัว	40 - 48	40 - 47
เนย	28 - 36	33 - 38
โคคาบัตเตอร์	28 - 36	45 - 50
น้ำมันมะพร้าว	23 - 28	20 - 24
น้ำมันข้าวโพด	(-10) – (-12)	14 - 20
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	(-2) – 2	31 - 37
น้ำมันลินลีด	(-16) - 25	19 - 21
น้ำมันมะกอก	(-3) – 0	17 - 26
น้ำมันปาล์ม kernel	24 – 28	20 - 28
น้ำมันปาล์ม	27 – 25	40 - 47
น้ำมันถั่วลิสง	-2	26 - 32
น้ำมันงา	(-4) – 0	20 - 25
น้ำมันถั่วเหลือง	(-20) – (-23)	20 - 21
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	(-16) – (-18)	16 - 20
น้ำมันปลาวาฬ	-	22 - 24
น้ำมันหมู	33 - 46	34 - 42

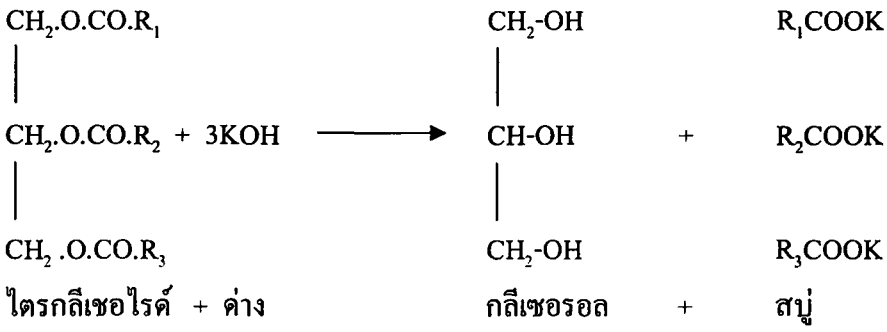
ที่มา : ดัดแปลงจาก นิธิยา (2529)

2.4.2 คุณสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมัน

น้ำมันและไขมันแต่ละชนิดมีส่วนประกอบและโครงสร้างของโมเลกุลแตกต่างกัน ทำให้มีคุณสมบัติทางเคมี และเกิดปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ แตกต่างกัน มีคุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญได้แก่

2.4.2.1 การไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ลิปิด (lipid) บางชนิดถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรด ด่าง เอนไซม์ การไฮโดรไลซิสลิปิดด้วยด่างเรียกว่า Saponification ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมันเรียกว่า สบู่ แสดงปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของไขมันด้วยด่าง ดังรูปที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของไขมันด้วยด่าง

ที่มา : นิธิยา (2529)

ลิปิดที่ถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยด่างเรียกว่า Saponifiable matter เช่น ไตรกลีเซอไรด์ ไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชและสัตว์แต่ละชนิด มักมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นปริมาณด่างที่ใช้ทำปฏิกิริยาต่อไขมันหรือน้ำมันจำนวนหนึ่ง จะมีค่าแน่นอนและเป็นค่าเฉพาะ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวบ่งคุณสมบัติเฉพาะของน้ำมันและไขมันแต่ละชนิดได้ เรียกค่านี้ว่า Saponification Number หรือ Saponification Value (SN หรือ SV ตามลำดับ) คือจำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ไขมันหรือน้ำมันอย่างสมบูรณ์ จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่และ กลีเซอรอล ค่า SV ใช้เป็นตัวบ่งชี้ขนาดโมเลกุลหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันนั้นๆ ไขมันหรือน้ำมันที่มีค่า SV สูงแสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำมาก จึงต้องใช้ด่างเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซิส ในทำนองเดียวกันถ้าค่า SV ต่ำแสดงว่ากรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลมาก จึงมีจำนวนโมเลกุลของ ไตรกลีเซอไรด์ต่อน้ำหนักเป็นจำนวนน้อย ทำให้ใช้ด่างน้อยในการไฮโดรไลซิส ค่า SV ของน้ำมันชนิด ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 7 ส่วนลิปิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์เรียกว่า Unsaponifiable matter หรือ Non-saponifiable matter หมายถึง สารที่ปนอยู่ใน ไขมันหรือน้ำมันซึ่งจะเหลืออยู่ภายหลังการทำ Saponification ได้แก่สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน คีโตน แอลกอฮอล์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และ สเตอรอล โดยปกติไขมันหรือน้ำมันจะมี Unsaponifiable matter ปนอยู่ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส อาจเกิดจากการที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนสูง เช่น การทอดอาหาร ไขมันหรือน้ำมันจะไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น กลีเซอรอลจะสลายตัวได้สารพวก acrolein ซึ่งระเหยเป็นควันและมีกลิ่นเหม็น ส่วนการไฮโดรไลซิสไขมันหรือน้ำมันด้วยเอนไซม์จะได้กรดไขมันและกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางเคมีของไขมันและน้ำมันชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำมันหรือไขมัน	S.V.	I.V.	P.V.
เนย	216 – 233	26 – 42	1.5 – 3.5
ไขวัว	190 – 200	40 – 48	0.5 – 0.6
น้ำมันหมู	190 – 202	53 – 77	0.4 – 0.6
น้ำมันปลาวาฬ	185 – 194	110 – 135	-
ไขแกะ	192 – 198	35 – 46	-
โคคาบัตเตอร์	190 – 200	35 – 40	0.5
น้ำมันมะพร้าว	250 – 264	7 – 10	12 – 18
น้ำมันปาล์ม kernel	245 – 255	14 – 23	9 – 12
น้ำมันปาล์ม	195 – 205	44 – 54	0.2 – 0.3
น้ำมันข้าวโพด	187 – 193	103 – 130	-
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	189 – 198	99 – 113	-
น้ำมันลินซีด	188 – 196	170 – 204	-
น้ำมันมะกอก	188 – 196	80 – 88	-
น้ำมันถั่วลิสง	188 – 196	84 – 100	0.1 – 0.3
น้ำมันแรพสีด	170 – 180	97 – 108	-
น้ำมันงา	188 – 195	103 – 116	-
น้ำมันถั่วเหลือง	189 – 195	120 – 141	0.2 – 0.6
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	188 - 194	125 - 136	0.3

ที่มา : นิธิยา (2529)

2.4.2.2 ฮาโลจีเนชั่น (Halogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมสารพวก ฮาโลเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในโมเลกุลของลิปิด ฮาโลเจน ที่นิยมใช้เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวคือ ไอโอดีน ค่าที่ได้เรียกว่า Iodine Number หรือ Iodine Value (IN หรือ IV) คือจำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมัน 100 กรัมใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้าค่า IV สูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบมาก และจะเกิดการหืนชนิด oxidative rancidity ได้ง่ายด้วยนอกจากนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังเป็นตัวชี้บ่งคุณค่าทางโภชนาการของไขมันหรือน้ำมันชนิดนั้นๆ ด้วย น้ำมันที่มีค่า IV สูงจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณของ กรดไขมันจำเป็นซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากด้วย

น้ำมันที่มีค่า IV ระหว่าง 100 – 130 จัดว่าเป็น semi-drying oil และน้ำมันที่มีค่า IV สูงกว่า 130 จัดว่าเป็น drying oil ค่า IV ของน้ำมันชนิดต่างๆดังแสดงในตารางที่ 7

2.4.2.3 ไฮโดรจีเนชั่น (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในโมเลกุลของไขมันและน้ำมัน โดยใช้ นิกเกิล เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา อาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า hardening เป็นปฏิกิริยาที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารประเภทไขมัน เช่น การทำเนยเทียม (margarine) และเนยขาว (shortening) การทำ hydrogenation จะทำให้น้ำมันที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเปลี่ยนเป็นของแข็ง ความแข็งของไขมันที่ได้ขึ้นอยู่กับ degree of hydrogenation เช่น การทำมาการีน เนื้อของมาการีนต้อง spread ได้ เป็นต้น

2.4.2.4 การหืน (Rancidity) การหืนเป็นการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้มีกลิ่นและคุณสมบัติเปลี่ยนไป การหืนเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ

2.4.2.4.1. ไฮโดรไลติค แรนซิดิตี (Hydrolytic rancidity) เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสไขมันและน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเปส และความชื้นทำให้ไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัว ได้เป็นกรดไขมันอิสระทำให้มีกลิ่น โดยเฉพาะกรดไขมันชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำและระเหยได้ง่าย จะมีกลิ่นเหม็นหืนมาก เช่น การหืนของน้ำมันมะพร้าว เนย และ น้ำมันหมู เป็นต้น เมื่อเกิดการหืนจะทำให้ไขมันและน้ำมันมีกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป

อย่างไรก็ดีไขมันและน้ำมันบางชนิดเมื่อเกิด hydrolytic rancidity แล้วไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการดมกลิ่น หรือชิมรส ต้องตรวจวิเคราะห์โดยวิธีทางเคมีคือต้องวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid Value (AV) คือ จำนวนมิลลิกรัมของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันจำนวน 1 กรัม เป็นกลาง ซึ่งนิยมเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิคใช้เป็นตัวชี้บ่งภาวะการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่า AV สูง แสดงว่า ไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนมาก

2.4.2.4.2. ออกซิเดทีฟ แรนซิดิตี (Oxidative rancidity) เป็นการหืนเนื่องจากปฏิกิริยา autoxidation ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เกิดเป็น peroxide linkage ขึ้น ระหว่างพันธะคู่ autoxidation จะเกิดขึ้นเองตลอดเวลาเมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การหืนจากปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นในอาหารโดยเฉพาะไขมันและน้ำมันที่ได้รับความร้อนในขณะปรุงอาหารจะเกิดมากที่สุด โลหะเช่น ทองแดง และตะกั่ว จะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น หรืออาจเกิดได้โดยมีเอนไซม์ lipoxidase ช่วยเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็น enzymatic oxidation นอกจากนี้ความร้อนและแสงยังมีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นด้วยไขมันและน้ำมันที่เกิด oxidative rancidity จะมีค่า IV ลดต่ำลง การตรวจวิเคราะห์ว่าไขมันหรือน้ำมันเกิด oxidative rancidity มากน้อยเท่าใด ทำได้โดยการหาค่า Peroxide Value (PV) คือการหาปริมาณสาร peroxide ที่เกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันนั้น ค่า PV หมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.002 N ที่ใช้ในการ ไตเตรตน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม หรือหมายถึงจำนวนมิลลิสมมูลย์ ของ peroxide oxygen ที่มีในน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า PV สูงแสดงว่าน้ำมันหรือไขมันเกิด oxidative rancidity มาก ค่า PV ของน้ำมันชนิดต่างๆดังแสดงในตารางที่ 7

การเกิดการหืนโดยวิธีนี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นของร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลงด้วยและยังทำลายวิตามินต่างๆที่ละลายในไขมันและน้ำมันอีกด้วย (นิธิยา, 2529)

2.5 การเจียว

เป็นวิธีที่สกัดแยกไขมันที่ใช้กันมานานแล้ว นิยมใช้กับเนื้อเยื่อมันของสัตว์ต่างๆซึ่งมีลักษณะอ่อนและมีไขมันสูง วิธีนี้เป็นวิธีให้ความร้อนแก่เนื้อเยื่อมันของสัตว์ความร้อนจะทำให้ผนังเซลล์แตกและไขมันจะเปลี่ยนเป็นของเหลวไหลออกมา เพื่อที่จะให้เนื้อเยื่อมันของสัตว์มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับความร้อนได้มากขึ้นและไขมันไหลออกมาได้เร็วขึ้น จึงนิยมหั่นเนื้อเยื่อมันให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และบางไขมันที่สกัดโดยวิธีการเจียว เช่น น้ำมันหมู และไขวัว เป็นต้น การเจียวมี 2 แบบ ได้แก่

2.5.1 การเจียวแห้ง (Dry rendering)

ใช้เนื้อเยื่อมันที่ไม่เปียกน้ำ และเจียวในภาชนะเปิด ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันตามบ้าน อุณหภูมิที่ใช้กันตามบ้านประมาณ 104 – 110 ^{o}C ไขมันที่ได้จะมีกลิ่นหอม แต่อาจมีคุณภาพไม่ค่อยดี เพราะบางส่วนของไขมันได้รับความร้อนจากผิวของภาชนะที่สัมผัสโดยตรง ทำให้ไขมันบางส่วนเกิดออกซิเดชั่น ถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไปไขมันที่ได้อาจมีสีคล้ำ ป้องกันโดยใช้วิธีเจียวที่อุณหภูมิต่ำโดยเนื้อเยื่อมันจะถูกทำให้ผนังเซลล์แตกโดยใช้ mechanical method แล้วให้ความร้อนเพียงเพื่อให้ไขมันละลายเท่านั้น อุณหภูมิที่ใช้ประมาณ 46 – 49 ^{o}C ซึ่งอุณหภูมินี้ไม่สูงพอที่จะทำลายผนังเซลล์ได้ กากที่เหลือแยกออกโดยวิธีการเหวี่ยง น้ำมันหมูที่ได้จะมีสีอ่อน, ไม่ค่อยมีกลิ่น มีปริมาณกรดไขมันอิสระต่ำและมีการคงตัวต่อออกซิเดชั่นได้ดี ไขมันแยกจากกากโดยปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอน หรือแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงหรือการกรอง ระหว่างการเจียว น้ำที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อมันจะระเหยออกไป กากที่ได้ถ้ายังมีไขมันเหลือค้างอยู่ใช้เครื่องบีบ บีบเอาน้ำมันที่เหลือออกให้หมด การเจียวในภาชนะปิดที่แห้งที่ความดันปกติ หรือความดันต่ำกว่าปกติเพื่อช่วยไล่น้ำออก น้ำมันหมูที่ได้โดยวิธีนี้จะมีกลิ่นแรง ต้องผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่นก่อนที่จะนำไปขายหรือนำไปทำผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ทำเนยขาว

การเจียวแห้งนอกจากจะใช้กับเนื้อเยื่อมันของหมูและวัวแล้ว ยังใช้ได้กับเปลวมันของปลาวาฬ และ เนื้อเยื่อมันของปลาชนิดอื่น ๆ อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การเจียวเปียก (Wet rendering)

วิธีการนี้เป็นการเติมน้ำหรือพ่นไอน้ำลงบนเนื้อเยื่อมันในภาชนะปิด ภายใต้ความดันต่ำ ประมาณ 45 – 75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และมีการไล่เอาอากาศออกเพื่อลดการออกซิเดชั่นด้วยความร้อนจากไอน้ำจะทำให้สารประกอบพวกโปรตีนที่อยู่ตามผนังเซลล์ถูกทำลาย ไขมันก็จะกลายเป็นของเหลวไหลออกมาจากเซลล์ของเนื้อเยื่อ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 – 6 ชั่วโมง ไขมันที่ได้แยกออกจากกากโดยตั้งทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งให้กากตกตะกอน หรืออาจแยกโดยใช้เครื่องเหวี่ยง ไขมันจะลอยอยู่ข้างบน ส่วนน้ำและกากจะจมอยู่ข้างล่าง น้ำมันหมูที่สกัดโดยวิธีนี้จะมีกลิ่นอ่อนๆ สามารถนำไปขายได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการกำจัดกลิ่น มักนำไปใช้สำหรับทำผลิตภัณฑ์ขนมอบบางชนิด ในส่วนที่เป็นน้ำจะมีพวกโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำละลายปนอยู่ด้วย อาจมีสูงถึง 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระเหยเอาน้ำออกจะได้โปรตีนผงเป็นผลพลอยได้

ข้อดีของการเจียวเปียกคือ ไม่ต้องใช้ความร้อนสูงนัก น้ำมันที่ได้จะลอยตัวขึ้นข้างบน ทำให้สามารถตักออกจากน้ำได้

ข้อเสียของการเจียวเปียกคือ อาจทำให้เกิดอิมัลชั่นของน้ำและน้ำมัน ซึ่งทำลายอิมัลชั่นที่เกิดขึ้นได้ยาก (นิธิยา, 2529)

2.6 Fractionation (การแยกลำดับส่วน)

การแยกลำดับส่วน เป็นกระบวนการสำหรับแยกไขมันและน้ำมัน ซึ่งจะได้ส่วนของไขมันที่แยกได้ 2 ส่วนหรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของไขมันหรือน้ำมันและจุดหลอมเหลวซึ่งส่วนที่ละลายได้น้อยจะมีจุดหลอมเหลวสูงซึ่งเรียกส่วนนี้ว่า สเตียริน(stearins) และส่วนที่ละลายได้มากกว่ามีจุดหลอมเหลวต่ำเรียกส่วนนี้ว่า โอเลอิน(oleins) การแยกลำดับส่วนสามารถทำได้หลายครั้งเพื่อที่จะให้สามารถแยกส่วนได้มากกว่าสองส่วน แต่ในเชิงปฏิบัติทางการค้าจะแยกเพียงส่วนที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง การแยกลำดับส่วนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ น้ำมันปาล์ม(palm oil), น้ำมันมะพร้าว(lauric oil), น้ำมันเนย (butter oil) เป็นต้น การแยกลำดับส่วนสามารถทำได้ 4 วิธี (Kaylegian, 1993)

2.6.1 Fractionation by Crytallization from Melted Milk fat หรือเรียกอีกอย่างว่า Dry fractionation เป็นวิธีแยกลำดับส่วนโดยอาศัยความแตกต่างของจุดหลอมเหลว

2.6.2 Fractionation by Crytallization from Solution of milk fat อาศัยการแยกลำดับส่วนของไขมันละลายได้ในตัวทำละลาย

2.6.3 Supercritical CO_2 extraction (SC-CO_2) ใช้ความสามารถในการระเหย (volatility) ของไตรกลีเซอไรด์ โดยใช้แก๊สในสภาวะ supercritical fluid (สภาวะที่เหนือจุดวิกฤตของความดันและอุณหภูมิในการสกัด โดยสารที่ใช้สกัดจะเปลี่ยนเป็นลักษณะ fluid) (Kaylegian และ Robert, 1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 Short–path distillation อาศัยการระเหยของโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ใช้อุณหภูมิในการหลอมเหลวในการแยก

ข้อดีของวิธี Dry fractionation คือ วิธีการไม่ซับซ้อน เป็นวิธีที่ควบคุมสภาวะที่ศึกษาเช่น อุณหภูมิได้ง่ายและเครื่องมือที่ใช้ก็สามารถดัดแปลงนำเครื่องมือที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการมาใช้ได้ โดยผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้องและเชื่อถือได้ ซึ่งจะใช้เทคนิคดังกล่าวในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Marianne และคณะ (2000) ทำการศึกษาผลของการแยกลำดับส่วนที่มีผลต่อปริมาณกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) ที่เป็นส่วนประกอบของไขมันในน้ำนมวัว โดย anhydrous milk fat จะถูกแยกเป็นส่วนที่เป็นของแข็งและของเหลวโดยการหมุนเหวี่ยง(centrifuge) ซึ่งมีการควบคุมการกวนและอัตราการให้ความเย็นอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก Anhydrous milk fat อยู่ที่ 33-10^{o}C มีอัตราการให้ความเย็นเป็น 0.58, 0.74, 1.17 และ 2.8^{o}C/h พบว่าส่วนที่เป็นของเหลวมีปริมาณ conjugation linoleic acid 63.2% ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว และ vaccinic acid เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันเริ่มต้น (มี conjugation linoleic acid 2.22 กรัมต่อ100กรัม fatty acid methyl esters)

Mahmut และ Aktas (2003) ศึกษาการแยกลำดับส่วนของไขมันหางแกะโดยใช้ตัวทำละลาย คือ อะซีโตน (acetone) ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก คือ 37, 17 และ 2^{o}C และมีการกวนเป็นบางครั้งในระหว่างที่มีการให้ความเย็นในช่วงเริ่มต้น สารละลายอะซีโตนจะถูกแยกออกในขณะที่ทำการตกผลึกโดยใช้กระดาษกรอง ส่วนที่แยกออกมาจะถูกทำให้ปราศจากตัวทำละลายโดยใช้การกลั่นแยกใน steam bath และสภาพสุญญากาศใน rotary evaporator ซึ่งทั้งสองสภาวะอยู่ในสภาพบรรยากาศก๊าซไนโตรเจน

Fouad และคณะ (1990) ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของผลึกที่มีการกวน (agitation) และไม่กวน ได้รายงานว่าการตกผลึกที่ไม่มีการกวนจะทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่และง่ายต่อการแยกผลึกออกมามากกว่าการตกผลึกแบบมีการกวน แต่จะได้ผลึกที่มีปริมาณน้อยกว่า

Deffense (1987) พบว่ากรดไขมันที่ได้จากการแยกลำดับส่วน ในส่วนที่เป็นของแข็ง (solid fraction) มีพวกกรดไขมันอิ่มตัวที่เป็นสายโซ่ยาว (long-chain saturated fatty acid) คือ กรดไขมันสเตียริน (stearin acid) ส่วนในส่วนที่เป็นของเหลว (liquid fraction) มีพวกกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นสายโซ่สั้น (short-chain unsaturated fatty acid) และเมื่อนำเอาส่วนที่เป็นของเหลวมาทำการแยกลำดับส่วนต่อ ส่วนที่แยกได้จะมีกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบคล้ายกับของเหลวที่นำมาแยก แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละส่วน (fraction) ก็มีคุณสมบัติทางกายภาพ จุดหลอมเหลวที่ต่างกัน

Rolland (1996) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการทำการแยกลำดับส่วนของไขมันนม โดยใช้การตกผลึกจากตัวทำละลาย พบว่าอะซีโตนเป็นตัวทำละลายที่ให้ปริมาณผลึกมากกว่าการใช้เอทานอล การแยกลำดับส่วนที่อุณหภูมิต่ำให้ปริมาณผลึกไขมันสูงกว่าที่อุณหภูมิสูง และพบว่าการแยกผลึกจากตัวทำละลายโดยหมุนเหวี่ยงให้ปริมาณผลึกมากกว่าการกรองด้วยระบบสุญญากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีทดลอง

1 .อุปกรณ์

1. เครื่องกวนความเร็ว 50 รอบ/นาที (VELP SCIETIFICA, Europe)
2. ใบกวนสแตนเลสแบบ 3 ใบ (แบบ propeller shaft)
3. บีกเกอร์ 1000 ml (PYREX, Germany)
4. อะลูมิเนียมฟลอยด์ ป้องกันแสง (3M, Thailand)
5. เครื่องหมุนเหวี่ยง(Centrikorn T-42K Milano, Italy)
6. เครื่องวัดสี (Lovibond Tintometer Ltd, United Kingdom)
7. water bath 30°C - 38°C(Memmert , Sehuzart DIN 40050-IP20,Germany)
8. เครื่องทำความเย็น(cooling) 4°C -18°C
9. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (HR-200,A&D Company ,Japan)
10. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) 68°C -71 °C (Memmert , Sehuzart DIN 40050 IP20,Germany)
11. กระดาษกรอง Whatman #1 หรือ #4
12. Ehrlenmeyer flask 500 ml. (with 24/40 ground - glass joint) (Duratt, Gernamy)
13. Water cooled condensers
14. buret 50 ml. (Hamburg, Germany)
15. Capillary Tube เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ความยาว 50-80 มิลลิเมตร

2. วัตถุดิบ

ไขมันหมู (มันเปลว) จากโรงงานเบทาโกร จังหวัดนครปฐม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
96804

3. สารเคมี

3.1 Iodine Value

3.1.1 Wijs solution (CARLO ERBA REAGENTI)

3.1.2 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide) (CARLO ERBA REAGENTI)

3.1.3 โซเดียม ไธโอซัลเฟต(Sodium thiosulfate) (BDH Laboratory, England)

3.1.4 น้ำแป้ง 1% (1% starch solution) (BDH Laboratory, England)

3.1.5 ไซโคลเฮกเซน(cyclohexane) (MERCK KGaA, Germany)

3.2 Saponification Value

3.2.1 แอลกฮอลิกโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Alcoholic potassium hydroxide)

3.2.2 ฟีนอฟล์ธาลีน1% (Phenolphthaline 1%) (CARLO ERBA REAGENTI)

3.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์(Sodium hydroxide) (MERCK KGaA, Germany)

3.3 Free Fatty Acid

3.3.1 เอทิลแอลกอฮอลล์ 95%(Ethy alcohol) (องค์กรสุรา กรมสรรพสามิต ฉะเชิงเทรา, Thailand)

3.3.2 กรดไฮโดรคลอริก(Hydrochloric acid) (LAB SCAN Asia, Bangkok Thailand)

3.3.3 ฟีนอฟล์ธาลีน1% (Phenolphthaline 1%) (CARLO ERBA REAGENTI)

4. ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

4.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำมันหมูมาคัดเลือกโดยแยกส่วนที่เป็นเนื้อหมูที่ติดมากับมันหมูออก จากนั้นหั่นมันหมูเป็นชิ้นเล็กๆรูปสี่เหลียมผืนผ้าขนาด 1x2 เซนติเมตร แล้วนำมาเจียว ให้ความร้อนอย่างช้าๆจนถึงอุณหภูมิไม่เกิน 110^{o}C เจียวจนกระทั่งได้ปริมาณน้ำมันตามต้องการ (ไม่ควรให้สีของน้ำมันเข้มมากนัก)

4.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีการแยกลำดับส่วนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไขมันหมู

4.2.1 ทำการกวนใช้ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที จากนั้นสังเกตอุณหภูมิที่น้ำมันหมูเริ่มเป็นฝ้าและแข็งตัวหมด แล้วทำการเลือกช่วงอุณหภูมิที่อยู่ในช่วงที่ไขมันหมูเริ่มเป็นฝ้าและแข็งตัวหมด ซึ่งการแบ่งช่วงอุณหภูมิอยู่ที่ 5-10 ^{o}C โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 4

4.2.2 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการตกผลึก ความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยงและเวลาที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยง โดยเวลาที่ใช้ในการตกผลึกจะศึกษาการตกผลึกของน้ำมันหมูที่เวลาต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนกระทั่งปริมาณของแข็งคงที่ ณ ช่วงอุณหภูมิที่กำหนด วางแผนการทดลองแบบ CRD ความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยงโดยความเร็วรอบที่ 8000, 10000 และ 12000 รอบต่อนาที และเวลาที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยง 10 และ 15 นาที เลือกความเร็วรอบและเวลาที่สามารถแยกของแข็งและของเหลวได้อย่างชัดเจน (ดัดแปลงจาก Bussey และคณะ 1981 ; Kaylegain , 1993 ; Kaylegain และRobert 1995)

เวลาที่ใช้หมุนเหวี่ยง(นาที)	ความเร็วรอบที่ใช้หมุนเหวี่ยง (รอบต่อนาที)	
10	8000 10000 12000	เลือกความเร็วรอบและเวลาที่สามารถแยกของแข็งและของเหลวได้อย่างชัดเจน
15	8000 10000 12000	

รูปที่4 ผังแสดงการแบ่งช่วงอุณหภูมิในการตกผลึก

หมายเหตุ อุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึกจะเริ่มจากอุณหภูมิสูง ($38^{\circ}C$) ลงมาต่ำ ($30^{\circ}C$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำมันหมูจากการแยกลำดับส่วน

4.3.1 วิเคราะห์ค่า Saponification number (AOCS ,1997)

4.3.2 วิเคราะห์หาค่า Iodine value (AOCS ,1997)

4.3.3 วิเคราะห์หาค่า Free fatty acid (FFA) (AOCS ,1997)

4.3.4 Acid Value (AOCS , 1997)

4.3.5 วัดสีของน้ำมันหมูโดยใช้เครื่อง Lovibond (AOCS ,1997)

4.3.6 ปริมาณไขมันแข็งที่แยกได้แต่ละส่วน (%W/W)

4.3.7 จุดหลอมเหลวโดยวิธี Capillary Tube (AOCS ,1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20057

บทที่ 5
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีการแยกลำดับส่วนเพื่อปรับปรุงคุณภาพของไขมันหมู

1.1 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึก

จากการทดลองให้ความเย็นกับน้ำมันหมูโดยใช้ตัวทำความเย็น(cooling unit)โดยอุณหภูมิที่ให้ความเย็นอยู่ในช่วง 25-10°C จากนั้นสังเกตอุณหภูมิที่น้ำมันหมูเริ่มเป็นฝ้าและอุณหภูมิที่น้ำมันหมูแข็งตัวหมดโดยทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้งพบว่าอุณหภูมิที่น้ำมันหมูเริ่มเป็นฝ้า คือ 43°C และอุณหภูมิที่น้ำมันหมูแข็งตัวหมด คือ 28°C ดังแสดงในตารางที่ 8 และนำอุณหภูมิที่ได้มาแบ่งช่วงอุณหภูมิเป็น 2 ช่วง คือ 38 และ 30 °C เพื่อใช้เป็นสภาวะในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 8 อุณหภูมิที่น้ำมันหมูเริ่มเป็นฝ้าและอุณหภูมิที่น้ำมันหมูแข็งตัวหมด

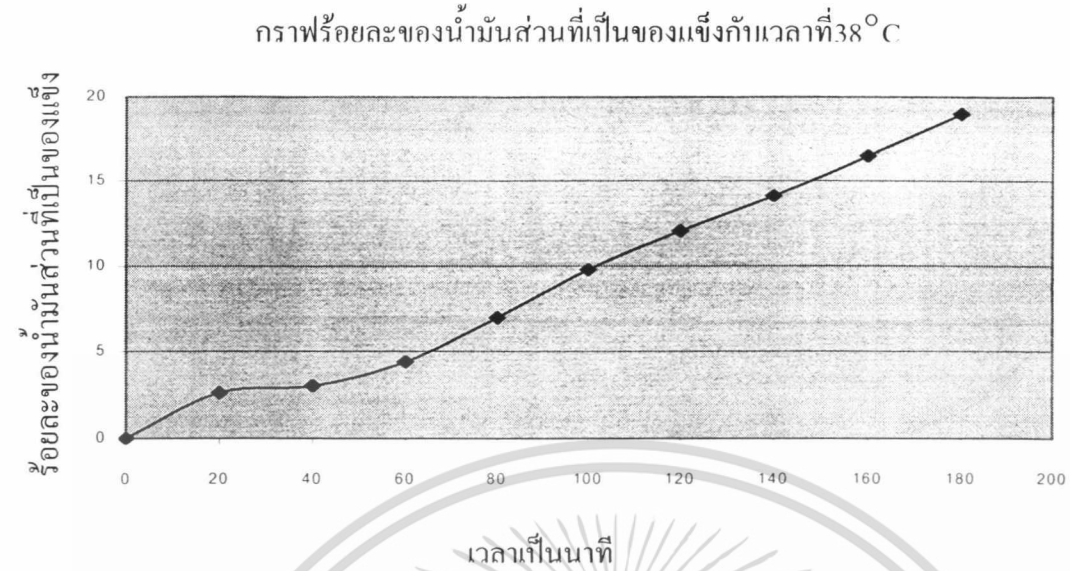
ครั้งที่	อุณหภูมิที่น้ำมันหมูเริ่มเป็นฝ้า (°C)	อุณหภูมิที่น้ำมันหมูแข็งตัวหมด (°C)
1	43	28
2	43	28
3	43	28
ค่าเฉลี่ย	43	28

1.2 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการตกผลึกที่อุณหภูมิ 38 °C

ทดลองหาเวลาที่ใช้ในการตกผลึก คือ 20,40,60.....,180 นาที เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการตกผลึกนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Completely Randomized Design พบว่าเวลาที่ใช้ในการตกผลึกมีผลต่อปริมาณต่อของแข็งที่ได้ โดยปริมาณของแข็งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการตกผลึกเพิ่มขึ้นและเวลาที่ 180 นาทีจะให้ปริมาณของแข็งมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)ดังตารางที่2ผ และ รูปที่ 5 เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างปริมาณที่ได้กับเวลาที่ใช้ควรสูงทั้งคู่จึงเลือกเวลา 180 นาทีที่ให้ปริมาณของแข็งมากที่สุด คือ 11.43 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ



รูปที่ 5 ปริมาณ (ร้อยละ) ไขมันแข็งที่แยกได้ในระยะเวลาต่างกัน

1.3 ศึกษาเวลาและความเร็วรอบที่ใช้หมุนเหวี่ยงที่เหมาะสม

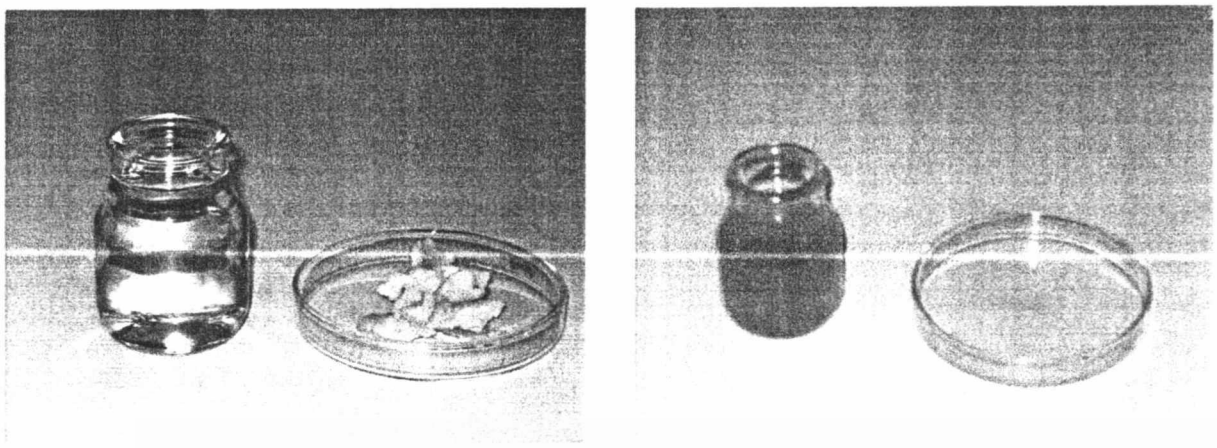
ศึกษาเวลาและความเร็วรอบที่ใช้หมุนเหวี่ยงที่เหมาะสม โดยแปรความเร็วรอบและเวลาที่ใช้หมุนเหวี่ยงที่เหมาะสมตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เวลาและความเร็วรอบที่ใช้หมุนเหวี่ยง

เวลาที่ใช้หมุนเหวี่ยง (นาที)	ความเร็วรอบที่ใช้หมุนเหวี่ยง (รอบต่อนาที)	ลักษณะการแยกของของแข็งและของเหลว
10	8,000	แยกไม่ชัดเจน
	10,000	แยกไม่ชัดเจน
	12,000	แยกไม่ชัดเจน
15	8,000	แยกไม่ชัดเจน
	10,000	แยกไม่ชัดเจน
	12,000	แยกชัดเจน

พบว่าเวลาและความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยงที่สามารถแยกของแข็งและของเหลวได้อย่างชัดเจนคือ 15 นาที 12,000รอบต่อนาที ดังรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 6 แสดงเวลาและความเร็วรอบที่ใช้ในการหมุนเหวี่ยง
(ก) 15 นาที 12,000 รอบต่อนาที (ข) 10 นาที 8000 และ 10000 รอบต่อนาที

วิธีการและขั้นตอนการแยกลำดับส่วนน้ำมันหมูที่เหมาะสมโดยวิธีการ dry fractionation ที่ได้จากการศึกษา แสดงดังในรูปที่ 7.

รูปที่ 7 ผังแสดงการแบ่งช่วงอุณหภูมิในการตกผลึกที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบคุณลักษณะของน้ำมันหมูจากการแยกลำดับส่วน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมันหมูแต่ละส่วนที่แยกได้ พบว่าเมื่อแยกลำดับส่วนที่อุณหภูมิ 38°C มีปริมาณไขมันเหลวมากกว่าไขมันแข็งและเมื่อนำของเหลวที่ 38°C มาแยกต่อมีปริมาณไขมันเหลวมากกว่าไขมันแข็งเช่นกัน

ค่า FFA (%) และค่า Acid Value (AV) ของไขมันแต่ละส่วนที่แยกได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยส่วนที่เป็นไขมันเหลวมีกรดทั้ง 2 ชนิดมากกว่าไขมันแข็ง

Iodine Value (IV) ของไขมันแต่ละส่วนที่แยกได้ พบว่าในส่วนที่เป็นไขมันเหลวมีค่า IV มากกว่าไขมันแข็งแสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าไขมันแข็ง ในส่วนที่เป็นไขมันเหลวค่า IV มีความแตกต่างกัน แต่ส่วนที่เป็นไขมันแข็งค่า IV ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูเริ่มต้นสังเกตได้ว่า Fraction ที่ 2 มีค่าสูงกว่าแต่ Fraction ที่ 1,3 และ 4 มีค่าน้อยกว่าน้ำมันหมูเริ่มต้น

Saponification Value (SV) ของไขมันแต่ละส่วนที่แยกได้มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในส่วนที่เป็นไขมันเหลวมีค่า SV สูงกว่าไขมันแข็งเล็กน้อย แสดงว่ามีขนาดโมเลกุลของกรดไขมันที่ใหญ่กว่าเพียงเล็กน้อย และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูเริ่มต้น จะเห็นได้ว่าทุกส่วนที่แยกได้มีค่าสูงกว่าน้ำมันหมูเริ่มต้น

จุดหลอมเหลว (Melting point) ของไขมันแต่ละส่วนที่แยกได้ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแยกสำดับส่วนครั้งแรกกับครั้งที่สอง พบว่าในส่วนที่เป็นไขมันแข็งมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าไขมันเหลว

สี (color) ของไขมันแต่ละส่วนที่แยกได้และน้ำมันหมูเริ่มต้น ไม่มีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากเครื่องวัดสี (lovibond) มีช่วงสเกลที่กว้าง ทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีได้ชัดเจนและละเอียดพอ ซึ่งอาจใช้เครื่องวัดสีแบบอื่นที่สามารถบอกความชัดเจนและละเอียดได้มากกว่านี้ แสดงดังตารางที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำมันหมูแต่ละส่วนที่แยกได้

ค่าที่วัด	น้ำมันเริ่มต้น	ของแข็งที่38 °c (Fraction 1)	ของเหลวที่ 38°c (Fraction 2)	ของแข็งที่ 30°c (Fraction 3)	ของเหลวที่ 30°c (Fraction 4)
Yield (%)	100	15.24	45.38	10.13	29.25
FFA (%)	0.56 ± 0.005^{a}	0.30 ± 0.000^{b}	0.57 ± 0.005^{c}	0.30 ± 0.000^{b}	0.57 ± 0.000^{c}
Acid Value (AV)	1.11 ± 0.011^{a}	0.60 ± 0.000^{b}	1.13 ± 0.012^{c}	0.60 ± 0.000^{b}	1.13 ± 0.000^{c}
Iodine Value(IV)	74.56 ± 2.854^{a}	55.69 ± 0.602^{b}	81.57 ± 2.077^{c}	58.42 ± 0.460^{a}	73.53 ± 2.205^{c}
Saponification Value (SV)	176.33 ± 1.073^{a}	178.27 ± 0.445^{b}	178.95 ± 2.881^{ab}	178.93 ± 1.124^{bc}	181.10 ± 0.717^{b}
Melting point(°c)	49.0	56.5	39.0	50.0	32.0
สี	เบอร์13	เบอร์13	เบอร์13	เบอร์13	เบอร์13

a,b,c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

3. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันหมูแต่ละส่วนที่แยกได้

ทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันหมูแต่ละส่วนที่แยกได้โดยทดสอบทางด้านกลิ่นรส รสชาติ สีเนื้อสัมผัสและ ความชอบโดยรวม ซึ่งนำไปทอดกับเฟรนซ์ฟราย และทำการเปรียบเทียบทางประสาทสัมผัสกับน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารตามปกติคือ น้ำมันปาล์ม จากนั้นมาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ 5-Hedonic Scale พบว่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)โดยน้ำมันหมูที่เป็นของเหลวที่ 30°C มีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดในด้านกลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส สี ความชอบโดยรวม และไม่มีความแตกต่างกับน้ำมันปาล์มที่ใช้เป็นตัวควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมันชนิดต่างๆในการทอดเฟรนฟรายซ์

ลักษณะที่ทดสอบ	น้ำมันปาล์ม	น้ำมันหมูเริ่มต้น	ของแข็งที่ 38°c (Fraction 1)	ของเหลวที่ 38°c (Fraction 2)	ของแข็งที่ 30°c (Fraction 3)	ของเหลวที่ 30°c (Fraction 4)
กลิ่นรส	3.42 ± 1.02^{a}	2.92 ± 1.27^{ab}	3.00 ± 1.24^{ab}	2.35 ± 1.08^{bc}	1.78 ± 0.70^{c}	3.71 ± 0.99^{a}
รสชาติ	3.57 ± 0.76^{a}	3.14 ± 1.17^{ab}	2.85 ± 0.95^{abc}	2.57 ± 1.16^{bc}	2.21 ± 1.05^{c}	3.50 ± 1.02^{a}
สี	3.42 ± 1.16^{a}	3.71 ± 0.10^{a}	3.07 ± 0.92^{bc}	2.48 ± 1.16^{d}	1.92 ± 0.73^{d}	3.92 ± 0.99^{ab}
เนื้อสัมผัส	3.57 ± 1.09^{a}	3.21 ± 1.19^{ab}	2.64 ± 1.01^{b}	2.48 ± 0.76^{b}	2.35 ± 1.28^{b}	3.54 ± 1.02^{a}
ความชอบรวม	3.57 ± 1.02^{a}	3.42 ± 1.09^{ab}	2.78 ± 0.89^{bc}	2.50 ± 0.85^{c}	2.14 ± 0.77^{c}	3.71 ± 0.91^{a}

a,b,c ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการแยกลำดับส่วนไขมันหมูโดยวิธีกายภาพโดยใช้สภาวะในการตกผลึกน้ำมันหมูที่อุณหภูมิ 38°Cและ30°C ที่ความเร็วในการกวน 50 รอบต่อนาที โดยเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการตกผลึกคือ 180 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ให้ปริมาณของแข็งสูงสุด และในการศึกษาสภาวะในการแยกผลึกของแข็งออกจากของเหลวด้วยการหมุนเหวี่ยงที่ 12,000 รอบต่อนาที 15 นาที เป็นสภาวะที่สามารถแยกผลึกไขมันแข็งออกจากไขมันเหลวได้อย่างชัดเจน จากสภาวะที่กล่าวมาสามารถแยกได้ทั้งหมด 4 fraction คือ ส่วนที่เป็นของแข็งและของเหลวที่อุณหภูมิ 38°C กับ 30°C จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไขมันแต่ละส่วนที่แยกได้พบว่าการแยกลำดับส่วนจากที่อุณหภูมิ 38°C ไป 30°C สามารถช่วยเพิ่มปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในส่วนของ fraction ที่เป็นของเหลวได้เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันหมูเริ่มต้น สีของน้ำมันทุกส่วนที่ได้จากการแยกลำดับส่วนไม่มีความแตกต่างจากน้ำมันหมูเริ่มต้น จุดหลอมเหลวของไขมันแข็งสูงกว่าของไขมันเหลว ไขมันแข็งมีขนาดโมเลกุลของกรดไขมันที่ใหญ่กว่าไขมันเหลว ทั้งนี้ในส่วนของไขมันเหลวมีปริมาณ Fee Fatty Acid (FFA) และ Acid Value สูงกว่า นอกจากนี้ผู้บริโภคชอบและยอมรับเฟรนฟรายซ์ที่ทอดด้วยน้ำมันของเหลวที่ 30 °C (fraction ที่ 4) มากที่สุด

ดังนั้นการแยกลำดับส่วนไขมันหมูทำให้น้ำมันแต่ละส่วนที่แยกได้มีคุณสมบัติแตกต่างกันในการเลือกใช้จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะกับคุณสมบัติของน้ำมันนั้นๆนอกจากนี้การแยกลำดับส่วนเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงปรับปรุงคุณลักษณะไขมันหมูอีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันหมูโดยในส่วนที่เป็นของเหลวนอกจากนำไปทอดอาหารแล้วยังสามารถนำไปทำน้ำมันสลัดได้เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเก็บไว้ในตู้เย็นจะยังคงรักษาความเป็นของเหลวไว้ได้ซึ่งน้ำมันสลัดสามารถนำไปใช้ทำเป็นส่วนผสมของสลัดครีมและมายองเนส ส่วนที่เป็นไขมันแข็ง นำไปทำฟิล์มที่เคลือบอาหารเนื่องจากไขมันมีคุณสมบัติที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำและช่วยลดการระเหยน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกสร พะลัง.2539. เคมีอินทรีย์เบื่องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร :โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

คมกฤช เอกฉัตร. 2538. "ผลของการใช้ไขมันจากแหล่งต่างๆเป็นพลังงานในอาหารสุกรรุ่น" วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

จุฑารัตน์ ศรีพรหมา.2528. การจัดการเนื้อสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันแทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นัยนา บุญทวียุวัฒน์ และ เรวดี จงสุวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าวทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. 4000. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์. 58 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2529. วิทยาศาสตร์การอาหารของน้ำมันและไขมัน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,เชียงใหม่.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2533. โภชนาศาสตร์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,เชียงใหม่. 242 หน้า.

ศลินา แสงทอง.2545. การปรับปรุงไขมันนมโดยการแยกลำดับส่วน. สัมมนา คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สายสนม ประดิษฐ์ดวง. น้ำมันและไขมัน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพมหานคร. : 3

Anita, V. 1979. The fractionnation of milk fat. Milk Indrustry. 81(8):17-20

AOCS.1997. Offical Method and Recommended Pratice. 5th ed. AOCS press. Champaign, Illinois.

Belitz, H.D. and W.Grosch.1999. Food Chemist. 2nd ed. Springer-Verlag : Berlin

Breeding, C.J. and R.T. Marshall.1995. Crytallization of Butter and Seperation by Filter Centrifugation. JAOCS. 72 : 449-453

Bussey, D.M. , T.C.Ryan, J.I.Gray and M.E.Zabik.1981. Fractionnation and characterization of edible tallow. J.Food Science. 46 : 526-530

Comberg, F.1997. Schweinezucht. Verlag Eugen Ulmer, Stutgart.

Deffense, E.1987. Multiple-step butter oil fractionation and Spreadable butter. Fett Wissensschaft Technologie. 89 : 502

Deffense, E.1993. Milk fat Fractionation Today : A Review. JAOCS. 70(12) : 1193-1201

Fouad, F.M., F.R. van de Voort, W.D. Marshall and P.G. Far-rell. Ibid. 67 : 981(1990)

Frank D. Gunstone.2001. Structured and Modified Lipids : Marcel Dekker, Inc : 14-15

Gerrard, F. and F.J. mallion.1980. The Complete Book of Meat. Virtue and Company Ltd.

Kaylegian, K.E.1993. Application of Modified Milk Fat in Food Product. J. Dairy Sci. 76 (6): 1782-1796

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kaylegian, K.E. and C.L. Robert.1995. Handbook of Milkfat Fractionation Technology and Application. AOCS press. Illinois. 662p.

Mahmut, U. and N, Aktas.2003. Fractionation and characterization of edible sheep tail fat. J. Meat Science. 63 : 235-239

Marianne, O' Shea, Rosaleen Devery, Fergal Lawless, Kirean Keogh and Cattherine Stanton.2000. Enrichment of the Conjugate linoleic and content of bovine milk fat by dry Fractionation. J. International Dairy : 289-294

Mcdonald, P., R.A. Edward, J.F.D. Greenhalgh.1988. Animal Nutrition. 4th ed. Longman Group (FE) Ltd. Hong kong. 546p.

Patterson, H.B.W.1989. Handing and Stroage of Oilseeds, Oil, Fat, and Meal. Elsevir science publishing Co, Inc. Northen Ireland. 394p.

Roll, J.R. and R.R. Riel.1996. Separation of milk fat fraction by Centrifugation. J. Dairy Sci. 49(6) : 608-616

Swern, C.1964. Bailey's Industry Oil and Fat Products. Interscience publisher John Wiley and Son, New York. 1103p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์เคมีและกายภาพ

1. Iodine Value (IV) (AOCS. 1997)

ค่าไอโอดีน (Iodine Value , IV) บอกถึงระดับความไม่อิ่มตัว (unsaturation) ของไขมัน/น้ำมัน ค่าไอโอดีนมีความหมายถึงจำนวนกรัมของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยากับตัวอย่างจำนวนหนึ่งร้อยกรัม วิธีวิเคราะห์ค่าไอโอดีนจะใช้สารละลาย Wijs reagent และ carloon tetrachloride (CCl_4) ปัจจุบันยกเลิกการใช้ CCl_4 จึงดัดแปลงวิธีดังกล่าวโดยใช้ cyclohexane ซึ่งปลอดภัยต่อคนมากกว่า CCl_4

ข้อควรระวัง : สารละลาย Wijs ช่วยให้เกิดอันตราย ผู้ใช้สารละลายควรสวมถุงมือ และใช้สารในตู้ควัน

อุปกรณ์และสารเคมี

ตัวอย่างน้ำมัน/ไขมัน

Sodium sulfate (anhydrous ; optional)

Cyclohexane

Wijs solution เก็บในขวดสีชาเก็บในที่มืด อุณหภูมิ 25-30°C ปิดจุกขวดให้แน่น

Potassium iodide (KI) solution

Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3$) standard solution

Soluble starch solution

กระดาษกรอง Whatman #1 หรือ #4

Water bath (68-70°C)

Ehrlenmeyer flask 500 ml. (with 24/40 ground - glass joint)

Buret 50 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการ

1. กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง เทตัวอย่างที่กรองแล้วในบีกเกอร์ นำไปวางใน water bath (68-70°C)

ตารางที่ 1 ผ น้ำหนักตัวอย่างที่ควรใช้ในการวิเคราะห์

IV	น้ำหนักตัวอย่าง ± 0.001 กรัม
<5	3.000
5-20	1.000
21-50	0.400
51-100	0.200
101-150	0.230
151-200	0.100

2. เมื่ออุณหภูมิของตัวอย่าง 68-70°C ชั่งตัวอย่าง โดยดูตารางที่ 1 เป็นแนวทางถึงน้ำหนักตัวอย่างที่ต้องใช้ ชั่งน้ำหนักละเอียด เท่ากับ 0.001 กรัม ใน Ehrlenmeyer flask ขนาด 500 ml.

3. เติม 20 ml. Cyclohexane ปิดจุกขวด (24/40 joint) หมุนขวดเพื่อละลายตัวอย่าง ก่อนเติม Wijs solution 25 ml. โดยใช้ volumetric pipette ปิดจุกขวด และเก็บที่อุณหภูมิ 25-30°C ในที่มืดนาน 1 หรือ 2 ชม. ขึ้นอยู่กับค่า IV ที่คาดหวัง (ควรใช้เวลาเท่ากันกับตัวอย่างชนิดเดียวกัน)

4. ทำ blank โดยใช้สารเคมีเหมือนเดิมแต่ไม่มีตัวอย่างน้ำมัน

คำแนะนำ

(ก) IV < 150 ใช้เวลาเก็บในที่มืดนาน 1 ชั่วโมง : ถ้า IV > 150 ควรเก็บนาน 2 ชั่วโมง

(ข) Cyclohexane ทำหน้าที่ละลายไขมัน ควรใช้สารใหม่ หากผลการทดลองไม่คงที่ และไม่พบที่มาของความผิดพลาดใด ๆ ควรเปลี่ยนไปใช้ cyclohexane ใหม่

(ค) Wijs solution เป็นสารละลาย iodine/chlorine ในกรด acetic acid ให้ iodine monochloride ที่มากเกินพอ ซึ่งสารดังกล่าวจะทำปฏิกิริยากับ double bond สารละลายมีความไวต่ออุณหภูมิ ความชื้นและแสง ควรเก็บในสภาวะที่แนะนำข้างต้น

5. เมื่อครบกำหนดเวลาเติม KI solution จำนวน 20 ml. จากนั้นรีบเติมน้ำกลั่น 100 ml. ทันที ปิดจุกขวด และหมุนขวดเบา ๆ เพื่อผสมแล้ว รีบไตเตรททันที โดยเขย่าขวดแรง ๆ ขณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N sodium thiosulfate ที่บรรจุใน 50 ml. buret ไตเตรทต่อไปจนสีเหลือง-น้ำตาลจางหายเกือบหมด เติม soluble starch indicator จำนวน 1-2 ml. จากนั้นไตเตรทต่อจนสี น้ำเงิน/น้ำตาล หายไป จดปริมาตรของ sodium thiosulfate ที่ใช้ไป

คำอธิบาย

ไขมันจะละลายใน cyclohexane แต่ iodine monochloride ที่มากเกินพอจะละลายอยู่ในส่วนของน้ำ ซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็น I_2 ซึ่งสามารถถูกไตเตรทกับ Sodium thiosulfate สารละลาย Potassium iodide ทำหน้าที่เปลี่ยน iodine monochloride ที่มากเกินพอไปเป็น free iodine (สีน้ำเงิน) ซึ่งสามารถถูกไตเตรทจนถึง end point (ไม่มีสี) ด้วย sodium thiosulfate สารละลายแป้ง (soluble starch) ช่วยทำให้เห็น free iodine และทำให้เห็นจุด end point ชัดเจน

นิยมใช้ความเข้มข้นของ sodium thiosulfate 0.1 N ; แต่ความเข้มข้นอาจเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้ขึ้นกับระดับของ iodine monochloride ที่จะถูกไตเตรท โดยทั่วไปแล้วจะใช้ปริมาตรของ sodium thiosulfate ระหว่าง 5 ถึง 50 ml. หากปริมาตรนอกเหนือไปจากช่วงนี้ อาจให้ผลที่ไม่น่าเชื่อถือ

6.คำนวณค่า IV (กรัมไอโอดีน ต่อ 100 กรัม ตัวอย่าง) โดยใช้ สมการ :

$$IV = \frac{(\text{ml. } Na_2S_2O_3 \text{ for blank} - \text{ml. } Na_2S_2O_3 \text{ for sample}) \times Na_2S_2O_3 \text{ normality} \times 12.69}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Saponification Value (AOCS. 1997)

Saponification Value มีความหมายถึงปริมาณของด่างที่ใช้ในการ sponify ตัวอย่างปริมาณหนึ่ง แสดงผลเป็น มิลลิกรัมของ potassium hydroxide (KOH) ต่อกรัมของตัวอย่าง วิธีการวิเคราะห์ประกอบด้วยใช้ Alcoholic KOH ที่มากเกินพอ ซึ่งทำปฏิกิริยา saponification (ปลดปล่อย free fatty acids) จาก glycerol backbone ส่วนของ KOH ที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาจะถูกไตเตรท (back titration) กับสารละลายมาตรฐาน hydrochloric acid (HCl) โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator ปริมาณและความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ในปฏิกิริยาทำให้เป็นกลางสามารถนำมาใช้คำนวณค่า Saponification Value ค่าดังกล่าวสามารถบอกถึง relative chain lengths ของกรดไขมัน

อุปกรณ์และสารเคมี

ตัวอย่างน้ำมันหรือไขมัน

Standard hydrochloric acid 1 N

Alcoholic potassium hydroxide

Phenolphthalein solution

250 - ml. Ehrlenmeyer flasks หรือ flat - bottom boiling flasks ที่มี 24/40 ground glass joint (เมื่อใช้ water bath)

250 - ml. round - bottom boiling flasks ที่มี 24/40 ground glass joint (เมื่อใช้ heating mantles)

Air condensers (65 cm. long ; เมื่อใช้กับ boiling water bath)

Water cooled condensers (65 cm. long ; เมื่อใช้กับ heating mantles)

50 -ml. buret

วิธีการ

1. จัดเตรียมเครื่องแก้วสำหรับ reflux system เมื่อปรับให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการใช้

1.1 ถ้าใช้ water bath : ประกอบ air condensers เข้ากับ ขวด วางใน water bath ให้แน่ใจว่าขวดไม่ลอยหรือล้ม ควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้ได้ 75-80°C

1.2 ถ้าใช้ heating mantle : ประกอบ water - cooled condenser ปรับ voltsge regulator จนน้ำมันเดือดช้า ๆ เมื่อปรับสภาวะได้แล้วจึงใช้ตัวอย่างที่แท้จริง

(ข้อสังเกต : ควรปรับสภาวะ water bath หรือ heating mantle ให้สามารถทำให้ตัวอย่างเดือดช้า ๆ สังเกตดูวงควันหรือวงไอเคลื่อนตัวมาถึงครึ่งทางของความยาวของ condenser ทั้งนี้เพื่อป้องกันการระเหยของแอลกอฮอล์ ออกจากระบบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรองตัวอย่างน้ำมัน แยกเอาสิ่งสกปรกออก

3. ชั่งตัวอย่างลงใน flask ประกอบ 4-5 กรัม (0.01 กรัม)

4. ใช้ volumetric pipette ดูดสารละลาย alcoholic KOH จำนวน 50 ml. เติมลงในขวด

5. เตรียม Blank โดยใช้ alcoholic KOH 50 ml. ในขวดเท่านั้น (ไม่มีน้ำมันตัวอย่าง)

6. จัดอุปกรณ์เพื่อ reflux นาน 1 ชั่วโมง (สังเกตได้จากส่วนผสมในขวดมีความใส และเป็นเนื้อเดียวกัน)

7. ยกขวดออกจาก water bath หรือ heating mantle โดย condenser ยังเสียบอยู่บนขวด และมี clamp ยึดไว้ รอให้เย็นใช้กระบอกฉีดน้ำกลั่นค่อย ๆ ล้างท่อกลั่นตัวของ condenser ใช้น้ำกลั่น 3-5 ml. เท่านั้น (ห้ามใช้ beaker เทน้ำกลั่น)

8. ถอด condenser ออกจากขวด เติม 1 ml. phenolphthalein solution และ ไตเตรทกับ standard HCl จนได้สีชมพูซึ่งสียังคงทนนาน 15-30 วินาที (end point) จดปริมาตรของ HCl ที่ใช้

9. คำนวนค่า Saponification Value

$$\text{Saponification Value} = \frac{(\text{ml. HCl for blank} - \text{ml. HCl for sample}) \times \text{HCl N} \times 56.1^*}{\text{Sample wt. (g)}}$$

*56.1 คือ โมเลกุลของ KOH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Free Fatty Acid (Acid Value) (AOCS. 1997)

วิธีนี้จะวัดปริมาณ free acid groups ที่อยู่ในไขมัน/น้ำมัน เป็นค่าที่สะท้อนถึง total acidity (Acid Value ; AV) หรือสะท้อนถึงระดับของ fatty acids ที่อิสระ FFA หมายถึงเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ free acid groups ขณะที่ AV หมายถึงน้ำหนัก (มิลลิกรัม) ของ potassium hydroxide ที่ใช้ในการสะเทิน free acid groups ในน้ำมัน สามารถเปลี่ยนค่า FFA ไปเป็นค่า AV หรือตรงกันข้ามได้ โดย conversion factor ที่ใช้จะมีความเฉพาะกับ single fatty acids สำหรับ Oleic acid นั้น สามารถเขียนค่าความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองได้ดังนี้

$$\%FFA\ (Oleic) \times 1.99 = AV$$

การวิเคราะห์หาค่า FFA ในน้ำมันค่อนข้างง่าย เริ่มต้นจากกรองน้ำมันเอาตะกอนออกก่อนนำไปไตเตรทกับ sodium hydroxide

อุปกรณ์และสารเคมี

ตัวอย่างน้ำมัน/ไขมัน

Neutralized ethanol

Phenolphthalein solution

Standard sodium hydroxide

250-ml. Ehrlenmeyer flask

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างละเอียด 0.001 กรัม ลงใน 250 ml. Ehrlenmeyer flask

2. เติม neutralized alcohol ในปริมาณเหมาะสม ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 60-65°C จากนั้นเติม 1 ml. phenolphthalein solution หมุนขวดเพื่อผสมส่วนผสมในขวดและไตเตรททันทีกับ sodium hydroxide solution

3. คำนวณ FFA ในรูปของ % Oleic acid ดังนี้

$$\text{FFA as\% Oleic acid} = \frac{\text{ml. NaOH} \times \text{NaOH N} \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

4. คำนวณค่า AV

FFA x 1.99 for oleic acid

FFA x 2.81 for lauric acid

FFA x 2.19 for palmitic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ผ น้ำหนักตัวอย่างและปริมาณแอลกอฮอล์ที่ใช้

Expected FFA Range (%)	Sample Weight (g)	Amount of Alcohol (ml.)	Normality of NaOH
0.0-0.2	56.4 ± 0.20	50	0.10
0.2-1.0	28.2 ± 0.20	50	0.10
1.0-30.0	7.05 ± 0.05	75	0.25
30.0-50.0	7.05 ± 0.05	100	0.25 or 1.0
50.0-100.0	3.525 ± 0.001	100	1.0

4. การหาจุดหลอมเหลวโดยวิธี Capillary Tube (AOCS. 1997)

อุปกรณ์และสารเคมี

หลอด Capillary Tube ความยาว 50-80 มิลลิเมตร

เทอร์โมมิเตอร์

บีกเกอร์ขนาด 600 ml.

Magnetic Stirrer

วิธีการ

1. หลอมน้ำมันและทำการกรองเพื่อแยกสิ่งสกปรกและความชื้นออก

2. จุ่มหลอด Capillary Tube ที่สะอาดในน้ำมันที่หลอมแล้ว จนระดับน้ำมันมีความสูง 10 มิลลิเมตร จากนั้นนำหลอด Capillary Tube ลนไฟเพื่อปิดปลายหลอด

3. นำไปแช่ที่อุณหภูมิ 4-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมงหรือข้ามคืน

4. นำมามัดติดกับเทอร์โมมิเตอร์โดยให้ปลายของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ในระนาบเดียวกับระดับน้ำมันในหลอด Capillary Tube

5. นำไปจุ่มในบีกเกอร์ 600 ml. ที่มีน้ำกลั่นอยู่ครึ่งหนึ่งของบีกเกอร์ โดยให้ปลายเทอร์โมมิเตอร์จุ่มอยู่ในน้ำ

6. ให้อุณหภูมิเริ่มต้นอยู่ในระดับ 8-10 องศาเซลเซียส โดยให้อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของตัวอย่าง จากนั้นทำการกวนน้ำและค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิโดยให้มีอัตรา 0.5 องศาเซลเซียสต่อนาที

7. เมื่อน้ำมันกลายเป็นของเหลวหมดจึงสังเกตและทำการบันทึกอุณหภูมิ โดยผลการทดลองควรแตกต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส รายงานผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกต

1. ควรใช้ water bath ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
2. ตัวอย่างที่ใช้ต้องเป็นของเหลวอย่างสมบูรณ์ และต้องมีการลนไฟที่ปลายหลอดก่อนเข้าตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของเฟรนซ์ฟราย

แบบ Hedonic Scale

ชุดที่.....

วันที่.....

ชื่อ.....

การพิจารณาทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ สี และความชอบโดยรวม แบ่งคะแนนตามความชอบออกเป็น 5 ระดับ คือ

1 ไม่ชอบมาก

2 ไม่ชอบ

3 เฉย ๆ

4 ชอบ

5 ชอบมาก

ในระหว่างการชิมรสแต่ละตัวอย่าง ใช้น้ำล้างปากเพื่อป้องกันการสับสนระหว่างตัวอย่างรหัสตัวอย่าง

ลักษณะที่ทดสอบ	รหัสตัวอย่าง					
กลิ่นรส						
รสชาติ						
สี						
เนื้อสัมผัส						
ความชอบโดยรวม						

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

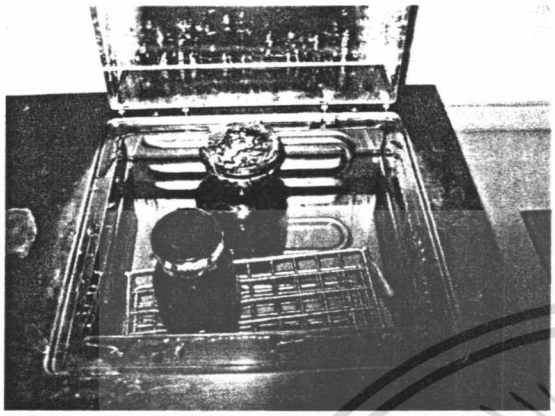
ตารางที่ 3ผ ผลปริมาณน้ำมันที่แยกได้เป็นของแข็งและของเหลวที่อุณหภูมิ 38 °C ณ เวลาต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	ปริมาณน้ำมันทั้งหมด(กรัม)				ปริมาณน้ำมันที่เป็นของเหลว (กรัม)				ร้อยละส่วนน้ำมันที่เป็นของเหลว				ปริมาณน้ำมันส่วนที่เป็นของแข็ง(กรัม)				ร้อยละส่วนน้ำมันที่เป็นของแข็ง			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	60.39	60.65	60.33	60.46	58.81	58.77	59.02	58.87	97.38	96.9	97.83	97.37	1.58	1.88	1.31	1.59	2.62	3.1	2.17	2.63
	40	60.29	60.24	60.23	60.25	58.76	58.01	58.48	58.42	97.46	96.3	97.09	96.95	1.53	2.23	1.75	1.84	2.54	3.7	2.91	3.05
	60	60.12	60.39	60.09	60.2	57.7	57.3	57.65	57.55	95.97	94.88	95.94	95.6	2.42	3.09	2.44	2.65	4.03	5.12	4.06	4.4
	80	60.7	60.4	60.57	60.56	57.11	55.87	56.07	56.35	94.09	92.5	92.57	93.05	3.59	4.53	4.5	4.21	5.91	7.5	7.43	6.95
	100	60.25	60.03	60.01	60.1	55.18	54.1	53.39	54.22	91.59	90.12	88.97	90.23	5.07	5.93	6.62	5.87	8.41	9.88	11.03	9.77
	120	60.15	60.43	60.81	60.46	53.85	52.94	52.77	53.19	89.53	87.61	86.78	87.97	6.3	7.49	8.04	7.28	10.47	12.39	13.22	12.03
	140	60.22	60.29	60.48	60.33	52.31	51.58	51.61	51.83	86.86	85.55	85.33	85.92	7.91	8.71	8.87	8.5	13.14	14.45	14.67	14.08
	160	60.7	60.41	60.77	60.63	50.33	51.27	50.32	50.64	82.92	84.87	82.8	83.53	10.37	9.14	10.45	9.99	17.08	14.13	17.2	16.47
	180	60.18	60.16	60.32	60.22	49.12	49.08	48.16	48.79	81.62	81.58	79.84	81.01	11.06	11.08	12.16	11.43	18.38	18.42	20.16	18.99

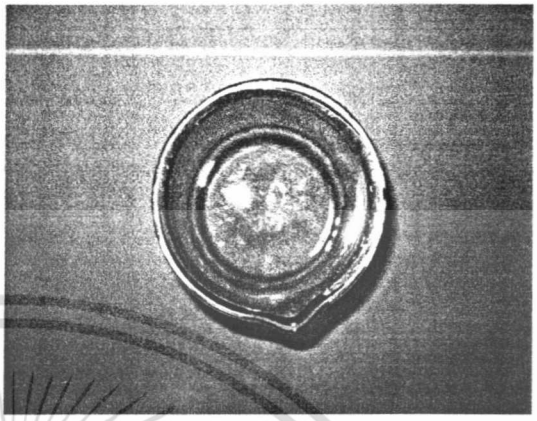
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ภาพแสดงการทดลอง



รูปที่ 1ผ การหลอมไขน้ำมันหมูก่อนการตกผลึก



รูปที่2ผ น้ำมันหมูที่หลอมได้ใส่ในบีกเกอร์

รูปที่ 3ผ การกวนน้ำมันหมูเพื่อให้เกิดผลึก

รูปที่4ผ เครื่องกวนความเร็ว 50รอบ/นาทีและควบคุมอุณหภูมิในการตกผลึกด้วย water bath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย วรชัย มาตังคสมบัติ เกิดเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2524 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน นครสวรรค์ ในปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546 (อก.รุ่น 20)

นางสาว วัลยา พรทิพย์วิวัฒน์ เกิดเมื่อวันที่ 18 มีนาคม 2524 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน สระบุรีวิทยาคม ในปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546 (อก.รุ่น 20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้