การพัฒนากระบวนการผลิตเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนสำหรับอุตสาหกรรมบริการอาหาร

PROCESS DEVELOPMENT OF FRACTIONATED TALLOW SHORTENING FOR FOODSERVICE INDUSTRY

พรชัย มะโนวรรณา

PORNCHAI MANOWANNA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

KMITL-2020-FI-M-055-371

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROCESS DEVELOPMENT OF FRACTIONATED TALLOW SHORTENING FOR FOODSERVICE INDUSTRY

PORNCHAI MANOWANNA

A THESIS SUMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOODSERVICE TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

KMITL-2020-FI-M-055-371

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2020

FACULTY OF FOOD INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนากระบวนการผลิตเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนสำหรับอุตสาหกรรมบริการอาหาร
นักศึกษา	พรชัย มะโนวรรณา
รหัสประจำตัว	59608040
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการบริการอาหารและการจัดการ
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร

บทคัดย่อ

ไขมันวัวประกอบด้วยส่วนที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมถึงเป็นแหล่งพลังงานที่ดีให้กับร่างกาย แนวทางการใช้ประโยชน์จากไขมันวัวตามคุณลักษณะของไขมันที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันนั้นถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความน่าสนใจ เนื่องจากไขมันวัวที่ได้จากกระบวนการแยกเอาส่วนของน้ำมันออกไปแล้วยังคงมีคุณสมบัติที่ดีในการนำไปทอดอาหาร ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำไขมันวัวแยกส่วนมาพัฒนากระบวนการขึ้นรูปเป็นเนยขาวโดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (response surface methodology; RSM) ร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (central composite design; CCD) จากการทดสอบคุณภาพของไขมันวัวแยกส่วนเบื้องต้นพบว่า ไขมันวัวแยกส่วนมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวอยู่สูง ซึ่งเป็นปริมาณ 53.96±0.28 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบของกรดไขมันที่พบมากที่สุดในไขมันวัวแยกส่วนคือ กรดไขมันปาล์มิติก (C16:0) 30.41±0.14 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันโอเลอิก (C18:1) 29.70±0.08 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมัน สเตียริก (C18:0) 13.94±0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ คุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 79.78±0.23 ค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ -3.72±0.02 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 5.26±0.04 ค่าเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) เท่ากับ 357.86±9.91 กรัม.แรง และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว มีค่าเท่ากับ 48.27 องศาเซลเซียส เมื่อนำค่าคุณภาพของไขมันวัวแยกส่วนที่ได้นี้ไปเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนยขาวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด พบว่า ไขมันวัวแยกส่วนมีค่าความสว่าง (L*) ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ B, D และ E ค่าความเป็นสีแดง (a*) ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ E และค่าความเป็นสีเหลือง (b*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ D, E และ F ทางด้านค่าเนื้อสัมผัสของไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีค่าอยู่ระหว่างค่าเนื้อสัมผัสของเนยขาวในกลุ่มที่มีค่าความแน่นเนื้อและมีความคงตัวสูง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ C และ F ซึ่งนิยมนำไปใช้ในการทอดอาหาร ไขมันวัวแยกส่วนได้ถูกนำไปศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นเนยขาว โดยปัจจัยที่นำมาศึกษา คือ ระยะเวลาการขึ้นรูปเป็นเนยขาวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่า การขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส 206.60 นาที และการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส 102.30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันมีค่าต่ำสุดคือ 44.23 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมบริการอาหาร โดยการนำไปทอดกับเนื้อสเต๊ก เพื่อทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส รวมถึงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเนื้อสเต๊กที่ใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน จากการทดลองพบว่า ผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้ที่นิยมรับประทานเมนูสเต๊กเนื้อสามารถแยกความแตกต่างระหว่างเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยการใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื้อสเต๊กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วน ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้านความชุ่มฉ่ำ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงกว่าเนื้อสเต๊กที่ไม่ได้ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในการทอด

คำสำคัญ: การขึ้นรูปเนยขาว ไขมันวัวแยกส่วน เนยขาว วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Process development of fractionated tallow shortening for foodservice industry
Student	Mr. Pornchai Manowanna
Student ID.	59604080
Degree	Master of Science
Program	Foodservice Technology and Management
Year	2020
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Pajaree Ingkasupart

ABSTACT

Tallow composition is consisting of a saturated and unsaturated fatty acid which provides good energy source and have a benefit for human health. Utilization of the tallow according to a different composition in each part is interesting and effective way of using beef slaughtering by-products. Moreover, fractionated tallow which a liquid part was already separated is still have a good property to use for frying food. Therefore, an idea to use the fractionated tallow for making a shortening was then generated. Response surface methodology (RSM) and central composite design (CCD) was used to develop the tallow shortening forming process. Saturated fatty acid content in the fractionated tallow received from a preliminary test was 53.96±0.28% which a palmitic acid, oleic acid and stearic acid are the main fatty acid as followed the content of 30.41±0.14, 29.70±0.08, and 13.94±0.12%, respectively. In addition, physical properties of the fractionated tallow including color, texture (firmness), and melting point was about 79.78±0.23 (L*), -3.72±0.02 (a*), 5.26±0.04 (b*), 357.86±9.91 g/force, and 48.27°C, respectively. Comparison of the fractionated tallow with 6 brand market shortenings was carried out and found that the lightness (L*), redness (a*), and yellowness (b*) of fractionated tallow were similar to the shortening brand of B, E, D, and F, respectively. The firmness value of the fractionated tallow was in range of the group shortening that had a high firmness value and quite stable. For the melting point of the fractionated tallow was similar to shortening brand C and F which both of these brands are popular to use for frying food. The fractionated tallow was then studied

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

an optimum forming condition using RSM to make a shortening product with 2 different factors; (1) forming time at -18°C and (2) forming time at 25°C. Results found that to form the fractionated tallow at -18°C for 206.60 minute and then left at 25°C for 102.30 minute was the optimum condition for making a shortening product with the lowest melting point value (44.23°C). The developed tallow shortening product was then applied in foodservice industry in a steak menu. Two different samples with and without using the developed tallow shortening product to fry the steak were compared and evaluated the sensory test using 7-point hedonic scale by 40 panelists who regularly consume the steak. It can be concluded that the liking score in juiciness, texture, and overall liking of the steak frying with the developed tallow shortening product showed significantly different from the normal fry steak (without using the developed tallow shortening product) ($p \leq 0.05$).

Keyword: Forming shortening, Response Surface Methodology (RSM), Shortening, Tallow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนากระบวนการผลิตเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมบริการอาหาร ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี โดยการประสิทธิ์วิชาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาจรีย์ อิงคะสุภัทร ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตั้งเจริญชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โสรยา เกิดพิบูลย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สวามินี นวลแขกุล คณะกรรมการการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ ตลอดจนขอขอบคุณ อาจารย์ เจ้าหน้าที่ และเพื่อนพี่น้องทุกท่าน ในคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ ณ สถาบันแห่งนี้

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (สกว.) และสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ (แม็คบีฟ) อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากปรากฏข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

พรชัย มะโนวรรณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III
กิตติกรรมประกาศ V
สารบัญ VI
สารบัญตาราง X
สารบัญภาพ XII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 โคเนื้อ 3
2.2 ไขมันสัตว์ และการนำมาใช้ประโยชน์ 4
2.3 การแยกส่วนไขมัน 10
2.4 เนยขาว 12
2.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ 14
2.6 วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง 16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 22
3.1 วัตถุดิบ 22
3.2 อุปกรณ์ 22
3.3 เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 22
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 23
3.4.1 การเตรียมตัวอย่างไขมันวัวแยกส่วน 23
3.4.2 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไขมันวัวแยกส่วน 23
3.4.2.1 การวิเคราะห์ค่ากรดไขมัน 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี 23
3.4.2.3 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส 24
3.4.2.4 การวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 24
3.4.3 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนกับผลิตภัณฑ์เนยขาวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด 25
3.4.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง 25
3.4.4.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลองจากการออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง 28
3.4.4.1.1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสมการโมเดลถดถอยของค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 28
3.4.4.1.2 การสร้างสมการการทำนาย 28
3.4.4.1.3 การสร้างกราฟโครงร่างและกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง 29
3.4.4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 29
3.4.4.2.1 การทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 29
3.4.4.3 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 30
3.4.5 การประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในอุตสาหกรรมบริการอาหาร 31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 32
4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไขมันวัวแยกส่วน 32
4.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในไขมันวัวแยกส่วน 32
4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนกับผลิตภัณฑ์เนยขาวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด 36
4.3 ผลการศึกษาปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 40
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 42
4.3.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมการโมเดลถดถอยของค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 42
4.3.1.2 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการโมเดลถดถอยเพื่อใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 43
4.3.1.3 การวิเคราะห์กราฟโครงร่างและกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียสต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 44
4.3.2 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการคำนวณโดยฟังก์ชั่น response optimizer 46
4.3.2.1 การทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการคำนวณโดยฟังก์ชั่น response optimizer 47
4.3.3 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 48
4.4 ผลการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในอุตสาหกรรมบริการอาหาร 49
บทที่ 5 สรุปผล 51
บรรณานุกรม 52
ภาคผนวก 56
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบของไขมัน 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข กราฟแสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากเครื่อง differential scanning calorimetry (DSC) ของผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่พัฒนาได้ 60
ภาคผนวก ค แบบประเมินค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสและความชอบต่อเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วน 62
ภาคผนวก ง ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า 64
ประวัติผู้เขียน 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 กรดไขมันชนิดอิ่มตัว 5

2.2 จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่างๆ 6

2.3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันวัวเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว 9

2.4 คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันวัวเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว 9

3.1 ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 26

3.2 สภาวะการทดลองการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) 27

3.3 การทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากฟังก์ชั่น response optimizer 30

3.4 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 31

4.1 ค่าการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในไขมันวัวแยกส่วนเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเนยขาว 33

4.2 ค่าการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน 34

4.3 ค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนเปรียบเทียบกับเนยขาวที่วางจำหน่ายตามท้องตลาด 37

4.4 ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน ในแต่ละสภาวะการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง 41

4.5 ตารางการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมการโมเดลถดถอยของค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน (Analysis of Variance (ANOVA)) 42

4.6 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการโมเดลถดถอยโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง 43

4.7 การทวนสอบค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากฟังก์ชั่น response optimizer 47

4.8 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในเมนูสเต๊กเนื้อ..... 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมเลือดซาร์โรเล่ย์ 3

2.2 น้ำมันวัวหรือไขมันวัว (tallow) 7

2.3 ขั้นตอนการแยกไขมันทางกายภาพ 10

2.4 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันโอเลอิกและกรดไขมันสเตียริก 11

2.5 เนยขาว (shortening) 12

2.6 ตัวอย่างกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง 16

2.7 การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (CCD) 18

4.1 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า 6 ยี่ห้อ 39

4.2 กราฟโครงร่างระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 44

4.3 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว 45

4.4 กราฟแสดงการทำนายระยะเวลาที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน จากฟังก์ชั่น response optimizer โปรแกรม Minitab® 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมการผลิตโคเนื้อในประเทศไทยปี พ.ศ. 2562 มีปริมาณการผลิตประมาณ 1.018 ล้านตัน ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2561 ร้อยละ 1.90 เนื่องจากมีการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อจากภาครัฐในการช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตโคเนื้อ ส่งผลให้ปริมาณการผลิตโคเนื้อมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (Agricultural economics research, 2018) โดยปกติแล้วกระบวนการแปรรูปเนื้อสัตว์นั้นจะทำการตัดแต่งซากเป็นส่วนต่างๆ โดยแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนใหญ่สำหรับขายส่ง (wholesale cut) และชิ้นส่วนย่อยสำหรับขายปลีก (retail cut) ซึ่งให้ความสำคัญแก่ชนิดของกล้ามเนื้อที่มีคุณภาพในการบริโภคที่ดีแตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น เนื้อสันของวัว นิยมนำมาทำเป็นสเต็ก โดยภายหลังการแยกชิ้นส่วนซากจะมีส่วนของเศษหรือส่วนที่เป็นไขมันวัวที่เหลือจากการชำแหละและตัดแต่ง ซึ่งเป็นส่วนที่มีการนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้น้อย จึงทำให้มีปริมาณตกค้างในกระบวนการแปรรูปอยู่เป็นจำนวนมากและต้องทำการกำจัดทิ้ง แต่ความเป็นจริงส่วนของไขมันที่เหลือจากการชำแหละและตัดแต่ง ยังสามารถนำมาทำให้เกิดประโยชน์ และสร้างมูลค่าได้ (ชัยณรงค์, 2529) ตัวอย่างเช่น การนำมาเจียวเพื่อสกัดส่วนของไขมันออกจากส่วนเนื้อที่ผ่านการชำแหละ และตัดแต่ง โดยไขมันที่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวใสและเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งคล้ายกับลักษณะของเนยขาว (shortening) สีของไขมันที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเจียว โดยไขมันที่เจียวในอุณหภูมิต่ำจะมีสีขาวและมีคุณภาพดีกว่าการเจียวไขมันโดยใช้อุณหภูมิสูงซึ่งมีสีเหลืองมากกว่า

ไขมันวัว (tallow) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งมีประโยชน์ต่อสุขภาพรวมถึงเป็นแหล่งพลังงานที่ดีให้กับร่างกาย (Limmatvapirat, 2019) แนวทางการใช้ประโยชน์จากไขมันวัวตามคุณลักษณะของไขมันที่มีองค์ประกอบแตกต่างกันนั้นถือว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความน่าสนใจ เนื่องจากไขมันวัวที่ได้จากกระบวนการแยกเอาส่วนของน้ำมันออกไปแล้วยังคงมีคุณสมบัติที่ดีในการนำไปทอดอาหาร เพราะกลิ่นรสของไขมันวัวมีความเฉพาะตัวทำให้เมื่อนำมาทอดในเมนูอาหาร เช่น เมนูสเต็กเนื้อจะสามารถเพิ่มกลิ่นรสที่ดีให้กับเนื้อสเต็กได้ จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำไขมันวัวแยกส่วนไปผลิตเป็นเนยขาวสำหรับทอดอาหาร ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากเนยขาวในอีกรูปแบบหนึ่งที่แตกต่างไปจากเนยขาวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด กระบวนการผลิตเนยขาวในระดับอุตสาหกรรมปกติแล้วทำได้โดยการนำส่วนของไขมัน/น้ำมัน ไปผ่านกระบวนการเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (Ghotra และคณะ, 2002) โดยทั่วไปเนยขาวทางการค้านั้นมีลักษณะเป็นของแข็งแต่ให้เนื้อสัมผัสนุ่ม มีความหนืดสูง ซึ่งนิยมนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดต่างๆ (นิธิยา, 2548)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน โดยวิธีการทางสถิติที่เรียกว่า วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (response surface methodology; RSM) ร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง รวมถึงศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้ ในการนำไปทอดเนื้อสเต๊ก ซึ่งเป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารและการบริการ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 ศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการเจียวเศษไขมันวัวจากการชำแหละและตัดแต่ง

1.2.2 ศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า

1.2.3 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (response surface methodology; RSM)

1.2.4 ศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อสเต๊กที่มีการทอดโดยใช้เนยขาวที่พัฒนาได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถเพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปผลิตภัณฑ์โคเนื้อให้เกิดประโยชน์

1.3.2 สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดไขมันตกค้างในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์โคเนื้อ

1.3.3 สามารถนำผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้ไปประยุกต์ใช้ในการทอดเนื้อสเต๊กสำหรับอุตสาหกรรมบริการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โคเนื้อ

ปัจจุบันสายพันธุ์โคเนื้อในประเทศไทยแต่ละพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกัน รวมถึงมีระบบการเลี้ยงและการให้อาหารที่แตกต่างกันเช่นกัน โคเนื้อที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่นิยมโดยทั่วไปในประเทศไทย คือ โคขุน ซึ่งคือสายพันธุ์โคลูกผสมเลือดชาร์โรเล่ย์ระดับสูงหรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 (กรมปศุสัตว์, 2555; พยุงศักดิ์, 2560) โดยสายพันธุ์ชาโรเล่ย์นั้นมีลักษณะเด่นคือ สามารถสร้างเนื้อได้มาก เนื้อที่ได้คุณภาพดี การเจริญเติบโตเร็ว เหมาะแก่การเลี้ยงเพื่อขุนเป็นโคเนื้อ (ปรีชา, 2546) โดยสามารถเลี้ยงโคขุนด้วยอาหารธรรมชาติเป็นหลัก เช่น หญ้าสดหรือฟาง ซึ่งเป็นแหล่งของวิตามิน แร่ธาตุ และเยื่อใยที่ดีซึ่งช่วยเกี่ยวระบบย่อยอาหาร รวมถึงมีการเสริมด้วยอาหารหยาบเช่น การให้ธัญพืช ซึ่งจะทำให้เนื้อโคมีกลิ่นหอม และรสชาติดียิ่งขึ้น ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาด

ภาพที่ 2.1 โคเนื้อสายพันธุ์ลูกผสมเลือดชาร์โรเล่ย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไขมันสัตว์ และการนำมาใช้ประโยชน์

ปริมาณไขมันในเนื้อสัตว์โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ได้จากการตัดแต่งซากเนื้อ รวมถึงขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่ห่อหุ้มหรือปะปนอยู่ในเนื้อว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยองค์ประกอบของไขมันประกอบไปด้วย ไตรกลีเซอไรด์ ฟอสโฟลิปิด คอเลสเตอรอล และวิตามินที่ละลายได้ในไขมันอีกจำนวนหนึ่ง ในร่างกายสัตว์นั้นมีเนื้อเยื่อไขมันสะสมอยู่ 2 ชนิด คือ ไขมันขาว และไขมันเหลือง ซึ่งไขมันเหลืองมักพบในร่างกายของสัตว์แรกเกิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งรอบๆไต โดยทั่วไปไขมันเหลืองจะมีขนาดเล็กกว่าไขมันขาวและสามารถเปลี่ยนกลับไปเป็นไขมันขาวได้ สาเหตุที่ไขมันมีสีเหลืองนั้นเนื่องจากการสะสมของไซโตโครมในเซลล์ไมโทคอนเดรีย นอกจากนี้อาหารที่สัตว์รับประทานนั้นสามารถส่งผลต่อสีของไขมันได้ด้วยเช่นกัน (ชัยณรงค์, 2529)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลิก 1 หมู่ (straight chain aliphatic monocarboxylic acid) โดยในธรรมชาติจะพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมัน และน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ พบในรูปของกรดไขมันอิสระในปริมาณน้อย การสังเคราะห์กรดไขมันของร่างกายมีสารเริ่มต้นเป็นหมู่แอซีติล ซึ่งมีคาร์บอนในโมเลกุล 2 อะตอม มาต่อกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น ทำให้มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นเลขคู่เสมอ (นิธิยา, 2547) พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมันนั้นมีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยว และพันธะคู่ โดยกรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่า กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่อย่างน้อย 1 อัน เรียกว่า กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วไปคือ $C_nH_{2n}O_2$ ซึ่งเป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุด คือ กรดบิวทิริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6 – 10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยและยังระเหยได้ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไป จะไม่สามารถละลายในน้ำได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 นอกจากนี้กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลต่ำกว่า 10 อะตอม จะมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 อะตอมขึ้นไป จะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 กรดไขมันชนิดอิ่มตัว

ชื่อทางเคมี	ชื่อสามัญ	สูตรเคมี	การเขียนย่อ
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่			
n –Butanoic	กรดบิวทิริก (Butyric acid)	$CH_3 (CH_2)_2COOH$	C4:0
n –Hexanoic	กรดคาโพรอิก (Caproic acid)	$CH_3 (CH_2)_4COOH$	C6:0
n –Octanoic	กรดคาโพรลิก (Caprylic acid)	$CH_3 (CH_2)_6COOH$	C8:0
n –Decanoic	กรดคาพริก (Capric acid)	$CH_3 (CH_2)_8COOH$	C10:0
n –Dodecanoio	กรดลอริก (Lauric acid)	$CH_3 (CH_2)_{10}COOH$	C12:0
n –Tetradecanoic	กรดไมริสติก (Myristic acid)	$CH_3 (CH_2)_{12}COOH$	C14:0
n –Hexadecanoic	กรดปาล์มิติก (Palmtic acid)	$CH_3 (CH_2)_{14}COOH$	C16:0
n –Octadecanoic	กรดสเตียริก (Stearic acid)	$CH_3 (CH_2)_{16}COOH$	C18:0
n –Eicosanoic	กรดอะราคิดิก (Arachidic acid)	$CH_3 (CH_2)_{18}COOH$	C20:0
n –Docosanoic	กรดบีฮีนิก (Behenic acid)	$CH_3 (CH_2)_{20}COOH$	C22:0
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่			
n –Pentanoic	กรดวาลีริก (Valeric acid)	$CH_3 (CH_2)_3COOH$	C5:0
n –Heptanoic	กรดอีแนนทิก (Enanthic acid)	$CH_3 (CH_2)_5COOH$	C7:0
n –Nonanoic	กรดพีลาร์โกนิก (Pelargonic acid)	$CH_3 (CH_2)_7COOH$	C9:0
n –Undecanoic	-	$CH_3 (CH_2)_9COOH$	C11:0
n –Tridecanoic	-	$CH_3 (CH_2)_{11}COOH$	C13:0
n –Pentadecanoic	-	$CH_3 (CH_2)_{13}COOH$	C15:0
n –Heptadecaic	กรดมาร์การิก (Magaric acid)	$CH_3 (CH_2)_{15}COOH$	C17:0

ที่มา: นิธิยา, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมันนั้นๆ โดยจุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะมีค่าสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันมากขึ้น และในทางตรงกันข้ามจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะมีค่าลดลงเมื่อกรดไขมันมีจำนวนพันธะคู่น้อยลง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 จุดหลอมเหลวของกรดไขมันชนิดต่างๆ

กรดไขมัน	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว	
กรดบิวทิริก (Butyric acid)	-7.9
กรดคาโพรอิก (Caproic acid)	-3.2
กรดคาโพรลิก (Caprylic acid)	16.7
กรดคาพริก (Capric acid)	31.7
กรดลอริก (Lauric acid)	44.2
กรดไมริสติก (Myristic acid)	54.1
กรดปาล์มิติก (Palmtic acid)	62.7
กรดสเตียริก (Stearic acid)	69.6
กรดอะราคิดิก (Arachidic acid)	75.4
กรดบีฮีนิก (Behenic acid)	79.9
กรดลิกโนซีริก (Lignoceric acid)	84.2
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว	
กรดปาลมิโตเลอิก (Palmitoleic acid)	0.5
กรดโอเลอิก (Oleic acid)	10.5
กรดอีรูซิก (Erucic acid)	33.7
กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)	-5.0
กรดลิโนเลนิด (Linolenic acid)	-11.0
กรดอะราคิโดนิก (Arachidonic acid)	-49.5

ที่มา: นิธิยา, 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันวัว หรือ ไขมันวัว (tallow) ได้จากการเจียวเนื้อเยื่อไขมัน (fat tissues) หลายประเภท ได้แก่ มันแข็ง (back fat) มันเปลวหรือไขมันบริเวณรอบไต (leaf fat) ไขมันบริเวณไหล่ (shoulder fat) ไขมันบริเวณคอ (neck fat) และเศษไขมันที่ตัดแต่งที่ได้ จากส่วนต่างๆ ซึ่งไขมันวัวที่ได้นั้นมักจะมีกลิ่นเฉพาะตัวและค่อนข้างมีกลิ่นแรง จึงจำเป็นที่จะต้องนำไปกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์บางส่วนออกไปก่อนการนำไปใช้งาน โดยการนำไปแยกส่วนของแข็งคือ ไขมันสเตียริก (stearin) และส่วนของเหลวคือ น้ำมันโอเลอิก (oleic) ออกจากกัน โดยส่วนของน้ำมันโอเลอิกที่ได้จากการแยกส่วนจะมีกลิ่นคล้ายกับเนยเหลว สามารถนำไปใช้ในการทำมาร์การีน เนยเทียม หรือใช้ทดแทนไขมันนมในผลิตภัณฑ์ขนมหวานได้ ส่วนของไขมันสเตียริก สามารถนำไปใช้ในการทำเนยขาวได้

ภาพที่ 2.2 น้ำมันวัวหรือไขมันวัว (tallow)

การสกัดไขมันวัวออกจากมันเนื้อเยื่อไขมันเพื่อให้ได้ไขมันวัวที่มีคุณภาพสูงนั้น ต้องใช้อุณหภูมิความร้อนต่ำ ซึ่งจะทำให้ได้ไขมันวัวที่มีลักษณะเป็นสีขาว และมีคุณภาพสูง ส่วนการสกัดไขมันวัวที่ใช้อุณหภูมิความร้อนสูง หรือใช้ระยะเวลาในการสกัดนานเกินไป ไขมันวัวที่สกัดได้จะมีลักษณะคล้ำ มีสีเหลืองอมน้ำตาล และมีกลิ่นไหม้ ซึ่งถือว่าเป็นไขมันวัวที่มีคุณภาพต่ำ แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของการสกัดไขมันวัวควรสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เพื่อสามารถยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปส แต่หากใช้อุณหภูมิสูงเกินไป หรือใช้เวลาสกัดนานเกินไปอาจทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันมากขึ้น โดยไขมันวัวที่ใช้บริโภคที่มีคุณภาพดีนั้นไม่ควรพบเอนไซม์ไลเปส (lipase) เนื่องจากเอนไซม์ชนิดนี้จะไฮโดรไลซ์ไขมันให้แตกตัวเป็นไขมันอิสระและกลีเซอรอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันคุณภาพดีต้องมีกรดไขมันอิสระไม่เกินร้อยละ 0.5 ในรูปของกรดโอเลอิก การป้องกันการเกิดกรดไขมันอิสระสามารถทำได้โดยการสกัดน้ำมัน/ไขมันออกจากเนื้อเยื่อไขมันให้เร็วที่สุด

น้ำมันและไขมันมีคุณสมบัติทางกายภาพแตกต่างกันเนื่องจากชนิด และ/หรือปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบภายในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 จุดหลอมเหลวของไขมันจะมีค่าสูงหรือต่ำนั้น ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ จุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะลดลงเมื่อกรดไขมันมีจำนวนพันธะคู่น้อยลง ไขมันพืช เช่น น้ำมันรำข้าวมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น กรดไขมันลิโนเลอิก (C18:2) ในปริมาณมากกว่าไขมันสัตว์ เช่น ไขมันหมู และไขมันวัวอย่างเห็นได้ชัด แต่ไขมันสัตว์มีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวเช่น กรดไขมันปาล์มมิติก (C16:0) และกรดไขมันสเตียริก (C18:0) สูงกว่าในไขมันพืชถึง 2 เท่า และ 10 เท่า ตามลำดับ อีกทั้งในไขมันสัตว์ยังมีปริมาณของกรดไขมันไมริสติก (C14:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันสายกลาง (C10-C14) ที่ช่วยส่งเสริมให้ระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดเพิ่มสูงขึ้น (Temme และคณะ, 1997) มากกว่าไขมันพืช ค่าไอโอดีนเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความไม่อิ่มตัวของไขมัน ไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง มักมีค่าไอโอดีนสูงด้วย และมีจุดหลอมเหลวของไขมันต่ำ ไขมันพืช เช่น น้ำมันรำข้าว มีค่าไอโอดีนประมาณ 99-108 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม ในขณะที่ไขมันสัตว์ซึ่งมีความอิ่มตัวสูงกว่า เช่น น้ำมันหมู มีค่าไอโอดีนประมาณ 53-77 กรัมไอโอดีน/ไขมัน 100 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันวัวเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว

ปริมาณกรดไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	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: นิธิยา, 2548

ตารางที่ 2.4 คุณลักษณะสำคัญของน้ำมันวัวเปรียบเทียบกับน้ำมันหมูและน้ำมันรำข้าว

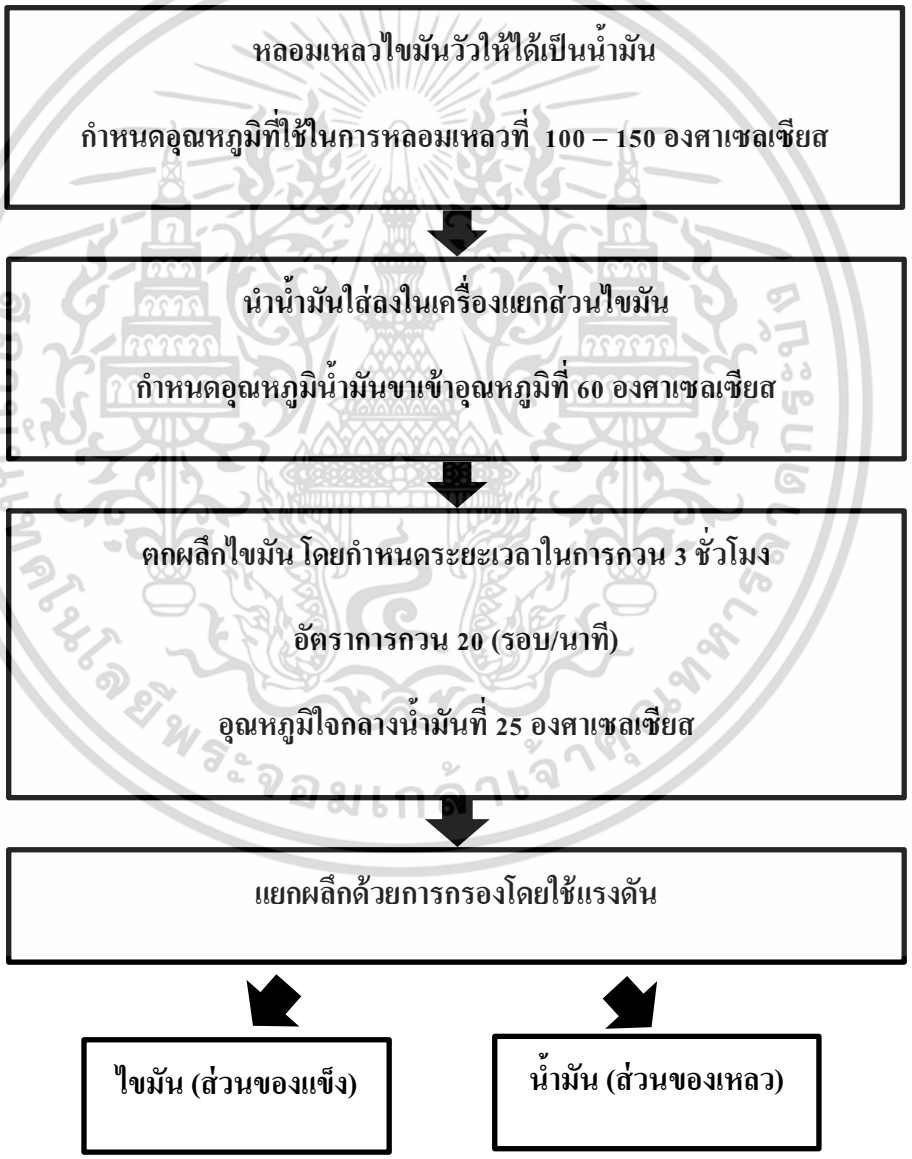
	น้ำมันวัว	น้ำมันหมู	น้ำมันรำข้าว
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	40-48	33-45	-
ความถ่วงจำเพาะ (ที่ 25 องศาเซลเซียส)	0.860-0.870	0.858-0.864	0.910-0.921
ค่าการหักเหแสง (ที่ 25 องศาเซลเซียส)	1.454-1.458	1.459-1.461	1.470-1.473
ค่าซาปอนนิฟิเคชัน (saponification) (มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์/กรัม)	190-199	190-202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

ที่มา: นิธิยา, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การแยกส่วนไขมัน

การแยกส่วนไขมันเป็นกรรมวิธีการดัดแปรไขมัน เพื่อให้มีคุณภาพเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ (Defoum และคณะ, 1981) ซึ่งกระบวนการแยกส่วนไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวออกจากกัน ประกอบไปด้วยการตกผลึก (crystallization) และการแยกผลึก (separation) ปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการแยกส่วนไขมันนั้น ได้แก่ อัตราการทำความเย็น อัตราการหมุนเหวี่ยง อุณหภูมิสุดท้ายของไขมันที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี และคุณลักษณะทางกายภาพของไขมัน (พรรษมล และคณะ, 2552) โดยขั้นตอนการแยกส่วนไขมันแสดงดังภาพที่ 2.3

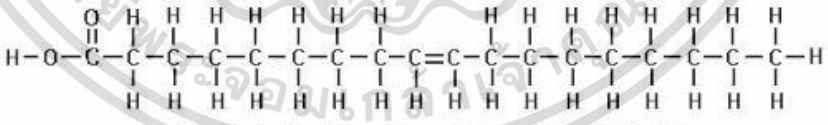


ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการแยกไขมันทางกายภาพ

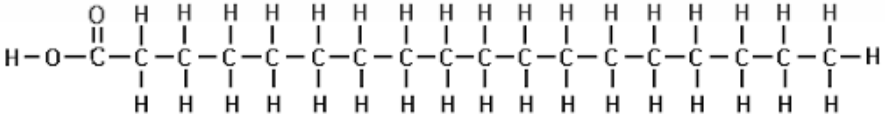
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตกผลึกไขมันโดยใช้อุณหภูมิต่ำ (dry fractionation) เป็นวิธีการแยกส่วนที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันบริโภคมากที่สุด เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำและวิธีการผลิตที่ไม่ซับซ้อน (Bussey และคณะ, 1981; สุมาลัย และคณะ, 2532) โดยการอาศัยเทคนิคการหลอมเหลวไขมันในอุณหภูมิสูง แล้วให้ความเย็นเพื่อให้ไขมันเกิดการตกผลึก ก่อนที่จะนำส่วนไขมันแข็งออกจากส่วนของน้ำมันเหลว ไขมันและน้ำมันมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์เป็นหลัก ซึ่งเป็นสารประกอบแอสเทอร์ระหว่างกลีเซอรอล 1 โมล กับกรดไขมัน 3 โมล โดยเฉพาะน้ำมันจะมีกรดไขมันหลายชนิด อาทิเช่น กรดไขมันชนิดอิ่มตัว และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ทำให้น้ำมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพที่แตกต่างกันออกไป โดยไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงสามารถตกผลึกกลายเป็นของแข็งแยกตัวออกมาได้ก่อน ซึ่งเรียกส่วนของผลึกไขมันนี้ว่า สเตียริน (stearin) ส่วนไตรกรีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำสามารถตกผลึกแยกส่วนได้ในภายหลังโดยเรียกส่วนของเหลวที่ได้จากการแยกผลึกนี้ว่า โอเลอิก (oleic) ดังแสดงโครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันทั้ง 2 ชนิดในภาพที่ 2.4

การแยกผลึก (crystal separation) เป็นการแยกผลึกไขมันออกจากน้ำมัน โดยผลึกที่เกิดขึ้นจะถูกแยกได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การกรองแบบสุญญากาศ (vacuum filtration) การกรองด้วยความดัน (pressure filtration) และการหมุนเหวี่ยง (centrifugation) โดยความบริสุทธิ์ของผลึกและขนาดของผลึกเป็นปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาในการเลือกใช้วิธีการในการแยกผลึกแบบต่างๆ เนื่องจากผลึกไขมันยังคงกักเก็บน้ำมันไว้ภายในโครงสร้างผลึก (entrapment) ซึ่งทำให้การแยกผลึกเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ แต่การใช้ตัวทำละลายในการแยกส่วนสามารถลดปัญหานี้ได้



Oleic Acid- Monounsaturated Fatty Acid



Stearic Acid

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของกรดไขมันโอเลอิกและกรดไขมันสเตียริก

ที่มา: http://www.foodnetworksolution.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เนยขาว

เนยขาว (shortening) คือ ไขมันหรือน้ำมันที่นำมาผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวให้เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (plastic fat) โดยเนยขาวสามารถผลิตได้จากน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ หรืออาจใช้น้ำมันพืชผสมกับไขมันสัตว์ก็ได้ (นิธิยา, 2548)

ภาพที่ 2.5 เนยขาว (shortening)

การผลิตเนยขาวสามารถทำให้เนยขาวมีเนื้อสัมผัสอ่อนหรือแข็งได้ ขึ้นอยู่กับระดับการเติมไฮโดรเจน โดยเนยขาวส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นของแข็งแต่เนื้อนุ่ม มีความหนืดสูง เนยขาวนั้นยังมีความแตกต่างกันที่ชนิดของไตรกลีเซอรอลซึ่งเป็นส่วนประกอบอยู่ในไขมันหรือน้ำมันที่นำมาผลิตเนยขาว ซึ่งทำให้เนยขาวมีจุดหลอมเหลวที่แตกต่างกันออกไป เนยขาวที่ดีจะต้องอยู่ในลักษณะของแข็งที่อุณหภูมิช่วงกว้าง ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ ส่วนเนยขาวที่อยู่ในลักษณะของแข็งในอุณหภูมิช่วงแคบและมีจุดหลอมเหลวต่ำนั้น เหมาะสำหรับทำขนมที่ต้องทอด เนื่องจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดลักษณะเหนียวเยิ้ม โดยทั่วไปเนยขาวสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความแข็ง – อ่อน ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 เนยขาวชนิดแข็ง

เป็นเนยขาวที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนอย่างสมบูรณ์ โดยกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบนั้นเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวทั้งหมด มีสถานะเป็นของแข็ง ความคงตัวสูง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเนยขาวชนิดนี้จะค่อยๆ อ่อนตัวลง และเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงจะสามารถกลับมาเป็นลักษณะของแข็งได้เหมือนเดิม โดยกระบวนการผลิตจะมีการเติมอิมัลซิไฟเออร์หรือไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์ก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาดและการนำไปใช้ประโยชน์

2.4.2 เนยขาวชนิดอ่อน

เป็นเนยขาวที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนเพียงบางส่วน หรือได้จากการผสมเนยขาวชนิดแข็งกับเนยขาวชนิดเหลวแล้วทำการเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงไปเพื่อช่วยให้มีความคงตัวที่ดีขึ้น

2.4.3 เนยขาวชนิดเหลว

เป็นเนยขาวที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น หรืออาจไม่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน เนยขาวชนิดนี้จะอยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิหนึ่งตามความต้องการเท่านั้น เมื่อลดอุณหภูมิลงเนยขาวชนิดนี้จะกลับมาลักษณะเป็นของแข็งเหมือนเดิม

2.4.4 เนยขาวชนิดผง

เป็นเนยขาวชนิดแข็งที่นำมาทำให้เป็นผง อาจมีการผสมกับสารอื่นที่ไม่ใช่ไขมันและเติมอิมัลซิไฟเออร์ลงไป โดยเนยขาวชนิดผงจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบประมาณ 50 – 82 เปอร์เซ็นต์

ประโยชน์และการนำเนยขาวไปใช้งาน

เนยขาวสามารถใช้ทดแทนไขมันในการทอดอาหาร เช่น น้ำมันพืช เนย หรือไขมันจากสัตว์ ซึ่งการทอดด้วยเนยขาวนั้นจะทำให้อาหารมีลักษณะไม่ฉ่ำน้ำมัน กรอบยาวนานขึ้น และไม่มีกลิ่นหืนง่าย สำหรับการนำเนยขาวไปใช้ในอุตสาหกรรมการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบนั้นมีการนำเนยขาวมาเป็นส่วนผสมในการทำเค้ก คุกกี้ แพนเค้ก บิสกิต ขนมปัง โรล และพาย โดยหน้าที่ที่สำคัญของเนยขาวในผลิตภัณฑ์ขนมอบ คือ ช่วยอุ้มอากาศ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 นิยามคำศัพท์เฉพาะ

ไขมัน หมายถึง สารประกอบหลายชนิดซึ่งมีลักษณะร่วมกันคือ ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ แต่ไม่ละลายน้ำ ไขมันในทางเคมี คือ ไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งเป็นไตรเอสเทอร์ของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน สถานะของไขมันที่อุณหภูมิห้องมีทั้งของแข็งและของเหลว ขึ้นอยู่กับโครงสร้างและองค์ประกอบของไขมันนั้น โดยทั่วไป "น้ำมัน" ใช้กับไขมันที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง และ "ไขมัน" หมายถึง ไขมันที่เป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ส่วนคำว่า "ลิพิด" หมายถึงไขมันทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็ง ไขมันในอาหารนั้น คือการที่สารอาหารชนิดนี้เป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นเช่น กรดไลโนเลอิก และ กรดไลโนเลนิก ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโต โดยรักษาสมดุลของผิวหนัง และควบคุมการเผาผลาญคอเลสเตอรอลของร่างกาย ไขมันยังมีหน้าที่ในการลำเลียงและการดูดซึมของวิตามินชนิดที่ละลายในไขมันได้แก่ วิตามินเอ, วิตามินอี และวิตามินเค รวมทั้งแคโรทีนอย (นิธิยา, 2548)

ไขมันทรานส์ หมายถึง กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่บริเวณพันธะคู่มีการจัดเรียงตัวของไฮโดรเจนอะตอมอยู่ตรงกันข้าม สามารถพบได้ทั้งในธรรมชาติ และจากกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนลงในน้ำมัน โดยไขมันทรานส์จากธรรมชาติ พบได้ในเนื้อวัว ควาย ซึ่งเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้อง และไขมันทรานส์จากกระบวนการเติมไฮโดรเจนบางส่วนลงไปในน้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งน้ำมันที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวจะเรียกว่า Partially Hydrogenated Oil ทำให้น้ำมันที่อยู่ในสภาพของเหลวเปลี่ยนเป็นไขมันที่มีสภาพแข็งขึ้นหรือเป็นของกึ่งเหลว พบในอุตสาหกรรมเนยเทียม (margarine) หรือเนยขาว (shortening) ซึ่งไขมันดังกล่าวจะหืนช้า และมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยองค์การเกษตรและอาหารแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization, FAO) แนะนำปริมาณสูงสุดในการบริโภคไขมันทรานส์ต้องไม่เกิน 1% ของค่าพลังงานต่อวัน (หรือประมาณ 2 กรัมต่อวัน หรือประมาณ 0.5 กรัมต่อหน่วยบริโภค) อย่างไรก็ตาม FAO ยังแนะนำปริมาณสูงสุดในการบริโภคไขมันอิ่มตัว ที่ไม่เกิน 10% ของค่าพลังงาน (หรือประมาณ 20 กรัมต่อวัน หรือประมาณ 5 กรัมต่อมื้อ) ไว้ด้วย เนื่องจาก ตระหนักว่าไขมันทั้งสองประเภทยังเป็นสาเหตุหลักของโรคหัวใจและหลอดเลือด (สำนักอาหาร, 2561)

เนย หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากส่วนที่เป็นไขมันของนมซึ่งผ่านกรรมวิธีการผลิตและอาจเติมวิตามินหรือวัตถุอื่นใดที่จำเป็นต่อกรรมวิธีการผลิต โดยเนยต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังนี้ ไม่มีกลิ่นหืน มีมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของน้ำหนัก มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยได้ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ได้ไม่เกินร้อยละ 4 ของน้ำหนัก มีน้ำได้ไม่เกินร้อยละ 16 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

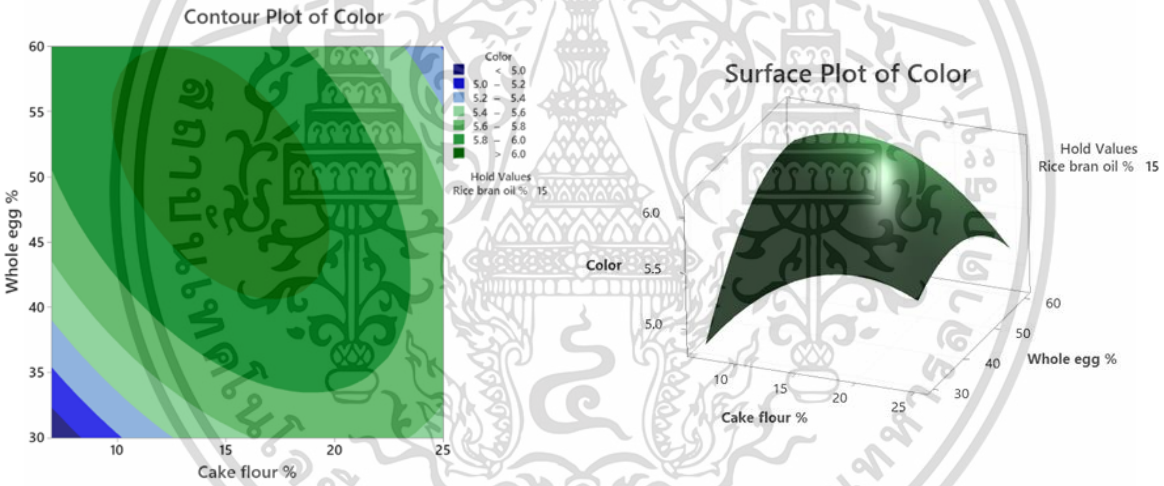
น้ำหนัก ไม่มีวัตถุกันเสีย ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอัตรายต่อสุภาพ และตรวจพบสารปนเปื้อนจากตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อเนย 1 กิโลกรัม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 227, 2544)

เนยขาว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไขมัน (fat) หรือน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) เพื่อตีครีมทำเค้ก ผสมกับแป้งทำเปลือกพัฟ หรือเปลือกพาย ทำให้แป้งกระจายไม่เกาะตัวกันแน่น และใช้เป็นไขมันสำหรับการทอด (frying oil) โดยลักษณะเนื้อสัมผัสของเนยขาวจะขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างเช่น ปริมาณของผลึกไขมันแข็ง ซึ่งเนยขาวจะสามารถคงรูปร่างได้เมื่อมีปริมาณผลึกไขมันแข็งเริ่มต้นที่ร้อยละ 5 และแข็งแรงขึ้นเมื่อปริมาณผลึกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งปริมาณผลึกไขมันแข็งที่นิยมทำเนยขาวอยู่ที่ร้อยละ 15-25 ไขมันแข็งคือไตรกลีเซอร์ไรด์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลัก ความแข็งของไขมันจะขึ้นกับชนิดของไตรกลีเซอไรด์ โดยไตรกลีเซอไรด์ชนิดที่มีกรดไขมันอิ่มตัว 3 โมเลกุล จะมีความแข็งแรงกว่าไตรกลีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัว 2 และ 1 โมเลกุล ตามลำดับ (นรินทร์ และคณะ, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM)

การออบแบบการทดลองแบบวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง หรือ response surface methodology (RSM) เป็นเทคนิคทางสถิติและคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาและกำหนดผลิตภัณฑ์ใหม่ (Montgomeny และ Raymobd, 2002; ธงชัย, 2555) โดยการนำความรู้หรือข้อมูลต่างๆ มาใช้ร่วมกับการวางแผนการทดลอง (experimental design) และการสร้างแผนภาพแบบเส้นจากตัวแปรต่างๆ ด้วยเทคนิคทางสถิติอีกเทคนิคหนึ่งที่ใช้แผนภาพแบบเส้นระดับ (contour plot) ในการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ จากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับค่าการตอบสนองนั้น ซึ่งสามารถอธิบายถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าที่ตอบสนองเมื่อระดับของปัจจัยเชิงปริมาณมีการเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งยังสามารถแสดงสภาวะที่เหมาะสมจากความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละปัจจัยที่สนใจพร้อมกันได้ (อนุวัตร, 2552)



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างกราฟโครงร่างและกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการศึกษาโดยใช้วิธีแสดงผลโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนองนั้น จำเป็นต้องมีการหาความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตามหรือค่าการตอบสนองของตัวแปรอิสระต่างๆ โดยการหาความสัมพันธ์หรือฟังก์ชันแบบสมการพอลิโนเมียล (polynomial) เช่น ลำดับที่หนึ่งหรือกำลัง ลำดับที่สองหรือกำลังสอง เป็นต้น โดยทั่วไปฟังก์ชั่นจะประมาณความสัมพันธ์แบบกำลังหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ดังแสดงในสมการที่ 1 (Montgomery, 1991)

$$y = \beta_0 + \beta_1\beta_1 + \beta_2\beta_2 + \cdots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

เมื่อ y คือ ตัวแปรตามหรือผลตอบสนองของการศึกษา

$\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ คือ ค่าพารามิเตอร์

$X_1, X_2, \ldots, X_k$ คือ ปัจจัยที่ทำการศึกษา

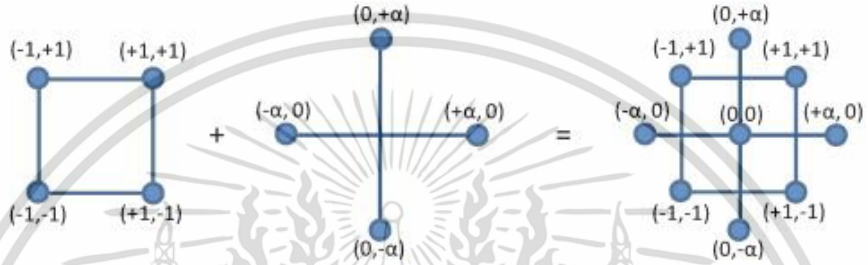
ε คือ ค่าคาดเคลื่อนจากการศึกษาผลตอบเสนอง

การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (central composite design; CCD) เป็นหนึ่งในวิธีการหาพื้นที่ผิวตอบสนอง นิยมใช้เพื่อหากระบวนการที่เหมาะสม โดยทั่วไปการออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนต่อไปนี้

1. ตำแหน่งการทดลองของ 2^k แฟกเทอเรียล เมื่อ k คือตัวแปรอิสระหรือปัจจัย เช่น ถ้า k ในที่นี้คือ ตัวแปรอิสระหรือปัจจัย 2 ตัวดังนั้น 2^2 จะมีตำแหน่งการทดลองทั้งหมด 4 ตำแหน่ง คือ (-1,1) (+1,-1) (+1,+1) (-1,+1)
2. ตำแหน่งการทดลองที่เพิ่มขึ้นมาอีก 4 ตำแหน่งคือตำแหน่งที่เป็นแนว $+\alpha$ หรือ $-\alpha$ ในแนวแกนที่เรียกว่า star point $(+\alpha,0)$ $(-\alpha,0)$ $(0,+\alpha)$ $(0,-\alpha)$
3. ตำแหน่งตรงกลางของพื้นที่การทดลองอีก 1 ตำแหน่งที่เรียกว่า ค่ากลาง (central point) (0,0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นการทดลองแบบการออกแบบประสมกลาง ที่มีตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร (k = 2) จะมีจำนวนการทดลองทั้งสิ้น $2^k + (2^k+1) = 2^2+5 = 9$ การทดลอง โดยที่ 2k จะมีตำแหน่งการทดลองคือ (-1,1) (+1,-1) (+1,+1) (-1,+1) และ (2k+1) จะมีตำแหน่งการทดลองทั้งหมด 5 การทดลองคือ (+α,0) (-α,0) (0,+α) (0,-α) และตำแหน่งค่ากลาง (0,0)



ภาพที่ 2.7 การออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (CCD)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Toldra และคณะ (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับนวัตกรรมการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเศษเหลือจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สรุปได้ว่า อุตสาหกรรมเนื้อสัตว์นั้นจะมีเศษซากเหลือจากการหั่น ตัด แต่ง เช่น ไขมัน ผิวหนัง กระดูก และเครื่องใน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของสัตว์ที่มีมูลค่าต่ำ และในบางประเทศไม่นิยมรับประทาน ทำให้มีการคงเหลืออยู่ในอุตสาหกรรมในปริมาณมาก โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้มีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเศษเหลือที่เกิดขึ้น รวมถึงมีการคำนึงถึงคุณสมบัติทางโภชนาการที่สำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับมนุษย์ และอาหารสัตว์เป็นต้น โดยในงานวิจัยของ Limmatvapirat (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบริโภคไขมันวัวต่อสุขภาพของผู้บริโภค สรุปได้ว่า ไขมันวัวประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ กรดไขมันลิโนเลอิก กรดไขมันลิโนเลนิด กรดไขมันอะราคิโดนิก กรดไขมันไอโคซาเพนทาอีโนอิก กรดไขมันโดโคซาเฮกซะอีโนอิก และกรดไขมันโดโคซาเฮกซาอีโนอิก นอกจากนี้ยังประกอบด้วยวิตามินหลากหลายชนิด ไขมันวัวมีความสำคัญต่อคุณภาพของเนื้อวัวและผลิตภัณฑ์จากเนื้อวัว เนื่องจากปริมาณไขมันวัวนั้นมีผลต่อเนื้อสัมผัส กลิ่น รส และคุณค่าทางอาหาร อีกทั้งไขมันวัวยังเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกายมนุษย์ ในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงคุณภาพของไขมันวัวให้มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตาม การรณรงค์ให้ผู้บริโภครับรู้ถึงอันตรายของไขมันทรานส์ที่พบในน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน และเข้าใจถึงประโยชน์ของการบริโภคไขมันสัตว์ในปริมาณที่เหมาะสมก็ยังคงเป็นสิ่งที่สำคัญ

การใช้ประโยชน์จากไขมันวัวอย่างมีประสิทธิภาพนั้น มีการศึกษาคุณลักษณะของไขมันแยกส่วนที่ได้จากไขมันส่วนหางแกะโดยใช้วิธีการแยกส่วนด้วยตัวทำละลายอะซิโตน ผลการทดลองพบว่าเมื่อลดอุณหภูมิในกระบวนการแยกส่วนลง จะส่งผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมัน คือมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นค่าไอโอดีน และ ดัชนีค่าการหักเหแสง (refractive index) ยังเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย โดยทั่วไปไขมันส่วนที่เป็นของแข็งจะมีปริมาณของกรดไขมันสายยาวมาก (กรดไขมันสเตียริน; stearin acid) และมีการสูญเสียกรดไขมันสายสั้น (กรดไขมันโอเลอิก; oleic acid) ซึ่งคุณลักษณะของไขมันแยกส่วนที่ได้มีลักษณะเป็นไขมันแข็งจุดหลอมเหลวสูง และมีคุณลักษณะของการหลอมเหลวเหมือนไขมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ทดแทน เนยขาว และเนยเทียม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำไขมันไปผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนเช่นกัน (Ünsal และคณะ, 2003) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rezaei และคณะ (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแยกส่วนไขมันวัวจากประเทศอิหร่าน และการประเมินคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพ พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแยกส่วนไขมันวัวจากประเทศอิหร่านคืออุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 22 ชั่วโมง โดยกรดไขมันที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดในไขมันวัวจากประทศอิหร่าน คือ กรดไขมันสเตียริน (stearin acid) กรดไขมันโอเลอิก (oleic acid) และ กรดไขมันปาล์มิติก (palmitic acid) โดยมีค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวเท่ากับ 36.80 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาการแยกส่วนไขมันพบว่าไขมันแข็งมีลักษณะทางกายภาพคลายกับเนยขาว จึงมีศึกษาเกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการขึ้นรูปต่อคุณสมบัติทางกายภาพของเนยขาว โดยทำการทดลองขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ 10, 23, 26.5 และ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 วัน และ 9 วัน หลังจากนั้นนำตัวอย่างการทดลองมาเก็บที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางกายภาพในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 5 จากการทดลองพบว่าค่าเนื้อสัมผัส (ค่าความแข็ง และค่าความแน่นเนื้อ) ของเนยขาวในทุกอุณหภูมิการขึ้นรูปที่สัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) โดยตัวอย่างเนยขาวที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 วัน และระยะเวลา 9 วัน มีค่าเนื้อสัมผัสสูงที่สุด (Moziar และคณะ, 1989)

การใช้ประโยชน์จากไขมันวัวแยกส่วนได้มีงานวิจัยของ Defouw และคณะ (1981) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไขมันวัวแยกส่วนในการทอดเฟรนช์ฟรายส์ โดยไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25, 35, 40 และ45 องศาเซลเซียส ถูกนำทอดเฟรนช์ฟรายส์ที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส โดยทอดติดต่อกันทั้งหมด 20 ครั้ง จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าทางกายภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด ผลการทดลองพบว่าค่าสีของน้ำมันที่ได้จากการแยกส่วนทุกอุณหภูมิการทอดลองเมื่อนำไปทอดเฟรนช์ฟรายส์มีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่การทอดครั้งแรก รวมทั้งค่าความหนืด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่าดัชนีการหักเหของแสงมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบรับประทานเฟรนช์ฟรายส์พบว่า เฟรนช์ฟรายส์ที่ทอดในน้ำมันจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการแยกส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส ค่ากลิ่น และรสชาติที่ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันเชิงพาณิชย์ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Osborn และ Akoh (2002) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการดัดแปลงไขมันวัวด้วยเอนไซม์เพื่อใช้ทดแทนโกโก้บัตเตอร์ สรุปได้ว่า การนำไขมันวัวซึ่งเป็นผลพลอยได้จากสัตว์มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมขนมหวานเพื่อลดต้นทุนและทดแทนโกโก้บัตเตอร์นั้นมีความเป็นไปได้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของไขมันวัวและโกโก้บัตเตอร์นั้นมีองค์ประกอบของกรดไขมันหลักเหมือนกันได้แก่ กรดไขมันปาล์มิติก กรดไขมันสเตียริก และกรดไขมันโอเลอิก ตามลำดับ รวมถึงมีการศึกษาด้านอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวซึ่งจากผลการทดลองพบว่าไขมันวัวและโกโก้บัตเตอร์มีช่วงอุณหภูมิการหลอมเหลวเหมือนกัน อยู่ในช่วงระหว่าง 46 องศาเซลเซียส นอกจากนี้การใช้ไขมันวัวแยกส่วนจากงานวิจัยของ พสธร (2562) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉีดไขมันวัว โดยผลการศึกษาพบว่าไขมันวัวได้ถูกแยกเป็นส่วนของโอเลอิน (ของเหลว) และสเตียริน (ของแข็ง)โดยสภาวะที่ใช้ในการผลิตไขมันแยกส่วน ที่ความเร็ว 20 รอบต่อนาที และอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใจกลางของน้ำมัน 25 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ไขมันส่วนโอเลอิน ที่มีกรดโอเลอิก กรดปาล์มิติก และ กรดสเตียริก เท่ากับร้อยละ 39.37, 24.63 และ 7.84 ตามลำดับ โดยเป็นกรดไขมันอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว เท่ากับร้อยละ 39.77 และ 52.29 ตามลำดับ สำหรับการผลิตไขมันดัดแปรจากไขมันแยกส่วนที่ผลิตได้นั้น พบว่า ไขมันดัดแปรที่มีการผสมเลซิทินร้อยละ 2 จะมีความคงตัวที่สูง มีสีขาว และเมื่อนำไปฉีดในเนื้อโคขุนที่มีระดับการแทรกของไขมันที่น้อย ที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 พบว่า เนื้อที่ฉีดไขมันดัดแปรผสมเลซิทินร้อยละ 2 มีค่าแรงเฉือนที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตรควบคุม ($p>0.05$) อีกทั้งผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในด้าน สี ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นรสของเนื้อสเต็กที่ผ่านการฉีดไขมันดัดแปรที่ผสมเลซิทินร้อยละ 2 สูงกว่าสูตรที่มีการฉีดไขมันดัดแปรที่ผสมสารควบคุมร้อยละ3.2 (สูตรควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อเก็บรักษาเนื้อที่ฉีดไขมันวัวดัดแปรที่อุณหภูมิ -15 องศาเซลเซียส นาน 4 อาทิตย์พบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อวัวที่ฉีดไขมันดัดแปรผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) และมีค่า TBARS อยู่ในระดับที่ไม่แสดงถึงการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

ไขมันวัวที่ได้จากการเจียวเศษตัดแต่งเนื้อวัว จากสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ (แม็คบีฟ) อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ถูกนำมาผ่านกระบวนการแยกส่วนตามวิธีการที่คัดเลือกได้จากงายวิจัยของ พสธร (2562) โดยนำส่วนของแข็งที่ได้จากการแยกส่วนมาบรรจุในถุงพลาสติก ขนาดปริมาณ 1 กิโลกรัม และเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ณ คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนกว่าจะนำมาใช้ในการทดลอง

3.2 อุปกรณ์

บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร, 600 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร (Pyrex, Germany)
แท่งแก้ว (Pyrex, Germany)
เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Metler Toledo PB1502-L, Switzerland)
เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Metler Toledo ML204/01, Switzerland)
เตาไฟฟ้าให้ความร้อน (IKA C-MAG HS7, Germany)
อินฟราเรดเทอร์โมมิเตอร์ (Fluke 62Max, USA)
ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Accuplus I250-S, Thailand)
ตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (Haier HCF428H-2, Thailand)
ถาดสแตนเลส ขนาด 58 เซนติเมตร × 42 เซนติเมตร × 2 เซนติเมตร (Zebra, Thailand)
แม่พิมพ์ซิลิโคน ลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 3 เซนติเมตร × 4 เซนติเมตร × 1.5 เซนติเมตร

3.3 เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

เครื่องวัดค่าสี (Minolta Chroma-meter CR400, Japan)
เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems TA.XT plus, UK)
เครื่องวัดค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (Metler Toledo DSC2 STAR® System, Switzerland)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมตัวอย่างไขมันวัวแยกส่วน

ไขมันวัวเมื่อผ่านกระบวนการเจียวเพื่อกรองเอาเฉพาะส่วนของน้ำมัน และนำไปผ่านกระบวนการแยกส่วนตามวิธีการของ พสธร (2562) ในข้อ 3.1 จะได้ส่วนของแข็ง และส่วนของเหลว โดยนำส่วนของแข็งปริมาณ 1 กิโลกรัมไปบรรจุในถุงพลาสติก ปิดปากถุงให้สนิท ก่อนนำใส่กล่องโฟมรักษาอุณหภูมิเพื่อเตรียมขนย้ายจากสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ (แม็คบีฟ) อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มายังคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ใช้ระยะเวลาในการขนย้ายตัวอย่างการทดลองประมาณเวลาทั้งหมด 4 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส โดยตัวอย่างไขมันวัวแยกส่วนได้ถูกนำมาตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ก่อนเริ่มการทดลองหรือตรวจสอบคุณภาพ

3.4.2 การตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไขมันวัวแยกส่วน

3.4.2.1 การวิเคราะห์ค่ากรดไขมัน

นำไขมันวัวแยกส่วนจากข้อ 3.4.1 มาวิเคราะห์ค่ากรดไขมัน (fatty acid analysis) โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography) (ดัดแปลงจาก Shun และ Yun, 2011) เตรียมตัวอย่างให้เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมัน Fatty acid methyl ester (ดัดแปลงจาก AOAC Official Method 991.39) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ได้แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ก รายงานผลองค์ประกอบของกรดไขมันในหน่วยเปอร์เซ็นต์ อ้างอิงวิธีการทดลองของ พสธร (2562)

3.4.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างก่อนนำไปวิเคราะห์ คือนำไขมันวัวแยกส่วนจากข้อ 3.4.1 มาหลอมในบีกเบอร์โดยการให้ความร้อนบนเตาให้ความร้อน (hot plate) เพื่อให้ไขมันวัวแยกส่วนละลายเป็นของเหลวทั้งหมด จากนั้นเทใส่พิมพ์ซิลิโคนลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3 เซนติเมตร × 4 เซนติเมตร × 1.5 เซนติเมตร พักขึ้นรูปในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่งโมง และนำมาพักต่อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาวิเคราะห์ค่าสีของไขมันวัวแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดค่าสีด้วยระบบ L*a*b* ของตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Chorma-meter CR400, Japan) โดยให้หัววัดสีแนบกับตัวอย่างไขมันวัวแยกส่วน ทาบหัววัดให้สนิทกับตัวอย่าง บันทึกค่า L*a*b* ที่ได้ (วัดค่า 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง) อ้างอิงและดัดแปลงวิธีการของ Krause และคณะ (2008)

3.4.2.3 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส

นำไขมันวัวแยกส่วนจากข้อ 3.4.1 มาเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ดังวิธีการเดียวกันกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.2 จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของไขมันวัวแยกส่วน

ทำการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของไขมันวัวแยกส่วน ด้วยเครื่อง texture analyzer TA.HD.plus ที่มี load cell ขนาด 5 กิโลกรัม เลือกใช้หัวกดแบบทรงกระบอก (cylinder probe) ขนาด 5 mm (P/5) ตั้งค่าเครื่องด้วยการกำหนดเป็นโหมดการบีบอัด (compression mode) ด้วยความเร็วหัววัดก่อนทดสอบ (per-test speed) 1 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหัววัดระหว่างทดสอบ (test speed) 2 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหัววัดหลังการทดสอบ (post-test speed) 2 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางหัววัดจากจุด trigger 60% strain กำหนดจุดเริ่มทดสอบ (trigger) เป็นชนิด (type): auto, force 5 กรัม, time: 3.0 วินาที (วัดค่า 10 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง) อ้างอิงและดัดแปลงวิธีการของ Queirós และคณะ (2016)

3.4.2.4 การวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

นำไขมันวัวแยกส่วนจากข้อ 3.4.1 มาเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวด้วยวิธีการเดียวกันกับที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.2 จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน

ทำการวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน ด้วยเครื่อง differential scanning calorimetry (DSC) โดยชั่งตัวอย่างไขมันวัวแยกส่วน ปริมาณ 10 มิลลิกรัม ใส่ในจานอลูมิเนียม (aluminum pans) ขนาด 40 ไมโครลิตร ปิดฝาให้สนิท กำหนดอุณหภูมิในการวิเคราะห์ที่ -80 ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นคือ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงเพิ่มความร้อนขึ้น (heating) ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองโดยการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วน และบันทึกค่าอุณหภูมิสูงสุดของการหลอมเหลวไขมันเป็นค่าอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) อ้างอิงวิธีการของ Marikkar และคณะ (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า

นำไขมันวัวแยกส่วนจากข้อ 3.4.1 มาเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพกับเนยขาวทางการค้ายี่ห้อต่างๆ ที่มีวางจำหน่ายตามท้องตลาด จำนวนทั้งหมด 6 ยี่ห้อ ซึ่งคัดเลือกมาจากศูนย์จำหน่ายสินค้า แม็คโคร ฟูดเซอร์วิส สาขาศรีนครินทร์ กรุงเทพมหานคร โดยวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพซึ่งประกอบไปด้วย การวัดค่าสี ดังวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัส ดังวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.3 การวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมัน ดังวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.4 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย analysis of variance (ANOVA) รวมถึงวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

3.4.4 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)

วางแผนการทดลองโดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (response surface methodology; RSM) ร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบประสมกลาง (central composite design; CCD) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วน โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (X_1) และระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (X_2) กำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดของปัจจัยที่ศึกษาอยู่ในช่วง ($-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับ (นาที)				
	-α (-1.41)	ต่ำ (-1)	กลาง (0)	สูง (+1)	+α (+1.41)
ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (X_1)	35.40	60	120	180	206.60
ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (X_2)	17.70	30	60	90	102.30

โดยค่ากลาง (ระดับ 0) ถูกกำหนดจากผลการทดลองเบื้องต้นซึ่งเกิดจากการทดลองขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันแยกส่วนตามวิธีการของ Winger (2020) ส่วนค่าในระดับของปัจจัยอื่นๆ (-α, -1, 0, +1, +α) สามารถคำนวณได้จากสูตรการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 2

$$\chi_i = \frac{(X_i - X_o)}{\Delta X_i} \quad (2)$$

ความหมายของสัญลักษณ์

χ_i คือ ค่ารหัสข้อมูลของตัวแปรอิสระ

X_i คือ ค่าที่แท้จริงของตัวแปรอิสระ

X_o คือ ค่าที่แท้จริงของตัวแปรอิสระ ณ ค่ากลาง

ΔX_i คือ ผลต่างของการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล

จำนวนตัวอย่างการทดลองเพื่อใช้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ทั้งหมด 13 การทดลอง ได้แสดงในตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) ทั้งหมด 13 การทดลองถูกนำไปใช้ในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนตามระยะเวลาการขึ้นรูปของแต่ละปัจจัย โดยเนยขาวที่ได้ในแต่ละการทดลองถูกนำไปวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวดังวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.4 เพื่อใช้ในการหาสมการโมเดลการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ดีที่สุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สภาวะการทดลองการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM)

ลำดับการทดลอง	ปัจจัย	
	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (นาที)	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (นาที)
1	60 (-1)	90 (1)
2	180 (1)	30 (-1)
3	120 (0)	60 (0)
4	120 (0)	102.30 (1.41)
5	120 (0)	17.70 (-1.41)
6	120 (0)	60 (0)
7	120 (0)	60 (0)
8	35.40 (-1.41)	60 (0)
9	180 (1)	90 (1)
10	60 (-1)	30 (-1)
11	206.60 (1.41)	60 (0)
12	120 (0)	60 (0)
13	120 (0)	60 (0)

หมายเหตุ: ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บแสดงถึงระดับปัจจัยซึ่งอ้างอิงจากตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.1 การวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดลองจากการออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

3.4.4.1.1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสมการโมเดลถดถอยของค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนเป็นการตรวจสอบแหล่งผันแปรของแบบจำลองโดยพิจารณาจากค่า *p*-value ของเทอมต่างๆ ในตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้ เปรียบเทียบกับค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด โดยใช้โปรแกรม Minitab® (เวอร์ชั่น 16; IBM, Pennsylvania, USA) ในการวิเคราะห์

3.4.4.1.2 การสร้างสมการการทำนาย

สมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวจากปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ถูกสร้างโดยการนำค่าวิเคราะห์อุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการทดลองจริงของทั้ง 13 สภาวะการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.2 กรอกลงในโปรแกรม Minitab® (เวอร์ชั่น 16; IBM, Pennsylvania, USA) ซึ่งโปรแกรมจะทำการสร้างสมการโมเดลถดถอยดังแสดงในสมการที่ 3 เพื่อใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวในแต่ละสภาวะการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนต่อไป

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 - b_3X_1^2 - b_4X_2^2 - b_5X_1X_2 \quad (3)$$

เมื่อ Y คือ ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

b_0 คือ ค่าคงที่

b_1, b_2, b_3, b_4, b_5 คือ ค่าสัมประสิทธิ์

X_1 คือ ปัจจัยด้านระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

X_2 คือ ปัจจัยด้านระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

X_1X_2 คือ ปัจจัยด้านระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส กับระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4.1.3 การสร้างกราฟโครงร่างและกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง

กราฟโครงร่างและกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยที่ใช้ในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน ซึ่งคือระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณภูมิ 25 องศาเซลเซียสนั้น ถูกสร้างขึ้นภายหลังจากที่โปรแกรม Minitab® (เวอร์ชั่น 16; IBM, Pennsylvania, USA) ได้สร้างสมการโมเดลถดถอยเรียบร้อยแล้ว โดยกราฟนี้สามารถนำมาใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (factor) และค่าตอบสนอง (response) ให้เห็นภาพชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3.4.4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

สภาวะในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่เหมาะสม ถูกดำเนินการโดยใช้ฟังก์ชั่น response optimizer จากโปรแกรม Minitab® (เวอร์ชั่น 16; IBM, Pennsylvania, USA) ความน่าเชื่อถือและความเป็นไปได้ของสภาวะที่เหมาะสมจากโปรแกรมที่ได้สามารถประเมินได้จากค่าความพึงพอใจรวมของผลตอบสนอง (composite desirability: D) โดยค่า D มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 หากค่า D มีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับ 1 หมายความว่าค่าตอบสนอง (response) นั้นมีความพึงพอใจอยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด

3.4.4.2.1 การทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

ทำการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากฟังก์ชั่น response optimizer เพื่อทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนาย ดังแสดงในตารางที่ 3.3 จากนั้นนำตัวอย่างที่ขึ้นรูปได้ตามสภาวะที่เหมาะสมนั้นไปวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว ดังวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.4 ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการทดลองจริงได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าคำนวณที่ได้จากสมการการทำนาย เพื่อวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของสมการการทำนายสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากฟังก์ชั่น response optimizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากฟังก์ชั่น response optimizer

ลำดับการทดลอง	ปัจจัย	
	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (นาที)	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (นาที)
1	206.60	102.30
2	206.60	102.30
3	206.60	102.30

3.4.4.3 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

กำหนดสภาวะการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน โดยการเลือกระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไม่ให้ซ้ำกับสภาวะการทดลองในตารางที่ 3.2 (หัวข้อ 3.4.4) โดยระยะเวลาที่เลือกในการขึ้นรูปแต่ละอุณหภูมินั้นต้องไม่เกินจากช่วงระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 เพื่อใช้ในการทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนาย สภาวะที่ใช้ในการทวนสอบทั้งหมด 5 สภาวะ ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ทำการทดลองขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนตามสภาวะดังกล่าว และวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวที่ได้ ดังวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2.4 ค่าวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลองจริงจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าคำนวณที่ได้จากสมการการทำนาย (วัดค่า 3 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

ลำดับการทดลอง	ปัจจัย	
	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (นาที)	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (นาที)
1	30	95
2	50	50
3	90	45
4	150	80
5	195	20

3.4.5 การประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในอุตสาหกรรมบริการอาหาร

ไขมันวัวแยกส่วนถูกนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนยขาวตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3.4.4 จากนั้นนำเนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนไปใช้ในการทอดเนื้อสเต็กเพื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสเต็กที่ทอดแบบปกติที่ไม่ใช้เนยขาว ประเมินค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสของเนื้อสเต็กทั้ง 2 แบบ โดยการทดสอบแบบ 7-points hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 40 คน (n = 40) โดยเป็นผู้ทดสอบที่นิยมรับประทานเมนูสเต็กเนื้อ คุณลักษณะที่ทำการประเมินการยอมรับจากผู้บริโภคได้แก่ สี กลิ่น รส ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความชุ่มฉ่ำ และการยอมรับโดยรวม ดำเนินการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส ณ ร้านแมคบีฟ สาขามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้ทดสอบนั้นได้รับการแนะนำให้ชะล้างกลิ่นรสในปากด้วยการกลั้วปากด้วยน้ำสะอาดก่อนการประเมินตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อเนื้อสเต็กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้เปรียบเทียบกับเนื้อสเต็กที่ทอดแบบปกติ ด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของข้อมูลโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วย analysis of variance (ANOVA) รวมถึงเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นของไขมันวัวแยกส่วน

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในไขมันวัวแยกส่วน

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ (fatty acid composition) ในไขมันวัวแยกส่วนที่ใช้เป็นวัตถุดิบในงานวิจัยนี้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าชนิดของกรดไขมันที่พบสูงสุดในไขมันวัวแยกส่วน ประกอบไปด้วย กรดไขมันปาล์มิติก (C16:0) พบอยู่ที่ 30.41±0.14 เปอร์เซ็นต์, กรดไขมันโอเลอิก (C18:1) พบอยู่ที่ 29.70±0.08 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันสเตียริก (C18:0) พบอยู่ที่ 13.94±0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Zheng และ Hanna (1996); Karikkar และคณะ (2002); Jin และคณะ (2007); Rezaei และคณะ (2013) ที่พบว่าองค์ประกอบหลักของไขมันวัวประกอบไปด้วยกรดไขมันปาล์มิติก (C16:0) กรดไขมันโอเลอิก (C18:1) และกรดไขมันสเตียริก (C18:0) ตามลำดับ

นอกจากนี้ปริมาณของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acid: SFA) และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid: USFA) ในไขมันวัวแยกส่วนพบอยู่ที่ 53.96±0.28 เปอร์เซ็นต์ และ 38.95±0.09 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อัน (monounsaturated fatty acids: MUFA) และกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อัน (polyunsaturated fatty acids: PUFA) ในไขมันวัวแยกส่วนพบอยู่ที่ 37.19±0.09 เปอร์เซ็นต์ และ 1.76±0.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าปริมาณกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในไขมันวัวแยกส่วนจากงานวิจัยนี้มีค่าแตกต่างจากงานวิจัยฉบับอื่นๆ (Rezaei และคณะ 2013; Pongpaew และคณะ 2018) เนื่องจากตัวอย่างไขมันวัวแยกส่วนในงานวิจัยนี้นั้นได้ผ่านกระบวนการแยกกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวบางส่วนออกไปบ้างแล้ว ดังนั้นจึงส่งผลให้ไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากงานวิจัยนี้มีปริมาณของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่า ทำให้มีความคงตัวและเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการทำไฮโดรจิเนชั่นในเนยขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมันในไขมันวัวแยกส่วนที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเนยขาว

สูตรย่อโครงสร้างทางเคมี	ชื่อชนิดของกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (เปอร์เซนต์)
C12:0	กรดลอริก (Lauric acid)	0.51 ± 0.01
C14:0	กรดไมริสติก (Myristic acid)	7.58 ± 0.01
C14:1	กรดไมริสโทเลอิก (Myristoleic acid)	2.11 ± 0.02
C15:0	กรดเพนตะคิคาโนอิก (Pentadecanoic acid)	0.57 ± 0.00
C16:0	กรดปาล์มิติก (Palmitic acid)	30.41 ± 0.14
C16:1	กรดปาล์มิโทเลอิก (Palmitoleic acid)	4.35 ± 0.03
C17:0	กรดมาร์การิก (Margaric acid)	4.35 ± 0.03
C17:1	กรดเฮปตะเดคาโนอิก (Heptadecenoic acid)	0.68 ± 0.00
C18:0	กรดสเตียริก (Stearic acid)	13.94 ± 0.12
C18:1 cis-9	กรดโอเลอิก (Oleic acid)	29.70 ± 0.08
C18:2 tran-6	กรดอัลฟาลิโนเลอิก (α - Linolenic acid)	1.25 ± 0.01
C18:2 cis-6	กรดลิโนเลอิก (Linoleic acid)	0.51 ± 0.01
C20:1	กรดอีโคซิโนอิก (Eicosenoic acid)	0.35 ± 0.00
C22:1 cis-9	กรดอีรูซิก (Erucic acid)	0.00 ± 0.00
C20:4 cis-6	กรดอะราชิโดนิก (Arachidonic acid)	0.00 ± 0.00
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว; Saturated fatty acids (SFA)		53.96 ± 0.28
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว; Unsaturated fatty acids (USFA)		38.95 ± 0.09
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อัน; Monounsaturated fatty acids (MUFA)		37.19 ± 0.09
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อัน; Polyunsaturated fatty acids (PUFA)		1.76 ± 0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน ประกอบไปด้วย การวัดค่าสี (L*a*b*) การวัดค่าเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) และการวัดค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมัน ผลการวิเคราะห์พบว่า ไขมันวัวแยกส่วนที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 79.78±0.23 ค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ -3.72±0.02 และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 5.26±0.04 ค่าเนื้อสัมผัสโดยการวัดค่าความแน่นเนื้อ (firmness) มีค่าเท่ากับ 357.86±9.91 กรัม.แรง และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง differential scanning calorimetry (DSC) มีค่าเท่ากับ 48.27 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วน

คุณลักษณะทางกายภาพ	ค่าที่วิเคราะห์ได้
ค่าสี	
L*	79.78±0.23
a*	-3.72±0.02
b*	5.26±0.04
ค่าเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ; กรัม.แรง)	357.86±9.91
ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	48.27

Queirós และคณะ (2016) ได้ทำการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของเนยหลังจากถูกแช่แข็งเป็นเวลา 75 นาที มีค่าเท่ากับ 375.83±8.29 ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับค่าเนื้อสัมผัสของไขมันวัวแยกส่วน สำหรับค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lo และ Handel (1983); Marikkar และคณะ (2001) ซึ่งรายงานว่าค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวมีค่าเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส นอกจากนี้งานวิจัยของ Rezaei และคณะ (2013); Dahimi และคณะ (2014) รายงานว่าค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวที่ยังไม่ได้ผ่านการแยกส่วนมีค่าเท่ากับ 36.80 องศาเซลเซียส และเมื่อผ่านการแยกส่วนเป็นของแข็งแล้ว ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีค่าสูงขึ้นเท่ากับ 45.90 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยนี้ เนื่องจากตัวอย่างการทดลองในงานวิจัยนี้ได้ผ่านกระบวนการแยกเอาส่วนน้ำมันออกไปแล้ว โดยส่วนน้ำมันที่แยกออกไปนั้นมีองค์ประกอบของกรดไขมันโอเลอิกสูง จึงทำให้ตัวอย่างการทดลองมีองค์ประกอบของกรดไขมันสเตียริกสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกรดไขมันสเตียริกจัดอยู่ในกลุ่มของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว มีความคงตัวต่อความร้อนได้สูงกว่ากรดไขมันโอเลอิก (นิธิยา, 2548) ทำให้ลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีลักษณะเป็นของแข็ง

หากพิจารณาค่าคุณภาพในด้านการประเมินค่าสี พบว่าค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีแดง (a*) ของไขมันวัวแยกส่วนจากการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างเนยที่ผลิตจากไขมันนม (Krause และคณะ, 2007) แต่อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของตัวอย่างเนยนั้นมีค่าสูงกว่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.28 สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Queirós และคณะ (2016) ที่พบว่าค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเนยมีค่าสูงเช่นเดียวกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.02±0.82 สาเหตุอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบในนมวัวที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเนยนั้นมีแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดง-สีส้ม (นิธิยา, 2548) จึงส่งผลทำให้ค่าสีเหลือง (b*) ที่วิเคราะห์ได้ในผลิตภัณฑ์จากนมวัวมีค่าไปในทางบวก ซึ่งอยู่ในทิศทางของสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้าที่มีวางจำหน่ายถูกนำมาวิเคราะห์ค่าคุณลักษณะทางกายภาพ ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมัน ค่าคุณภาพที่ได้จากการวิเคราะห์เหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อแบ่งกลุ่มของเนยขาวทางการค้าได้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 กลุ่มโดยใช้เกณฑ์ค่าเนื้อสัมผัสในการแยกกลุ่มเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดย กลุ่มที่ 1 คือ ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ A มีค่าความแน่นเนื้อเนื้อเท่ากับ 46.70±0.42 กรัม.แรง ลักษณะเนื้อสัมผัส มีความอ่อนนุ่ม นิยมนำไปใช้ในการทำครีมแต่งหน้าเค้ก กลุ่มที่ 2 คือ ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ B มีค่าความแน่นเนื้อเนื้อเท่ากับ 72.72±1.59 กรัม.แรง ลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายคลึงกับเนยขาวกลุ่มที่ 1 นิยมนำไปใช้ในการทำครีมแต่งหน้าเค้กเช่นกัน กลุ่มที่ 3 คือ ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ C และผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ D มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 123.01±2.40 กรัม.แรง และ 110.97±0.46 กรัม.แรง ตามลำดับ ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนยขาวทั้ง 2 ยี่ห้อนี้สามารถคงตัวเป็นก้อนแข็งได้มากกว่าเนยขาวกลุ่มที่ 1 และ 2 จึงถูกนำไปใช้งานได้หลากหลาย นิยมนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ กลุ่มที่ 4 คือ ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ E มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 308.13±27.54 กรัม.แรง มีลักษณะเป็นก้อนแข็ง นิยมใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบ และใช้ในการทอดอาหาร และกลุ่มที่ 5 คือ ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ F ค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 514.07±13.14 กรัม.แรง มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากที่สุด นิยมนำมาใช้ในการทอดโดนัท หรือทอดอาหารต่างๆ เนื่องจากไขมันกลุ่มนี้มีคุณลักษณะทนความร้อนได้สูง และเมื่อทอดอาหารทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน อาหารที่ผ่านการทอดยังมีความกรอบ และไม่อมน้ำมัน (นิธิยา, 2548)

สำหรับการเปรียบเทียบค่าสีของเนยขาวทางการค้าพบว่าค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วงระหว่าง 76.65±0.32 ถึง 91.32±0.31 โดยเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ F มีค่าความสว่างมากที่สุด ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a*) อยู่ในช่วงระหว่าง -3.39±0.14 ถึง -1.37±0.02 โดยเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ D มีค่าความเป็นสีแดงมากที่สุด และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วงระหว่าง 2.30±0.06 ถึง 8.01±0.17 โดยเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ A มีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด

การเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวทางการค้าทั้ง 6 ยี่ห้อ พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 44.83 องศาเซลเซียส ถึง 54.80 องศาเซลเซียส โดยเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ E มีค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวสูงสุด และเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ F มีค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวต่ำสุด

เมื่อนำข้อมูลค่าเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) ค่าสี และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้าทั้ง 6 ยี่ห้อ (5 กลุ่ม) มาเปรียบเทียบกับไขมันวัวแยกส่วนจากงานวิจัยนี้ พบว่า ไขมันวัวแยกส่วนมีค่าความแน่นเนื้ออยู่ระหว่างค่าความแน่นเนื้อของเนยขาวกลุ่มที่ 4 และ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นกลุ่มของเนยขาวที่มีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในระดับสูง เนื่องจากเนยขาวที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนอย่างสมบูรณ์จะมีลักษณะและความแข็งสูง และองค์ประกอบกรดไขมันเป็นชนิดอิ่มตัว จึงส่งผลให้มีสถานะเป็นของแข็ง และมีความคงตัวสูง (Ghotra และคณะ, 2002) สำหรับค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนนั้น พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับเนยขาวกลุ่มที่ 3 (เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ C) และเนยขาวกลุ่มที่ 5 (เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ F) ซึ่งโดยปกติแล้วคุณสมบัติที่ดีของการใช้เนยขาวสำหรับการทอดอาหารนั้น ควรมีค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวต่ำ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันเมื่อต้องทอดอาหารในความร้อนสูงเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้อาหารมีกลิ่นหืนได้ (นิธิยา, 2548) ในส่วนของการเปรียบเทียบค่าสีพบว่า ไขมันวัวแยกส่วนมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ B, D และ E ค่าความเป็นสีแดง (a*) ใกล้เคียงกับเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ E และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับเนยขาวทางการค้ายี่ห้อ D, E และ F ซึ่งสีของไขมันวัวแยกส่วนและเนยขาวทางการค้าจะขึ้นอยู่กับสารสีที่ปนอยู่ในวัตถุดิบ โดยคุณภาพเนยขาวที่ดีจะมีสีอ่อนกว่าเนยขาวสีเข้ม (นิธิยา, 2548)

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า เนยขาวทางการค้าแต่ละยี่ห้อนั้น มีลักษณะสอดคล้องกันกับการแบ่งกลุ่มของเนยขาวทางการค้า ด้วยการวัดค่าเนื้อสัมผัส โดยเนยขาวกลุ่มที่ 1 เนยขาวกลุ่มที่ 2 และเนยขาวกลุ่มที่ 3 มีลักษณะอ่อนนุ่ม เนื้อเนียนมากกว่าเนยขาวกลุ่มที่ 4 และ 5 ซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง เมื่อทำการตัดแบ่งสามารถแตกหักเป็นก้อนได้ง่าย ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับไขมันวัวแยกส่วนทางด้านสีเมื่อมองด้วยตาเปล่าสามารถเห็นได้ชัดเจนว่าไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีความเป็นสีเหลืองมากกว่าเนยขาวทางการค้าทั้ง 6 ยี่ห้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าสี ค่าเนื้อสัมผัส และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า

กลุ่มที่	ตัวอย่างการทดลอง (ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า)	ค่าสี			ค่าเนื้อสัมผัส	ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว
		L*	a*	b*	ความแน่นเนื้อ (กรัม.แรง)	(องศาเซลเซียส)
1	A	85.41±0.04^{d}	-2.42±0.06^{c}	8.01±0.17^{e}	46.70±0.42^{a}	54.43
2	B	76.65±0.32^{a}	-3.34±0.12^{b}	2.30±0.06^{a}	72.72±1.59^{b}	51.84
3	C	86.47±0.28^{d}	-2.12±0.02^{d}	7.80±0.04^{e}	123.01±2.40^{c}	48.99
3	D	82.52±0.22^{c}	-1.37±0.02^{e}	4.32±0.18^{b}	110.97±0.46^{c}	51.20
4	E	81.27±0.83^{c}	-3.39±0.14^{b}	7.42±0.28^{d}	308.13±27.54^{d}	54.80
5	F	91.32±0.31^{e}	-2.22±0.05^{cd}	7.38±0.06^{d}	514.07±13.14^{f}	44.83
-	ไขมันวัวแยกส่วน	79.78±0.23^{b}	-3.72±0.02^{a}	5.26±0.04^{c}	357.86±9.91^{e}	48.27

หมายเหตุ:

ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ A

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ B

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ C

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ D

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ E

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ F

ไขมันวัวแยกส่วน

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า 6 ยี่ห้อและไขมันวัวแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาปัจจัยและสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง response surface methodology (RSM) ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน โดยออกแบบการทดลองแบบ central composite design (CCD) ปัจจัยที่นำมาศึกษามี 2 ปัจจัย คือ ระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (X_1) และ ระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (X_2) การทดลองทั้ง 13 การทดลองถูกออกแบบโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (RSM) จากโปรแกรม Minitab® (เวอร์ชั่น 16; IBM, Pennsylvania, USA) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่ได้จากสภาวะการทดลองจริงทั้ง 13 การทดลอง ถูกนำไปใช้คำนวณสมการการทำนาย โดยสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากโปรแกรมแสดงในสมการที่ 4

$$Melting\ point\ (℃) = 45.80 + 0.0283X_1 + 0.0327X_2 - 0.000132X_1^2 - 0.000318X_2^2 - 0.000085X_1X_2 \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน ในแต่ละสภาวะการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลองโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

ลำดับการทดลอง	ปัจจัย		ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	
	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (นาที)	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (นาที)	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากสมการการทำนาย
1	60	90	47.21	46.93
2	180	30	47.02	46.85
3	120	60	47.31	47.50
4	120	102.30	46.06	46.27
5	120	17.70	47.35	47.59
6	120	60	48.09	47.50
7	120	60	47.14	47.50
8	35.40	60	46.95	47.27
9	180	90	45.75	45.60
10	60	30	47.87	47.56
11	206.60	60	45.65	45.77
12	120	60	47.47	47.50
13	120	60	47.49	47.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

4.3.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสมการโมเดลถดถอยของค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

สมการโมเดลถดถอยที่ใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนนั้นสามารถวิเคราะห์ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ANOVA) ดังแสดงตารางที่ 4.5 จากข้อมูลในตารางสรุปได้ว่าสมการโมเดลถดถอยที่ได้มีความน่าเชื่อถือ เนื่องจากค่า *p*-value ของโมเดล มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 รวมถึงค่า *p*-value ของ Lack of fit มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงถึงความเหมาะสมในการนำสมการโมเดลถดถอยนี้มาใช้ทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

ตารางที่ 4.5 ตารางการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของสมการโมเดลถดถอยของค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน (Analysis of Variance (ANOVA))

Source	Sum of square	Degree of freedom	Mean square	F–value	*p*–value	Significance of fitted quadratic regression
Model	5.99231	5	1.19846	8.76	0.006	Significance
Error	0.95752	7	0.13679			
Lack-of-fit	0.44272	3	0.14757	1.15	0.432	Not significance
Pure error	0.51480	4	0.12870			
Total	6.94983	12				
Coefficient of determination *p*-sq = 86.22% ; Adjusted R-sq = 76.38%						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการโมเดลถดถอยเพื่อใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

สัมประสิทธิ์ของสมการโมเดลถดถอยเพื่อใช้ในการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน ดังแสดงตารางที่ 4.6 จากข้อมูลในตารางพบว่าความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านระยะเวลาการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิที่ -18 องศาเซลเซียส ทั้งแบบความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear) และ ความสัมพันธ์พหุนามกำลัง 2 (square) นั้นมีค่า *p*-value น้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส มีอิทธิผลต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน แต่อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทั้งแบบ ความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear) และความสัมพันธ์พหุนามกำลัง 2 (square) รวมทั้งปัจจัยแบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (interaction) นั้นไม่ส่งผลกับค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสมการโมเดลถดถอยโดยวิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง

Term	Coefficient	T-value	*p*-value
Constant	45.80	41.71	0.000**
Linear			
Time (temp. -18°C)	0.0283	2.50	0.041*
Time (temp. 25°C)	0.0327	1.43	0.197
Square			
Time (temp. -18°C) * Time (temp. -18°C)	-0.000132	-3.44	0.011*
Time (temp. 25°C) * Time (temp. 25°C)	-0.000318	-2.03	0.082
2-way interaction			
Time (temp. -18°C) * Time (temp. 25°C)	-0.000085	-0.82	0.437
S = 0.369849 R-sq = 0.862 ; Adjusted R-sq = 0.764			

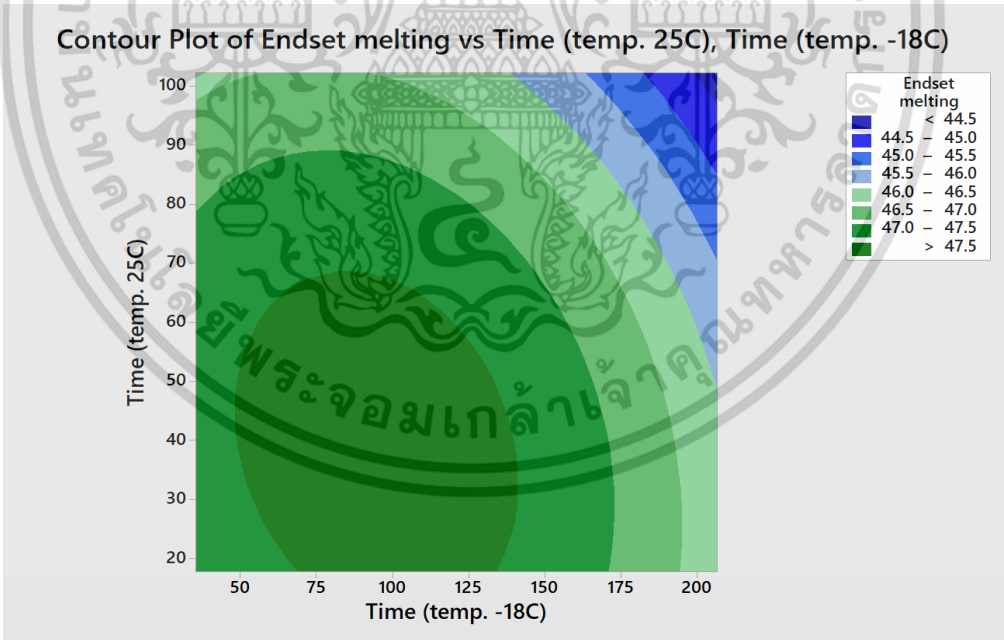
* $p\leq0.05$ บ่งชี้ว่ามีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** $p\leq0.01$ บ่งชี้ว่ามีความสำคัญอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

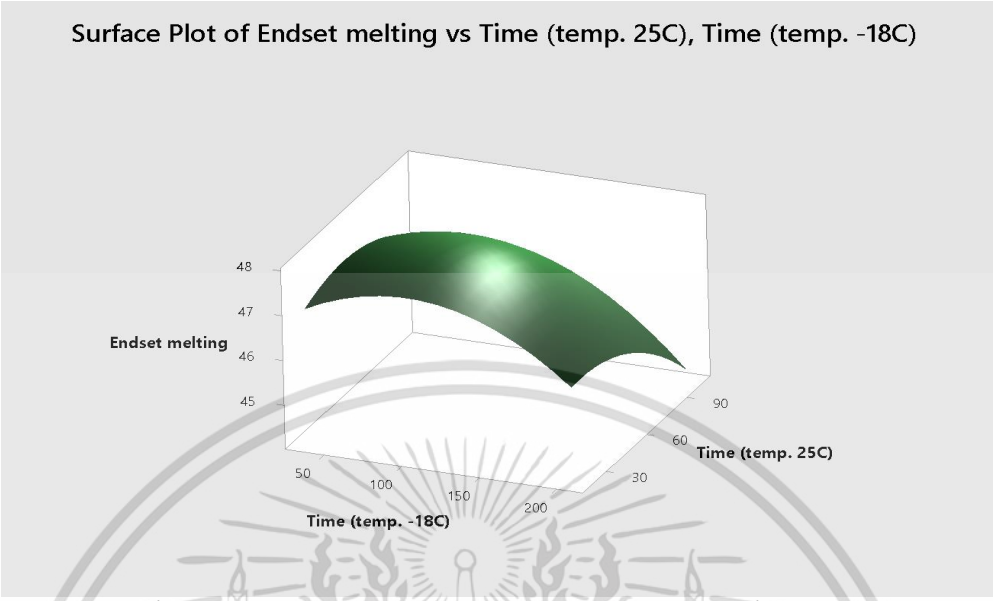
4.3.1.3 การวิเคราะห์กราฟโครงร่างและกราฟพื้นที่ผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขวันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียสต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

อิทธิผลระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนสามารถอธิบายได้โดยกราฟโครงร่าง และกราฟพื้นที่ผิวตอบสนอง ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ ข้อมูลจากกราฟสามารถสรุปได้ว่า ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาการขึ้นรูปของเนยขาวทั้ง 2 อุณหภูมิการขึ้นรูป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jin และคณะ (2007); Meng และคณะ (2010) ได้ศึกษาการเกิดผลึกในเนยขาวจากไขมันวัวได้อธิบายไว้ว่าการใช้อุณหภูมิต่ำในการขึ้นรูปเนยขาวนั้นทำให้เกิดผลึกที่มีขนาดเล็ก รวมถึงการเพิ่มระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวนั้นทำให้เนยขาวจากไขมันวัวสามารถละลายได้ง่าย จึงส่งผลให้ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 4.2 กราฟโครงร่างระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

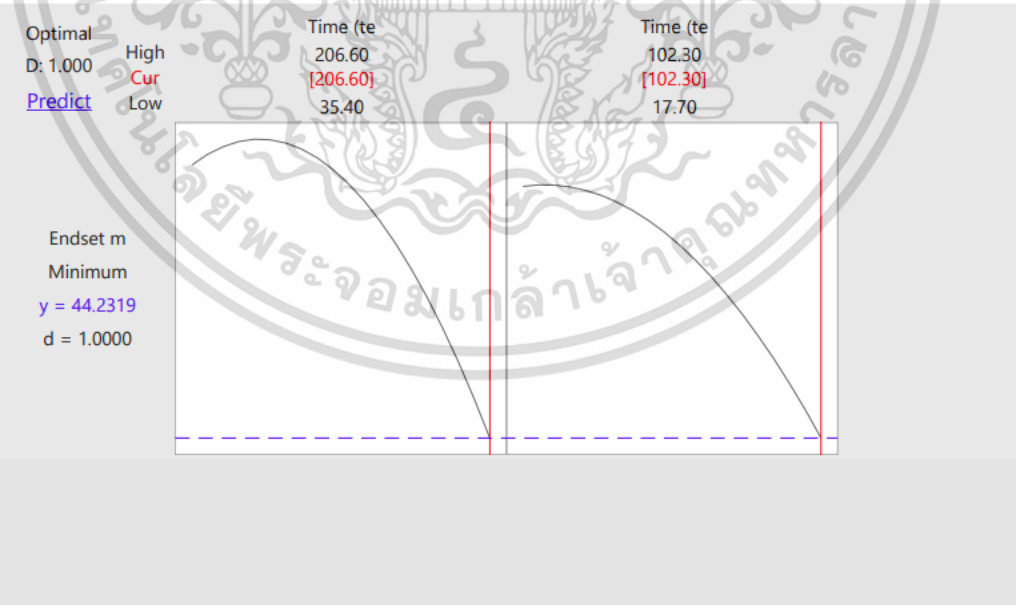


ภาพที่ 4.3 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยด้านระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัว แยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสต่อค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการคำนวนโดยฟังก์ชั่น response optimizer

ปัจจัยในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน คือ ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนนั้นถูกดำเนินการโดยการใช้ฟังก์ชั่น response optimizer ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากการคำนวณโดยโปรแกรมพบว่า การขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 206.60 นาที และการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 102.30 นาที เป็นสภาวะการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวมีค่าต่ำสุด ดังแสดงในภาพที่ 4.3 จากสภาวะการขึ้นรูปเนยขาวดังกล่าวนั้นส่งผลให้ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว มีค่าเท่ากับ 44.23 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการทอดอาหาร เนื่องจากน้ำมันหรือไขมันที่ใช้ในการทอดอาหารควรมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อหลีกเหลี่ยงการใช้อุณหภูมิสูงมากเกินไปในการทอดอาหาร รวมถึงเป็นการป้องกันการสลายตัวเป็นควันระหว่างการทอดอาหาร (นิธิยา, 2548) นอกจากนี้ค่าความพึงพอใจรวมของผลตอบสนอง (composite desirability: D) ที่ได้จากโปรแกรมมีค่าเท่ากับ 1 (ค่า D มีค่าอยู่ช่วงระหว่าง 0-1) ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากหากค่า D มีค่าเข้าใกล้ หรือเท่ากับ 1 แสดงว่า ผลตอบสนอง (response) ที่ได้จากการกำหนดค่าปัจจัยเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดได้รับความพึงพอใจอย่างสมบูรณ์



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงการทำนายระยะเวลาที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และ 25 องศาเซลเซียส จากฟังก์ชั่น response optimizer โปรแกรม Minitab® (เวอร์ชั่น 16; IBM, Pennsylvania, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.1 การทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากการคำนวณด้วยโดยฟังก์ชั่น response optimizer

ผลการทวนสอบสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้ จากการคำนวณด้วยโปรแกรม โดยฟังก์ชั่น response optimizer แสดงดังตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการทดลองจริง และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการคำนวณโดยสมการการทำนาย พบว่า ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากสมการการทำนายมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการทดลองจริงตามสภาวะการทดลองที่กำหนด โดยมีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนประมาณร้อยละ 5 จากทั้ง 3 การทดลอง ซึ่งค่าร้อยละความคาดเคลื่อนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10 นั้นเป็นการยืนยันความน่าเชื่อถือของสมการที่ได้จากโปรแกรม (ศกลธน, 2556; กมลฉัตร และคณะ, 2562)

ตารางที่ 4.7 การทวนสอบค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนในสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากฟังก์ชั่น response optimizer

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)		ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (นาที)	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (นาที)	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากสมการการทำนาย	
1	206.60	102.30	46.23	44.23	4.51
2	206.60	102.30	46.70	44.23	5.58
3	206.60	102.30	46.66	44.23	5.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

ผลการทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนทั้ง 5 สภาวะการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการทดลองจริง และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการการทำนายที่ได้จากโปรแกรม พบว่า ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วนจากทุกสภาวะการทดลองที่นำมาใช้ทวนสอบนั้นมีเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงร้อยละ 0.76 ถึง 2.07 ซึ่งค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10 นั้นเป็นการยืนยันได้ว่าสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวที่ผลิตจากไขมันวัวแยกส่วน มีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมในการใช้งาน (ศกลธน, 2556; กมลฉัตร และคณะ, 2562)

ตารางที่ 4.8 การทวนสอบความถูกต้องของสมการการทำนายค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน

ลำดับการทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		ค่าอุณหภูมิการหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)		ค่าความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)
	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส (นาที)	ระยะเวลาในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (นาที)	ค่าจากการทดลอง	ค่าจากการทำนาย	
1	38	95	46.61	46.22	0.85
2	50	50	47.51	46.77	1.56
3	90	45	47.76	47.40	0.76
4	150	80	46.64	47.60	2.07
5	195	20	46.49	45.72	1.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในอุตสาหกรรมบริการอาหาร

ไขมันวัวแยกส่วนถูกนำมาขึ้นรูปตามสภาวะที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 4.3 คือที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 206.60 นาที และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 102.30 นาที เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนในการนำไปใช้ทอดเนื้อสเต๊ก โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ 4.9

จากการทดสอบพบว่าผู้ทดสอบสามารถแยกความแตกต่างระหว่างเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยการใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวและไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้นั้น ได้รับคะแนนคุณลักษณะด้านความชุ่มฉ่ำ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าเนื้อสเต๊กที่ไม่ได้ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วน ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเนื้อสเต๊กที่ไม่ได้ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้นั้น มีความแห้ง แข็ง และกระด้าง ส่วนคุณลักษณะทางด้านสี กลิ่น และรสชาติ ของเนื้อสเต๊กทั้ง 2 ตัวอย่างนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้กับเนื้อสเต๊กที่ไม่ได้ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาว ($p>0.05$) นอกจากนี้ผู้ทดสอบบางกลุ่มได้ให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า การใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนมาใช้ทอดเนื้อสเต๊กสามารถเพิ่มรสชาติของเนื้อสเต๊กให้มีความกลมกล่อมมากขึ้น เนื่องจากในไขมันวัวแยกส่วนมีโปรตีนไฮโดรไลเซต (protein hydrolysates) ดีแอล-เมทไธโอนีน (DL-methionine) แอล-ซีเทอีน (L-cysteine) น้ำตาลกูโคส (glucose) และ น้ำตาลไซโลส (xylose) เมื่อถูกความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) จึงทำให้มีกลิ่นรสที่ดีขึ้น (Chai และคณะ, 2017) แต่อย่างไรก็ตามได้มีความคิดเห็นจากผู้ทดสอบบางกลุ่มที่เห็นว่าเนื้อสเต๊กที่มีการทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีรสชาติคาว และเกิดความรู้สึกเลี่ยนเมื่อรับประทานในปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบ 7-points hedonic scale (n=40) โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนในการทอดเนื้อสเต็กในเมนูสเต็กเนื้อ

คุณลักษณะ	ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวในการทอด	ไม่ใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวในการทอด
สี^{ns}	5.85 ± 0.17	5.45 ± 0.18
กลิ่น^{ns}	5.55 ± 0.17	5.13 ± 0.21
รสชาติ^{ns}	5.53 ± 0.19	5.05 ± 0.19
ความชุ่มฉ่ำ	6.13 ± 0.16^{a}	5.15 ± 0.20^{b}
เนื้อสัมผัส	5.93 ± 0.14^{a}	5.20 ± 0.19^{b}
ความชอบโดยรวม	6.00 ± 0.12^{a}	5.35 ± 0.17^{b}

หมายเหตุ:

ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p>0.05)

ตัวอักษร a และ b ในแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล

จากการศึกษาการนำไขมันวัวแยกส่วนที่ได้จากเศษภายหลังจากการหั่น ตัด แต่ง ในอุตสาหกรรมแปรรูปโคเนื้อมาใช้ประโยชน์ พบว่า กรดไขมันที่พบเป็นองค์ประกอบหลักในไขมันวัวแยกส่วนคือ กรดไขมันปาล์มิติก กรดไขมันโอเลอิก และกรดไขมันสเตียริก ตามลำดับ โดยพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในปริมาณ 53.96±0.28 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในปริมาณ 38.95±0.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไขมันวัวแยกส่วนที่ได้มาวิเคราะห์คุณลักษณะด้านกายภาพพบว่า ไขมันวัวแยกส่วนมีค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 79.78±0.23 ค่าความเป็นสีแดง (a*) เท่ากับ -3.72±0.02 ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เท่ากับ 5.26±0.04 ค่าเนื้อสัมผัส (ความแน่นเนื้อ) เท่ากับ 357.86±9.91 กรัม/แรง และค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวเท่ากับ 48.27 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อนำค่าคุณลักษณะทางด้านกายภาพของไขมันวัวแยกส่วนมาเปรียบเทียบกับเนยขาวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจำนวน 6 ยี่ห้อ พบว่า ค่าความแน่นเนื้อและค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีค่าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้ายี่ห้อ F ซึ่งเป็นเนยขาวที่ใช้สำหรับการทอดอาหาร จากการทดลองนำไขมันวัวแยกส่วนที่ได้นี้มาศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนยขาวโดยใช้วิธีพื้นที่ผิวตอบสนอง (response surface methodology; RSM) พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเนยขาวจากไขมันวัวแยกส่วนที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ 206.60 นาที และ 102.30 นาที ตามลำดับ นำผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนตามสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมนี้ไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมบริการอาหารโดยการนำไปทอดกับเนื้อสเต็ก ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า สเต็กเนื้อที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนนั้นมีค่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสทางด้านเนื้อสัมผัสความชุ่มฉ่ำ และความชอบโดยรวมมากกว่าสเต็กเนื้อที่ไม่ได้ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วนอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กมลฉัตร วงศ์จินดา, ชญานุชต์ บุญสร้าง, ชณิดาภา รุ่งเรืองยศ. 2562. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทำละลายธรรมชาติต่อการสกัดกรดเฟอรูลิกจากรำข้าวโพด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรมปศุสัตว์. 2555. ประเภทของเนื้อโคไทย. [online]. เข้าถึงได้จาก : http://extension.dld.go.th/th1/index.php?option=com_content&view=article&id=203:2012-03-12-07-04-00&c atid=49:2012-03-05-10-24-38&Itemid=40. วันที่เข้าถึง 25 มิถุนายน 2561.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ธงชัย พุฒทองศิริ. 2555. Experimental designs in food research. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

นรินทร์ ทองศิริ, นุชรี เบญจานุวัตรา, วิชัย หฤทัยธนาสันติ์, ลำดวน เสวตมาลย์, กัลยา เสาหสงคราม, วินนา เหรียญสุวรรณ, สุมณฑา วัฒนสินธุ์, อุดม คมพยัคฆ์. 2551. เอกสารการสอนชุดวิชาผลิตภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 227 พ.ศ. 2544. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 118 ตอนพิเศษ 70ง ลงวันที่ 26 กรกฎาคม 2544.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 388 พ.ศ. 2561. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 135 ตอนพิเศษ 166ง ลงวันที่ 13 กรกฎาคม 2561.

ปรีชา อินนุรักษ์. 2546. โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน. [online]. เข้าถึงได้จาก : http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/Ku-research60/ku60/cow.html. เข้าถึงเมื่อ 26 มิถุนายน 2561.

พยุงศักดิ์ อินต๊ะวิชา. 2560. การผลิตลูกโคเนื้อคุณภาพ. [online]. เข้าถึงได้จาก : https://i4biz.nrct.go.th/download/ebook/10020.pdf เข้าถึงเมื่อ 25 มิถุนายน 2561.

พรรษมล ภิรมย์ศรี, วัชราพรรณ มณีพันธุ์เจริญ, ศิริประภา เทพประชา และริษธิณีย์ ศรีพันธุ์. 2552. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแยกส่วนไขมันวัว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พสธร ผ่องแผ้ว. 2562. การผลิตไขมันวัวที่มีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำและการประยุกต์ใช้ในการผลิตเนื้อฉีดไขมันวัว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พัชรา โกสิยานันท์. 2552. การแยกส่วนไขมันวัว และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มีทโลฟที่ใช้ไขมันวัวแยกส่วน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณวิมล คล้ายประดิษฐ์ และ มารุจ ลิมปะวัฒนะ. 2551. Trans fat and nutrition labeling. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยสยาม 1: 11-15.

ศกลธน ราโชกาญจน์. 2556. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากต้นข้าวโพดด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักอาหาร. 2561 แนวทางการปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารสุข เลขที่ 388 พ.ศ.2561 เรื่อง กำหนดอาหารที่ห้ามผลิต นำเข้า หรือจำหน่าย. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุข.

สุมาลัย ศรีกำไลทอง, พิสมัย เจนวนิชปัญจกุล, สมนึก อาษา และสุภัทรา มั่นสกุล. 2532. การพัฒนาเทคโนโลยีการแยกส่วนน้ำมันปาล์ม. วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี. ปีที่ 4 ฉบับ 4. พฤษภาคม-สิงหาคม.

อนุวัตร แจ้งชัด. 2552. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Agricultural economics research. 2018. Situation of important agricultural products and trends in 2019. Agricultural Economic Research Bureau, Office of Agricultural Economics, Bangkok, 182.

AOAC (Association of offical analytical chemistry). 2000. Office methods of analysis of AOAC international. Method 991.39. 26–28.

Osborn, H.T. and Akoh, C.C. 2002. Enzymatically modified beef tallow as a substitute for cocoa butter. *Journal of Food Science.* 67: 2480-2485.

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

Chai, Q., Karangwa, E., Duhoranimana, E., Zhang, X., Xia, S. and Yu, J. 2017. Tallow beef flavor effect of processing conditions and ingredients on 3-chloropropane-1, 2-diol esters genaeration and sensory characteristics. *European Journal of Lipid Science and Technology.* 1700337: 1-8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dahimi, O., Rahim, A.A., Abdulkarim, S.M., Hassan, M.S. Hashari, B.T.Z., Mashitoh, A.S. and Saadi S. 2014. Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration. *Journal of Food Chemistry.* 158: 132-138.

Defouw, C.L., Zabik, M.E. and Gray, J.I. 1981. Fractionations edible beef tallow as a deep-fat frying medium for french fries. *Journal of Food Science.* 46: 452-456.

Ghotra, B.S., Dyal, S.D. and Narine, S.S. 2002. Lipid shortenings: a review. *Journal of Food Research International.* 35: 1015-1048.

Jin, Q., Gao, H., Shan, L., Liu, L. and Wang, X. 2007. Study on grainy crystals in edible beef tallow shortening. *Journal of Food Research International.* 40: 909-914.

Krause, A.J., Miracle, R.E., Sanders, T.H., Dean, L.L. and Drake, M.A. 2007. The effect of refrigerated and frozen storage on butter flavor and texture. *Journal of Dairy Science.* 91: 455-465.

Limmatvapirat, C. 2019. Beef tallow consumption and health. *Journal of Chulabhorn Royal Academy.* 1: 19-37.

Lo, Y.C. and Handel, A.P. 1983. Physical and chemical properties of randomly interesterified blends of soybean oil and tallow for use as margarine oils. *Journal of The American Oil Chemists society.* 60: 815-818.

Marikkar, J.M.N., Ghazali, H.M., Man, Y.B.C. and Lai, O.M. 2002. The use of cooling and heating thermograms for monitoring of tallow lard and chicken fat adulterations in canola oil. *Journal of Food Research International.* 35: 1007-1014.

Marikkar, J.M.N., Lai, O.M., Ghazali, H.M., and Man, Y.B.C. 2001. Detection of lard and randomized lard as adulterants in refined-bleached-deodorized palm oil by differential scanning calorimetry. *Journal of The American Oil Chemists society.* 78: 1113-1119.

Meng, Z., Liu, F.L., Jin, Q.Z., Huang, J.H., Song, Z.H., Wang, F.Y. and Wang, X.G. 2010. Characterization of graininess formed in all beef tallow-based shortening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 58: 11463-11470.

Montgomery D. 2019. Design and analysis experiments, 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc.

Moziar, C., Deman, J.M. and Deman, L. 1989. Effect of tempering on the physical properties of shortening. *Journal of Canadian Institute of Food Science and Technology.* 22: 238-242.

Oscar, O.O. and Handel, A.P. 1985. Physical and chemical properties of randomly interesterified blends of corn oil and tallow. *Journal of Food Science.* 50: 1770-1771.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pongpaew, P., Klaypradit, W., Srikalong, P., Ingkasupart, P. and Kerdpibood, S. 2018. Fatty acid composition of 'Pon Yang Kham' beef tallow. ICoMST 2018.

Queirós, M.S., Grimaldi, R. and Gigante, M.L. 2016. Addition of olein from milk fat positively affects the firmness of butter. *Journal of Food Research International.* 84: 69-75.

Rezaei, F., Gharachorloo, M. and Azizinejad, R. 2013. Fractionation of Iranian beef tallow – chemical and physical evaluations of the fractions. *Journal of Food Biosciences and Technology.* 3: 37-40.

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.

Temme, E.H.M., Mensink, R.P. and Hornstra, G. 1997. Effect of medium chain fatty acids (MCFA), myristic acid and oleic acid on serum lipoproteins in healthy subjects. *Journal of Lipid Research.* 38: 1746-1754.

Toldra, F., Aristoy, M., Mora, L. and Reig, M. 2012. Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Journal of Meat Science.* 92: 290-296.

Unsal, M. and Aktas, N. 2003. Fractionation and characterization of edible sheep tail fat. *Journal of Meat Science.* 63: 235-239.

Winger, J. 2020. How to render tallow. [online]. Available: https://www.theprairiehomestead.com/2012/02/how-to-render-beef-tallow.html

Zheng, D. and Hanna, M.A. 1996. Preparation and properties of methyl esters of beef tallow. *Journal of Bioresource Technology.* 57: 137-142.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน

โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี (Gas Chromatography) ตามวิธีการของ Shun และ Yun (2011)

วิธีการเตรียมตัวอย่างให้เป็นอนุพันธ์ของกรดไขมัน Fatty acid methyl ester

รายละเอียด ดัดแปลงจาก AOAC Official Method 991.39

1. นำไขมันวัวมาละลายที่อุณหภูมิ 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 เพื่อแยกกากออกจากน้ำมันแล้วจึงนำไปวิเคราะห์คุณภาพโดยการชั่งน้ำหนักไขมันวัวแยกส่วนที่ละลายแล้ว 0.1 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลองที่ปิดฝาได้
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) ใส่ในขวดตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์แก๊สโครมาโทรกราฟี
8. การวิเคราะห์แก๊สโครมาโทรกราฟีของสารอนุพันธ์ของกรดไขมัน (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) สภาวะการแยกสารของแก๊สโครมาโทรกราฟีมีดังนี้ ส่วนต้นของคอลัมน์จะกำหนดให้มีอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส และคงที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียสไว้ที่ 15 นาที กำหนดวิธีการฉีดสารโดยวิธี split อัตราส่วน 30:1 อุณหภูมิของช่องฉีดสาร 260 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของเครื่อง Flame ionization detector 280 องศาเซลเซียส สารตัวอย่างปริมาตร 1 ไมโครลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

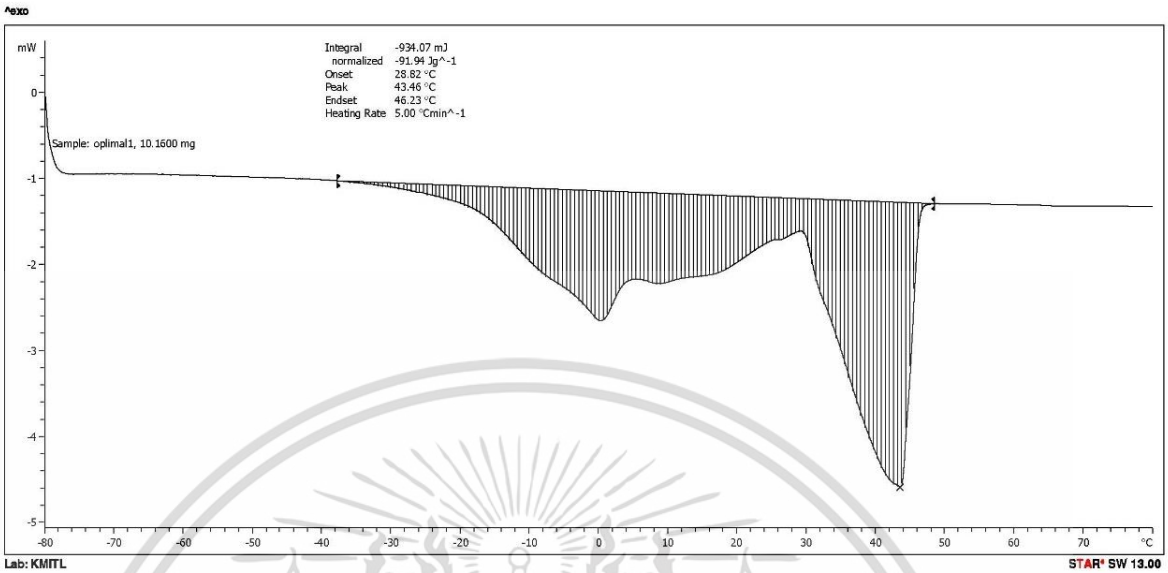
จะถูกฉีดเข้าที่ช่องฉีดสารโดยอัตโนมัติ ใช้แก๊สไนโตรเจนเป็นสารที่เคลื่อนที่ (mobile phase) ด้วยอัตราคงที่ที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที การวิเคราะห์โดยระบุว่าเป็นสารชนิดใดทำได้โดยใช้สารมาตรฐาน Supelco 37 component FAME mixture #18919 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) กรดไขมันที่ได้จะแสดงผลในรูปร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

กราฟแสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จาก เครื่อง differential scanning calorimetry (DSC) ของผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟตัวอย่างแสดงค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวที่ได้จาก
เครื่อง differential scanning calorimetry (DSC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัส และความชอบต่อเนื้อสเต๊กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินค่าการยอมรับทางประสาทสัมผัส และความชอบต่อนื้อสเต็กที่ทอดโดยใช้ผลิตภัณฑ์เนยขาวที่พัฒนาได้จากไขมันวัวแยกส่วน

ชื่อ..... **วันที่**.....

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

อายุ ☐ ต่ำกว่า 25 ปี ☐ 25-35 ปี ☐ 36-45 ปี ☐ 45 ปีขึ้นไป

ความถี่ในการรับประทานสเต็กเนื้อต่อสัปดาห์

☐ น้อยกว่า 1-2 ครั้ง ☐ 1-2 ครั้ง ☐ 3-4 ครั้ง ☐ มากกว่า 4 ครั้งขึ้นไป

ส่วนที่ 1 ทดสอบแบบวิธีการให้คะแนนความชอบ

คำชี้แจง: กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับการนำเสนอ แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคะแนนที่กำหนดให้ กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

1 = ไม่ชอบมาก 2 = ไม่ชอบปานกลาง 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

4 = เฉยๆ บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 5 = ชอบเล็กน้อย 6 = ชอบปานกลาง

7 = ชอบมาก

ปัจจัยและคุณลักษณะ	คะแนนความชอบ	
	รหัส.....	รหัส.....
สี		
กลิ่นหอมเนื้อย่างโดยรวม		
รสชาติ		
ความชุ่มฉ่ำ		
เนื้อสัมผัส		
ความชอบโดยรวม		

ข้อเสนอแนะ

……

……

ส่วนที่ 2 ทดสอบแบบวิธีเปรียบเทียบตัวอย่างคู่เพื่อหาความชอบ

คำชี้แจง: กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับการนำเสนอ แล้วให้เขียนวงกลมล้อมรอบหมายเลขตัวอย่างที่ท่านชอบมากที่สุด กรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่างทุกครั้ง

รหัส..... รหัส.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้าทั้งหมด 6 ยี่ห้อ

ผลิตภัณฑ์เนยขาวทางการค้า	ส่วนประกอบสำคัญ
A	- น้ำมันปาล์ม 100%
B	- น้ำมันปาล์มสเตียริน 40% - ไขมันปาล์มเมล็ดในผ่านกรรมวิธี 33% - น้ำมันปาล์ม 26% - อิมัลซิไฟเออร์ (INS475, INS471)
C	- น้ำมันปาล์ม 99.6%
D	- น้ำมันถั่งเหลือง 85% - น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี 5% - น้ำมันปาล์ม 5%
E	- น้ำมันปาล์มสเตียริน 92% - น้ำมันปาล์มเมล็ดในผสมน้ำมันมะพร้าว 7% - อิมัลซิไฟเออร์ (INS475, INS471)
F	- น้ำมันปาล์ม 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายพรชัย มะโนวรรณา
วัน เดือน ปีเกิด	1 พฤษภาคม 2530 ที่จังหวัดเชียงราย
ที่อยู่	99/200 หมู่ที่ 1 ถนนราชพฤกษ์ ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000 โทร.092-616-1987
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตร Advanced Diploma of Hospitality (commercial cookery), Evolution Hospitality Institute, Sydney NSW พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมอาหารและบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ประสบการณ์การทำงาน	
พ.ศ. 2559	Barista Naji's Charcoal Chicken & Kebabs shop 1/21 Firth St, Arncliffe NSW
พ.ศ. 2555 - 2558	Waiter/Bartender Nok Nok Thai Eating House Shop 9/1 Harbour Street, Darling Walk, Sydney NSW
พ.ศ. 2553 - 2555	Chef Chai Thai Restaurant Westfield Sydney Level 6, 188 Pitt St. Mall, Sydney NSW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้