



รายงานการวิจัย

กระบวนการผลิตน้ำมันไก่กึ่งแข็งจากไขมันช่องท้องไก่เพื่อการพาณิชย์

**Production of semi-solid chicken fat from abdominal chicken fat
for commercial**

พงษ์เทพ เกิดเนตร

Pongthep Kertnat

วิชุลดา ถาวโรจน์

Wichulada Thawaroj

รุ่งทิพย์ รัตนพล

Rungtip Rattanapon

คณะศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีพ.ศ. 2563

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การวิจัย เรื่อง กระบวนการผลิตน้ำมันไก่กึ่งแข็งจากไขมันช่องท้องไก่เพื่อการพาณิชย์ สามารถดำเนินการจนกระทั่งประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ และขอขอบคุณนักศึกษา นักวิทยาศาสตร์ รวมถึงคณาจารย์หลักสูตรสาขาวิชาอาหาร และโภชนาการ สาขาเกษตรศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ข้อเสนอแนะ และอำนวยความสะดวกด้านการวิเคราะห์ และใช้เครื่องวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท โฟรเซน มีท บาร์นจำกัด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบไขมันไก่สำหรับการวิจัย

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2563 เพื่อสนับสนุนการวิจัย

ท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจในการใช้ประโยชน์จากไขมันไก่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์เทพ เกิดเนตร และคณะ

มิถุนายน 2564

กระบวนการผลิตน้ำมันไก่กึ่งแข็งจากไขมันช่องท้องไก่เพื่อการพาณิชย์

พงษ์เทพ เกิดเนตร¹ วิชชุดา ถาวโรจน์¹ และรุ่งทิพย์ รัตนพล¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดไขมันจากช่องท้องไก่ ที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ได้แก่ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำมันที่สกัดได้ นอกจากนี้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการ Fractionation ในการแยกส่วนน้ำมันและไขมันไก่ ที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส ด้วยระยะเวลาแตกต่างกัน 3 ระดับคือ 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมัน ผลการทดลองพบว่า การสกัดน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ ด้วยอุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ได้ปริมาณน้ำมันไก่สูงที่สุด ($p < 0.05$) ได้แก่ ร้อยละ 72.83 และ 73.08 ตามลำดับ ในขณะที่คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าโทท็อก (TOTOX) มีค่าต่ำ ส่วนค่าไอโอดีน (Iodine value) มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันไก่ ได้แก่ กรดโอเลอิก กรดปาล์มติก และกรดลิโนเลนิก การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ fractionation พบว่า ระยะในการแยกส่วนน้ำมัน 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง ไม่ทำให้น้ำมันและไขมันเกิดการแยกชั้น นอกจากนี้ ค่าไอโอดีน (Iodine value) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีค่า 26.80-28.39 mgI₂/g และ 1.28-1.77 mgKOH/g ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าโทท็อก (TOTOX) ของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการแยกส่วน 1.5 ชั่วโมง มีค่าโทท็อกสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการแยกส่วน 3 และ 6 ชั่วโมง ในขณะที่น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และแยกส่วนที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าเปอร์ออกไซด์และค่าโทท็อกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) นอกจากนี้ น้ำมันไก่มีอายุการเก็บรักษาประมาณ 28 วัน โดยคุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่า *p*-Anisidine ค่า TBARs และ ค่า TOTOX มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

คำสำคัญ: ไขมันช่องท้องไก่ น้ำมัน คุณสมบัติทางเคมี

¹หลักสูตรสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาคหกรรมศาสตร์ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

Production of semi-solid chicken fat from abdominal chicken fat for commercial

Pongthep Kertnat, Wichulada Thawaroj and Rungtip Rattanapon

Abstract

This research aimed to determine the optimum conditions for extraction of fat from chicken abdomen at three temperatures: 80, 100 and 120 °C. To analyze the visual and chemical properties of the extracted oil. In addition, to find optimum conditions in the process fractionation in the separation of oil and chicken fat at 10-12 °C with 3 different time periods of 1.5, 3 and 6 h, the physical and chemical properties of the oil were analyzed. The results of the experiment showed that oil extraction from chicken abdominal fat at temperatures of 80 and 100 °C obtained the highest content of chicken oil ($p<0.05$) at 72.83% and 73.08%, respectively. While the chemical properties are the free fatty acids, peroxide value, and the total TOTOX were low, while the iodine value was higher than the temperature of 120 °C. Moreover, the fatty acid in chicken oil was oleic acid, palmitic acid and linolenic acid. Determination of the optimum state of the process; fractionation, It was found that the 1.5, 3 and 6 hours of oil separation did not cause water and fat separation. In addition, iodine values and free fatty acids were not significantly different ($p<0.05$) with values of 26.80-28.39 mgI₂/g and 1.28-1.77 mg KOH/g, respectively. However, the peroxide value and TOTOX of the oil extracted at 80 °C and the separation time of 1.5 hours were the highest. Compared to the 3 and 6 h separation times, while the oil extracted at 100 °C and the separation at different periods. The peroxide and TOTOX values were not significantly different ($p<0.05$). Moreover, the estimated shelf life of chicken oil was 28 days. The chemical properties including peroxide value, *p*-Anisidine value, TBARs content and TOTOX were increased during storage.

Keywords: abdominal chicken fat, oil, chemical properties

¹Major of Food and Nutrition, Department of Home Economics, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Srivijaya

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	2
2.1 ไขมันและน้ำมัน	2
2.2 ไข่และไขมันไข่	4
2.3 กระบวนการสกัดไขมัน	8
2.4 การใช้ประโยชน์ไขมันไข่	10
2.5 ความคงตัวของไขมันและน้ำมัน	11
2.6 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	14
3.1 การศึกษาสถานะการในการแยกน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่	14
3.2 การศึกษาสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการ fractionation ในการแยกส่วนน้ำมันและไขมันไข่	15
3.3 การศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของส่วนไขมันไข่ที่ได้จากกระบวนการ fractionation	16
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	17
4.1 การหาสถานะในการแยกน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่	17
4.2 การหาสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการ Fractionation ในการแยกส่วนน้ำมัน และไขมันไข่	25
4.3 การศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของส่วนไขมันไข่ที่ได้จากกระบวนการ fractionation ในระหว่างเก็บรักษา	33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	38

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	43

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่ส่วนต่างๆ	5
4.1	ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันไก่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	18
4.2	ปริมาณความชื้นของไขมันช่องท้องไก่ และน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	18
4.3	ค่าสี ($L^*a^*b^*$) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	19
4.4	ค่าไอโอดีน (Iodine value) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	20
4.5	ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	21
4.6	ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และ <i>p</i> -Anisidine value (<i>p</i> -AV) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	22
4.7	ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	22
4.8	ค่า Total oxidative degree (TOTOX) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	23
4.9	ปริมาณกรดไขมัน (Fatty acid) ใน น้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่าง ๆ	24
4.10	ผลของกระบวนการ fractionation ต่อลักษณะของน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่	25
4.11	ความชื้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	26
4.12	ค่าสี ($L^* a^* b^*$) ของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่าง ๆ	27

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่		หน้า
4.13	ค่าไอโอดีน (Iodine value) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอนุหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ	28
4.14	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอนุหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ	29
4.15	ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และ <i>p</i> -anisidine value (<i>p</i> -AV) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอนุหภูมิและผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ	30
4.16	ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ	31
4.17	ค่าโทท็อก (TOTOX) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอนุหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ	32
4.18	ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา	33
4.19	ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา	34
4.20	ค่า <i>p</i> -Anisidine value (<i>p</i> -AV) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา	35
4.21	ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา	36
4.22	ค่า Total oxidative degree (TOTOX) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา	37

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

ภาพที่		หน้า
4.1	ลักษณะน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (a), 100 องศาเซลเซียส (b) และ 120 องศาเซลเซียส (c) และลักษณะกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (d), 100 องศาเซลเซียส (e) และ 120 องศาเซลเซียส (f)	17

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย (List of Abbreviations)

IV	Iodine value
meg PV/kg	milligram equivalent of peroxide per kilogram
mg I ₂ /g	milligram of iodine per gram
mg MDA/kg	milligram of malondialdehyde per kilogram
<i>p</i> -AV	para-Anisidine value
TBARS	Thiobarbituric acid reactive substances
TOTOX	Total oxidative degree

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันความต้องการบริโภคน้ำมันที่ไม่ผ่านกระบวนการทำบริสุทธิ์ทางเคมีมีเพิ่มขึ้น เช่น การใช้ไขมันแข็งจากสุกร ซึ่งเป็นแหล่งไขมันที่มีข้อจำกัดการใช้งานด้วยเหตุผลทางศาสนา ไขมันจากช่องท้องไก่จัดเป็นวัสดุส่วนเหลือจากอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนไก่แช่เยือกแข็งและผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปอย่างจำกัด จึงจัดเป็นแหล่งวัตถุดิบที่น่าสนใจในการนำมาใช้ผลิตเป็นแหล่งไขมันทางเลือกใหม่ การใช้งานน้ำมันไก่โดยทั่วไปในประเทศไทยนั้นพบในลักษณะน้ำมัน ซึ่งมีลักษณะปรากฏที่เป็นไขบางส่วนและมีความคงตัวทางเคมีที่ไม่ดีนัก เนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ เช่น กรดโอเลอิก อีกทั้งน้ำมันไก่อังมีปริมาณสารต้านออกซิเดชันตามธรรมชาติ (เช่น tocopherols และ carotenoids) อยู่ในปริมาณน้อย การจำหน่ายไขมันไก่ในรูปแบบอื่นพบได้ในลักษณะกึ่งแข็ง ซึ่งมีการจำหน่ายทางการค้าแล้วในต่างประเทศ

วิธีการและสถานะในกระบวนการแยกน้ำมันส่งผลอย่างมากต่อลักษณะของน้ำมันที่ผลิตได้ ทั้งในเรื่องประสิทธิภาพการสกัด ลักษณะปรากฏ รวมถึงคุณภาพทางเคมีและกายภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและความคงตัวในระหว่างการเก็บรักษาของน้ำมันอีกด้วย เพื่อพัฒนาให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำมันไก่กึ่งแข็งที่มีลักษณะปรากฏที่ดีและคุณภาพคงที่ กระบวนการแยกส่วนกรดไขมันองค์ประกอบ (fractionation) เป็นวิธีการดัดแปลงทางกายภาพโดยแยกเป็นส่วนที่อุดมไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว และส่วนที่อุดมไปด้วยกรดไขมันอิ่มตัวออกจากกัน จึงอาจทำให้ได้ส่วนของของน้ำมันและไขมันไก่ที่ตรงต่อวัตถุประสงค์การใช้งานและมีคุณภาพที่ดีขึ้น

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ไขมันและน้ำมัน

น้ำมันและไขมันเป็นเอสเทอร์ที่เกิดจากกรดไขมันทำปฏิกิริยากับกลีเซอรอล น้ำมันที่เกิดจากกรดไขมันเข้าทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิล (-OH) ในกลีเซอรอล ทั้ง 3 กลุ่ม เรียกว่า Triglyceride น้ำมันบางชนิดเกิดจากกรดไขมันเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลในกลีเซอรอล 1 หมู่ หรือ 2 หมู่ เรียกว่า monoglyceride และ diglyceride ตามลำดับ แต่น้ำมันที่พบมากที่สุดในธรรมชาติเป็น triglyceride ถ้ามีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า ไขมัน (Fat) แต่หากมีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า น้ำมัน (Oil) ทั้งไขมันและน้ำมันมีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) คือไม่ชอบน้ำกรดไขมัน เป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ (Straight chain aliphatic monocarboxylic acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น $R-COOH$ โดย R- คือ หมู่แอลคิล (Alkyl) ในโมเลกุลของกรดไขมัน มีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) แต่จะละลายได้ในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดที่ไม่มีโพลาไร และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) สามารถแตกตัวออกได้เป็นประจุลบ (Anionic carboxylate) จึงทำให้โมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งส่วนที่ละลายได้ในน้ำและน้ำมัน

2.1.1 กรดไขมัน

กรดไขมันที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่ มีจำนวนคาร์บอน 4-24 อะตอม ซึ่งอาจเป็นโซ่ยาวที่อิ่มตัว ซึ่งมักพบจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นเลขคู่ หรือเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยมีพันธะคู่อย่างน้อย 1 คู่ กรดไขมันแต่ละชนิดมีความยาวของสายไฮโดรคาร์บอน ตำแหน่ง และจำนวนของพันธะไม่อิ่มตัวไม่เท่ากัน จึงจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid)

กรดไขมันชนิดนี้มีสูตรทั่วไป คือ $C_nH_{2n}O_2$ หรือ $C_nH_{2n}+1COOH$ เป็นกรดไขมันที่อยู่ในโมเลกุลมีจำนวนไฮโดรเจนอะตอมอยู่เต็มที่ไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก หรือพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุด คือ กรดบิวทริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6-10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย และยังระเหยได้ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไปไม่ละลายน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลต่ำ

กว่า 10 อะตอม เป็นของเหลวที่อุณหภูมิ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 อะตอม ขึ้นไป มีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิต่ำ

2.1.1.2 กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่โมเลกุลไฮโดรเจนอะตอมน้อยกว่าปกติ หรือพันธะในโมเลกุลระหว่างคาร์บอนอะตอมมีพันธะคู่ อย่างน้อย 1 พันธะ กรดไขมันนี้มีจำนวนไฮโดรเจนอะตอมไม่เป็นไปตามสูตร $C_nH_{2n}+1COOH$ กรดไขมันที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่ คือ ประมาณ 14-22 อะตอม ที่พบมากเป็นกรดไขมันที่มีคาร์บอน 16 หรือ 18 กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดในธรรมชาติ คือ กรดพาลมิติก (Palmitic acid, C16:0) และกรดลอริก (Lauric acid, C12:0) ตามลำดับ ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบมากที่สุด คือ กรดไลโนลิก (Linoleic acid, C18:2) ระดับความไม่อิ่มตัวขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ในสายไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันนั้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีเสถียรภาพต่ำและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีอย่างรวดเร็ว ในกรดไขมันที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (Mono-unsaturated fatty acid) จะไม่มีบทบาทอะไรกับปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด แต่ถ้าเป็นกรดไขมันชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะ จัดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (Polyunsaturated fatty acid) หากพันธะคู่ในสายไฮโดรคาร์บอนนั้นถูกกั้นด้วยคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 อะตอมขึ้นไป จัดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบบ Non conjugated และถ้าพันธะคู่ถูกกั้นด้วยคาร์บอนเพียงหนึ่งอะตอมอย่างสม่ำเสมอในสายคาร์บอน จัดเป็น Conjugated fatty acid ส่วน Configuration ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นทั้งแบบซิส และทรานส์ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง มีความสำคัญต่อร่างกายมากที่สุด คือ ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยการทำงานของอวัยวะสำคัญของร่างกาย ช่วยสร้างเซลล์ขึ้นใหม่ เป็นกรดไขมันที่ส่วนใหญ่ได้จากพืชและปลา กรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงที่สำคัญ และจำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดไลโนลิก กรดไลโนลินิก (Linolenic acid, C18:3) และกรดอาราชิโดนิก (Arachidonic acid, C20:4) (สมพงษ์, 2536)

2.1.2 กระบวนการทางเคมีของลิพิด

2.1.2.1 การเกิดสaponification (Saponification)

เป็นกระบวนการที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของกรดไขมันกับด่าง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือเกลือของกรดไขมัน หรือสบู่ ปฏิกิริยา saponification มีค่าคงที่ค่าหนึ่งคือ saponification number คำนี้นี้ได้จาก จำนวนมิลลิกรัมของ KOH ที่ใช้ในการ saponify ไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม ค่าลิพิดแต่ละชนิดมีค่า saponification number เฉพาะตัวจึงสามารถนำไปใช้ในการหาน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันซึ่ง

เป็นองค์ประกอบของลิพิดได้ โดยลิพิดที่มีกรดไขมันโมเลกุลใหญ่จะมีค่า saponification number น้อยกว่าลิพิดที่มีกรดไขมันโมเลกุลน้อยเป็นองค์ประกอบ

2.1.2.2 การเกิดฮาโลจีเนชัน (Halogenation)

กรดไขมันไม่อิ่มตัวสามารถทำปฏิกิริยากับธาตุฮาโลเจนได้ โดยการเติมฮาโลเจนเข้าไปในพันธะคู่ ผลของปฏิกิริยาจะทำให้เกิดการฟอกจากสีของสารละลายฮาโลเจน เรียกกระบวนการนี้ว่า ฮาโลจีเนชัน ซึ่งปฏิกิริยานี้จะให้ค่าคงที่ค่าหนึ่ง คือ iodine number ซึ่งหาได้จากจำนวนกรัมของไอโอดีนที่เติมเข้าไปในน้ำมันหรือไขมัน 100 กรัม ค่านี้สามารถนำไปใช้หาความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันได้ โดยค่า iodine number สูง แสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงอยู่ในโมเลกุล

2.1.2.3 การเกิดไฮโดรจีเนชัน (Hydrogenation)

เป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำมันให้เป็นไขมัน หรือเรียกว่า “Hardening” สามารถทำได้โดยให้ก๊าซไฮโดรเจน ภายใต้ความกดดัน (25 ปอนด์/ตารางนิ้ว) ลงไปในถังที่ใส่น้ำมัน (200 °C) และมี Ni เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น การเปลี่ยนน้ำมันถั่วเหลืองให้กลายเป็นมาการีน เป็นต้น

2.1.2.4 การเหม็นหืน (Rancidity)

ปกติไขมันและไขมันบริสุทธิ์จะไม่มีกลิ่น แต่ในบางครั้งลิพิดทั้งสอง ชนิดอาจมีกลิ่นหืนได้ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยทั่วไปไขมันไม่อิ่มตัวจะเหม็นหืนง่ายกว่าไขมันอิ่มตัว แต่ในทางอุตสาหกรรมมีการใส่สารป้องกันการเหม็นหืนที่เรียกว่า “antioxidants” ลงไปเล็กน้อยเพื่อช่วยป้องกันการเกิดกลิ่นได้ โดยสาร antioxidants ที่นิยมใช้ ได้แก่ วิตามิน C และ E เป็นต้น

2.2 ไข่และไขมันไข่

ไข่เป็นสัตว์ปีกเศรษฐกิจที่นำมาใช้เป็นอาหารที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันของมนุษย์ และได้รับความนิยม (อาวุธ, 2538) โดยองค์ประกอบหลักในเนื้อไข่เป็นโปรตีน และมีไขมันต่ำกว่าเนื้อสุกร และเนื้อโค ให้พลังงาน 165 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม (สุวรรณ, 2529) มีกรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว

โดยทั่วไปลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อไข่ไม่เหนียว เคี้ยวง่าย ย่อยง่าย กลิ่นรสกลมกลืนเข้ากันได้กับเครื่องปรุงหรืออาหารต่างๆ ได้ดี องค์ประกอบทางเคมีของไข่ทั้งตัวโดยเฉลี่ยประกอบด้วย น้ำ ร้อยละ 74 โปรตีน ร้อยละ 19 ไขมัน ร้อยละ 5 และเถ้า ร้อยละ 0.8 (สุวรรณ, 2529) สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของไข่ในแต่ละส่วน พบว่าส่วนของเนื้อขาวมีปริมาณโปรตีนสูงสุด เนื้อดำมีปริมาณโปรตีนลดลง และมีปริมาณไขมันมากกว่า เมื่อเทียบกับส่วนของเนื้อขาว อย่างไรก็ตาม

พบว่าหนังไก่ เครื่องใน และเนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่อง (Mechanically Separated Chicken, MSC) มีปริมาณโปรตีนต่ำ และไขมันสูง (Heerden *et al.*, 2002) (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไก่ส่วนต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	หนัง	กล้ามเนื้อดำ	กล้ามเนื้อขาว	เครื่องใน	เนื้อไก่แยกกระดูกด้วยเครื่อง (MSC)
น้ำ	44.37	74.01	72.47	69.64	69.12
ไขมัน	45.20	2.91	8.91	16.93	15.18
โปรตีน	10.57	23.29	19.16	11.22	13.93
เถ้า	0.51	1.11	1.00	1.76	1.16

ที่มา: Heerden *et al.* (2002)

2.3 กระบวนการสกัดไขมัน

2.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ เป็นการเตรียมเพื่อให้สกัดหรือบีบน้ำมันให้ได้มากที่สุด

2.3.2 การแยกไขมัน มีวิธีการแยกไขมัน และน้ำมันจากแหล่งวัตถุดิบ แบ่งออกเป็น 3 แบบ ได้แก่

2.3.2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดไม่ว่าจะใช้วัตถุดิบชนิดใดก็ตาม ในขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายจะให้น้ำมันตกค้างอยู่ในกากไม่เกินร้อยละ 1 ทั้งนี้วิธีการทำโดยให้ตัวทำละลายไหลซึมผ่านเมล็ดที่บดละเอียด น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะละลายออกมาพร้อมกับตัวทำละลายเมื่อน้ำมันละลายออกมาหมดแล้ว นำไปทำการแยกตัวทำละลายออกมา น้ำมันที่ได้จะเป็นน้ำมันที่ไม่บริสุทธิ์ (crude oil)

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดไขมัน และน้ำมัน

- 1) ปริมาณของตัวทำละลาย ถ้าใช้ปริมาณของตัวทำละลายในการสกัดมากจะทำให้สกัดน้ำมันออกมาได้มากและมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากน้อย แต่การใช้ตัวทำละลายมากก็ต้องใช้เวลานานในการแยกนำเอาตัวทำละลายออก ทำให้เกิดความสูญเสียตัวทำละลายที่ระเหยออกไปสูงขึ้น ดังนั้นตัวทำละลายที่ใช้ควรมีปริมาณที่เหมาะสม ตามแต่ละชนิดของเมล็ดพืชที่นำมาสกัด

- 2) ชนิดของตัวทำละลาย มีตัวทำละลายหลายชนิดที่ใช้ในการสกัดน้ำมัน ซึ่งตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพืช และไม่เป็นพิษต่อร่างกาย โรงงานผลิตน้ำมันพืชโดยทั่วไปเลือกใช้เฮกเซน ที่มีช่วงจุดเดือด 67-70 องศาเซลเซียสเป็นตัวทำละลาย
- 3) อุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ถ้าใช้อุณหภูมิที่พอเหมาะจะทำให้การสกัดได้ผลที่ดีหากใช้อุณหภูมิสูงเกินไปน้ำมันที่ได้สภาพจะไม่ดีพอ
- 4) ความหนาแน่นของเมล็ดพืชอัดเมล็ดพืชก่อนนำมาสกัดจะถูกบดให้แตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ และอัดให้เป็นแผ่น แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายไหลเข้าไปสัมผัส ถ้าเมล็ดพืชถูกบดให้ละเอียดเกินไปจะอัดกันแน่นตัวทำละลายซึมผ่านไปได้ยาก ฉะนั้นเมล็ดพืชที่นำมาสกัดนั้น ไม่ควรบดจนละเอียดเพื่อให้ได้การสกัดที่ดี
- 5) ความชื้นของเมล็ดพืช เมล็ดพืชที่นำมาสกัดน้ำมันไม่ควรมีความชื้นสูงเกินร้อยละ 10 และตัวทำละลายจะต้องไม่มีน้ำหรือความชื้นปนอยู่ เพราะจะทำให้สกัดน้ำมันออกมาได้ยาก
- 6) เวลาที่ใช้ในการสกัดการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำมันที่ได้เมื่อเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบต้องใช้ เวลานานพอสมควร เพื่อให้ตัวทำละลายสามารถสกัดเอาน้ำมันออกมาให้ได้มากที่สุดโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ข้อดีของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ น้ำมันที่ได้ เมื่อเทียบกับน้ำหนักวัตถุดิบมีอัตราส่วนร้อยละสูงกว่าแบบอื่นๆ ทำให้ได้กากเมล็ดหลังจากการสกัดไม่มีไขมัน จึงได้กากโปรตีนที่ไม่เสียสภาพเนื่องจากไม่ใช้ความร้อนร่วมในกระบวนการสกัด นอกจากนี้ น้ำมันที่ได้มีคุณภาพสูง เนื่องจากไม่มีการใช้ความร้อนในกระบวนการสกัด รวมทั้งช่วยรักษาส່วนของวิตามินที่ละลายในไขมันในวัตถุดิบ เช่น วิตามินเอ วิตามินอีเนื่องจากใช้ความร้อนไม่สูงในการสกัด อย่างไรก็ตามข้อเสียของการสกัดน้ำมันด้วยตัวทำละลาย ได้แก่ เครื่องที่ใช้ในการสกัดมีราคาสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ตัวทำละลายที่ใช้ดีไฟง่าย สำหรับวัตถุดิบบางชนิด เช่น เมล็ดฝ้าย มีสารพิษต่อสัตว์ที่ไม่ใช่สัตว์เคี้ยวเอื้อง (Non-ruminant) เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการสกัดนี้ไม่เพียงพอในการทำลายพิษ

2.3.2.2 การบีบหรือใช้แรงอัด (Hydraulic Pressing)

การสกัดโดยการบีบอัด เป็นวิธีที่นิยมใช้กับเมล็ดพืชน้ำมัน เครื่องบีบมีหลายชนิดและกระบวนการมีทั้งกระบวนการแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Pressing) และกระบวนการแบบต่อเนื่อง (Continuous Pressing) ซึ่งอาจเป็นการใช้แรงอัดแบบเย็น (Cold Pressing) หรือการใช้แรงอัดแบบร้อน (Hot Pressing) ได้ การใช้แรงอัดแบบเย็น นิยมใช้กับเมล็ดพืชที่มีปริมาณน้ำมันสูง เช่น งา ถั่ว

ลิสต์ถั่วเหลือง และมะพร้าว เป็นต้น แรงกดที่ให้แก่เนื้อเยื่อของเมล็ดพืชจะทำให้ผนังเซลล์แตกบีบเอาน้ำมันแยกออกมา น้ำมันที่ได้นำเอาไปใช้ได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์น้ำมันงาและน้ำมันถั่วลิสงที่สกัดโดยวิธีนี้จะมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นถั่ว (Nutty Flavor) ส่วนน้ำมันมะกอกจะมีกลิ่นแรง แต่เป็นกลิ่นที่คนยอมรับ อย่างไรก็ตาม การใช้แรงอัดแบบเย็นมีประสิทธิภาพต่ำ เพราะกากยังมีปริมาณน้ำมันเหลืออยู่อีกมาก การใช้แรงอัดแบบร้อน มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้แรงอัดแบบเย็น กากที่เหลือจากการใช้แรงอัดแบบเย็นจะนำมาทำต่อโดยการใช้แรงอัดแบบร้อน ซึ่งอาจเป็นเครื่องอัดแบบไฮดรอลิก (Hydraulic Batch Press) หรือเครื่องอัดแบบสกรูว์ (Continuous Screw Press) หรือเอ็กซ์เพลเลอร์ (Expeller) การสกัดแยกน้ำมันโดยวิธีเหล่านี้ใช้ความดันประมาณ 1-15 ตันต่อตารางนิ้ว และจะมีน้ำมันเหลืออยู่ในกากเพียงร้อยละ 2-4

2.3.2.3 การใช้ความร้อน

การเจียว หรือเรนเดอร์ (Rendering) นิยมใช้กับเนื้อเยื่อไขมันจากสัตว์ที่มีลักษณะอ่อนและมีไขมันสูง โดยที่หลักการคือการให้ความร้อนจนผนังเซลล์แตกและไขมันเปลี่ยนสภาพเป็นของเหลวไหลออกมาได้ง่าย เช่น น้ำมันหมูและไขวัว นอกจากนี้ ใช้ในการผลิตไขมันจากปลา และสัตว์น้ำ ในอุตสาหกรรมทำได้ 2 วิธีคือ

การเจียวแบบแห้ง (Dry Rendering) ทำการเจียวภายในภาชนะเปิด โดยไม่ให้เนื้อเยื่อเปียก น้ำอุณหภูมิที่ใช้ 220-230 องศาฟาเรนไฮต์ หลังการเจียวเสร็จจะแยกออกจากกากโดยแยกด้วยเครื่องเหวี่ยงแล้วนำกากไปบีบอัดน้ำมันที่ยังหลงเหลืออีกเพื่อนำไปรวมกับน้ำมันที่แยกได้ส่วนแรก ส่วนที่เหลือจากการอัดจะนำไปใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ต่อไป ไขมันที่สกัดได้จากวิธีนี้จะมีคุณภาพไม่ค่อยดี เพราะไขมันบางส่วนได้รับความร้อนสูงจากการสัมผัสผิวภาชนะโดยตรง จึงทำให้มีสีคล้ำ เนื่องเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

การเจียวแบบเปียก (Wet Rendering) ทำได้โดยการพ่นไอน้ำลงบนเนื้อเยื่อไขมันในภาชนะปิดที่ความดันต่ำ ประมาณ 46-75 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้เวลา 6-9 ชั่วโมง โดยควรทำในระบบสุญญากาศเพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และช่วยลดเวลาในการสกัดลง ความร้อนจากไอน้ำจะทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลาย และยอมให้ไขมันออกมาได้วิธีนี้เหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีสีกลิ่น รส และคุณภาพการเก็บดี แม้ประสิทธิภาพการสกัดค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวิธีเจียวแห้ง

2.3.3 กระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์

เป็นกระบวนการสำคัญของการผลิตน้ำมันให้มีคุณภาพสูง โดยประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.3.3.1 การกำจัดกัม (Degumming)

คือขั้นตอนในกระบวนการผลิตน้ำมันพืชบริสุทธิ์ (refining) เป็นกระบวนการภายหลังจากการบีบ (pressing) หรือการสกัดด้วยสารละลาย (solvent extraction) มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัดสารประกอบอื่นที่อยู่ปนกับไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) เช่น สารกลุ่มฟอสโฟลิพิด (phospholipid) หรือสารประกอบเชิงซ้อนของลิพิดและโปรตีน (fat-protein complex) โดยใช้น้ำหรือไอน้ำผสมกับน้ำมัน สารประกอบที่ละลายในน้ำจะแยกตัวออกมา แล้วแยกออกด้วยการกรอง (filtration) หรือการเหวี่ยง (centrifuge) ออกจากน้ำมันพืช ซึ่งหากไม่กำจัดออกจะเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของน้ำมันได้ง่าย

2.3.3.2 การทำบริสุทธิ์โดยวิธีทางเคมีหรือการใช้เบส (alkali or chemical refining)

สิ่งเจือปนในน้ำมันธรรมชาติส่วนใหญ่ได้แก่กรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการทำให้น้ำมันเหม็นหืน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดออก วิธีกำจัดกรดไขมันอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันบริโภค คือการใช้สารละลายด่าง เนื่องจากสามารถกำจัดกรดไขมันอิสระได้มาก โดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสบู่ รวมทั้งสามารถกำจัดสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ฟอสฟาไทด์ สารที่ทำให้เกิดสี สารประกอบคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน เป็นต้น

2.3.3.3 การฟอกสี (bleaching)

เป็นการกำจัดสารสีออกจากน้ำมัน โดยทำให้สารสีในน้ำมันถูกดูดซับอยู่บนสารประกอบบางชนิด เช่น ดินเหนียวกัมมันต์ (activated clay) หรือถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

2.3.3.4 การกำจัดกลิ่น (deodorization)

น้ำมันที่ผ่านกระบวนการฟอกสีแล้วจะเข้าสู่เครื่องกำจัดกลิ่น (deodorizer) เพื่อกำจัดกลิ่น และสารเจือปนอื่นๆ โดยการกลั่นด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศแล้วจึงผ่านเข้าสู่เครื่องกรองจะได้น้ำมันบริสุทธิ์

2.3.3.5 การแยกส่วน (fractionation and winterization) เป็นกระบวนการเพื่อแยกส่วนไขมันและน้ำมัน ซึ่งเป็นส่วนผสมของไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) หลายชนิด ที่มีจุดหลอมเหลวต่างกันออกจากกัน เพื่อให้ได้น้ำมันหรือไขมัน ที่มีจุดหลอมเหลวใกล้เคียงกัน มีส่วนของ กรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัดส่วนใกล้เคียงกัน การแยกส่วนทำโดยหลอมหรือละลายไขมัน

และน้ำมันให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วลดอุณหภูมิลงจะทำให้ทำให้น้ำมันและไขมันเกิดการตกผลึก (crystallization) หลังจากนั้นนำมาผ่านการกรองน้ำมันแยกส่วนจะได้ไขมัน วิธีการแยกส่วน แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. Dry fractionation เป็นวิธีการแยกส่วนโดยใช้วิธีให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์ม ให้มีอุณหภูมิประมาณ 75-90 องศาเซลเซียส เพื่อให้น้ำมันปาล์มหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำเข้าสู่ตกผลึก (crystallization) โดยทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส อย่างช้าๆ น้ำมันปาล์มจะฟอร์มผลึกสเตอริน จากนั้นแยกผลึกออกโดยใช้เครื่องกรอง (filter press) ซึ่งจะได้โอเลอิน (จุดขุ่น 8 องศาเซลเซียส) ประมาณร้อยละ 60 และสเตอรินประมาณร้อยละ 40 โอเลอินที่มีคุณภาพสูง (super olein) ต้องแยกส่วนครั้งที่ 2 ซึ่งโอเลอินที่แยกส่วนในครั้งที่ 2 มีจุดขุ่นต่ำลง (4 องศาเซลเซียส) เช่นเดียวกับสเตอรินเมื่อมีการแยกส่วนหลายครั้ง จะได้สเตอรินที่มีค่า Iodine value (IV) แตกต่างกันไป ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย สำหรับ PMF (palm mid fraction) สามารถนำไปใช้ในการผลิตเนยโกโก้เทียม (cocoa butter equivalent) มากارين

2. Lanza fractionation ค้นพบโดย Fractelli Lanza เป็นการแยกส่วนโดยการเติมสาร detergents หรือ wetting agents เช่น sodium lauryl sulphate ในน้ำมันพืช เพื่อทำให้พื้นผิวหน้าของผลึกเปียกและตกตะกอน ผลึกที่เปียกจะชอบน้ำและตกตะกอนในส่วนที่มีน้ำ น้ำจะมีส่วนของไขมัน น้ำมันหยดใหญ่จะรวมตัวกันใหญ่ขึ้น และจะเห็นเป็น 2 ชั้น ชั้นน้ำมันประกอบด้วยน้ำมันโอเลอิน และส่วนชั้นน้ำมีน้ำและสเตอริน วิธีการแยกส่วนแบบนี้เป็นวิธีที่แยกผลึกขนาดเล็กออกได้ง่ายกว่า dry fractionation และใช้เวลาในการตกผลึกสั้นกว่า

3. Wet fractionation เป็นวิธีที่อาศัยความสามารถในการละลายของไขมันและน้ำมันที่แตกต่างกัน การแยกส่วนด้วยตัวทำละลายจะให้การแยกที่ชัดเจนกว่า เพราะไม่ต้องการตกผลึก แต่ใช้การเปลี่ยนอุณหภูมิและปริมาณตัวทำละลาย ทำโดยการผสมตัวทำละลายกับไขมันและปั๊มผ่านไปสู่เครื่องเกิดผลึก (crystallizer) ซึ่งทำให้เย็นที่อุณหภูมิที่จะแยกส่วน ผลึกที่เกิดขึ้นจะถูกกรองแยกออกมา จากนั้นระเหยตัวทำละลายจะได้สเตอริน ส่วนโอเลอินและตัวทำละลายจะถูกเก็บทันที หรือไม่ก็ปั๊มไปเครื่องเกิดผลึกเพื่อให้เกิดผลึกและแยกออกอีกตัวทำละลายที่นิยมใช้คือ เฮกเซน แอซีโตน และ 2-nitropropane ตัวทำละลายที่แยกส่วนได้ชัดเจนที่สุดคือ แอซีโตนจากการเปรียบเทียบสมบัติของปาล์มโอเลอินที่ถูกแยกส่วนด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่าการแยกส่วนแบบ Lanza จะให้ผลผลิตสูงที่สุดและมีจุดที่มีของแข็งต่ำที่สุด น้ำมันปาล์มโอเลอินที่ได้มีกรดไขมันอิสระต่ำ และมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ

2.4 การใช้ประโยชน์ไขมันไก่

ไขมันไก่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เช่น น้ำมันสำหรับประกอบอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติของอาหาร การเป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตไบโอดีเซล และเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เป็นต้น

2.1.1 น้ำมันปรุงอาหารจากไขมันไก่

ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันไก่ในการปรุงอาหารมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันไก่มีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันหมู โดยเฉพาะกรดลิโนลิกมีมากกว่าร้อยละ 7 นอกจากนี้ น้ำมันปรุงอาหารจากไขมันไก่มีคุณสมบัติเทียบเท่ากับมาตรฐานน้ำมันที่กำหนด และผู้บริโภคให้การยอมรับทั้งทางด้านกลิ่น และรสชาติ (พันธิพา, 2524) โดยทั่วไปการสกัดน้ำมันจากไขมันไก่สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ความร้อน หรือ การเจียว (rendering) การใช้คลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น จากการศึกษาของ Sheu และ Chen (2002) พบว่าสกัดน้ำมันจากไขมันไก่ด้วยไมโครเวฟ ให้ผลผลิตไขมันสูงสุด (ร้อยละ 47.5) รองลงมาคือการทอด (ร้อยละ 33.4), การอบ (ร้อยละ 31.6), การย่าง (ร้อยละ 25.8) และการสกัดแบบเปียก (ร้อยละ 24.8) และปริมาณความชื้นของน้ำมันที่สกัดแบบเปียกมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 1.43) ในขณะที่น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยการอบมีปริมาณต่ำที่สุด (ร้อยละ 0.19)

2.1.2 ไบโอดีเซลจากไขมันไก่

วัตถุดิบที่นำมาผลิตไบโอดีเซล มี 2 ประเภทหลักได้แก่ พืชน้ำมัน (ทั้งประเภทที่สามารถนำน้ำมัน ไปบริโภคได้ เช่น น้ำมันปาล์ม และไม่สามารถนำไปบริโภคได้ เช่น สบู่ดำ) และน้ำมันประกอบอาหารที่ใช้แล้ว นอกจากนี้มีการนำเศษเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซล เช่น ไขมันจากหนังไก่ ไขมันจากช่องท้องไก่ เป็นต้น จากการศึกษาของธีรวัช (2557) พบว่าน้ำมันไขไก่มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นไบโอดีเซลได้ เนื่องจากมีค่าเมทิลเอสเทอร์สูงกว่า ร้อยละ 96.5 ตามมาตรฐานของไบโอดีเซลที่กำหนด (ASTM 6751) นอกจากนี้การนำไขมันไก่มาผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานเอสเทอริฟิเคชัน โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคือ CaO ที่ได้จากการเผากระดูกไก่เป็นการช่วยส่งเสริมการผลิตไบโอดีเซลที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ช่วยกำจัดของเสีย และลดต้นทุนในการผลิต (วลัยพัชร และคณะ, 2560)

2.1.3 อาหารสัตว์ที่มีส่วนผสมของไขมันไก่

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในอาหารสัตว์ โดยใช้เป็นแหล่งพลังงานให้แก่สัตว์ แหล่งอาหารไขมัน ได้แก่ ไขมันพืช เช่น เมล็ดฝ้าย เมล็ดถั่วเหลือง น้ำมันมะพร้าว และ

ไขมันสัตว์ เช่น ไขมันวัว ไขมันหมู และไขมันไก่ เป็นต้น ทั้งนี้การใช้ประโยชน์จากไขมันไก่มาเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ เช่น เป็นส่วนผสมในอาหารสุนัข โดยไขมันไก่สามารถปรับปรุงรสชาติ และความคงตัวของอาหารสุนัข นอกจากนี้การใช้ไขมันไก่ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไขมันจากปลา หรือเนื้อสัตว์ชนิดอื่น

2.5 ความคงตัวของไขมันและน้ำมัน

การเกิดกลิ่นหืนของไขมัน (rancidity) หมายถึง การเกิดกลิ่นผิดปกติของไขมันหรือน้ำมันเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจัดเป็นการเสื่อมเสียของอาหาร (food spoilage) โดยปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในไขมัน ได้แก่ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส

2.5.1 ปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation หรือ oxidative rancidity)

หมายถึง การหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยปฏิกิริยาเกิดขึ้นระหว่างออกซิเจนกับลิพิด (lipid) ซึ่งหมายถึงไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ณ ตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ให้กลิ่น และรสที่ผิดปกติ เรียกว่า การหืน (rancidity) เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เพราะอนุมูลอิสระ (free radical) ที่เกิดขึ้นจะกระตุ้นโมเลกุลกรดไขมันที่เหลือให้เกิดปฏิกิริยาต่อไป ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation) ประกอบด้วย

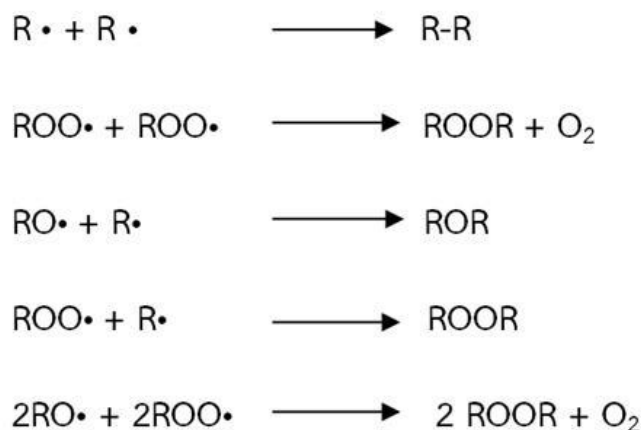
1. ขั้นเริ่มต้น (Initiation) ขั้นตอนการเริ่มเกิดอนุมูลอิสระ (free radical) เกิดกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ซึ่งไม่แข็งแรง ไวต่อปฏิกิริยา โดยเริ่มต้นที่คาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอม ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นด้วยแสง รังสี โลหะ ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ไฮโดรคาร์บอน (R●) ซึ่งอะตอมอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ที่เป็น unpair electron ซึ่งว่องไวต่อปฏิกิริยา lipid oxidation



2. ขั้นลูกกลม (Propagation) เกิดจากออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่เกิดเป็น peroxy radical (ROO●) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดอนุมูลอิสระมากมาย โดย peroxy radical ทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวใหม่ ได้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (ROOH)

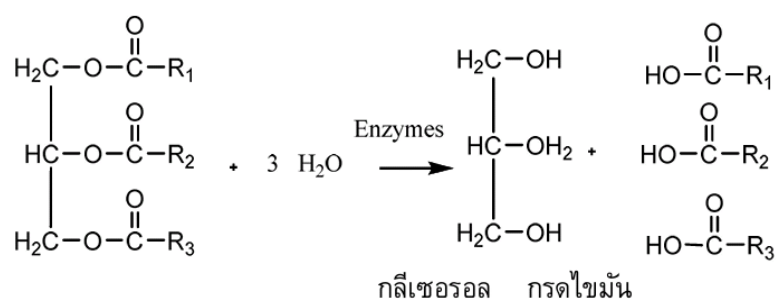


3. ขั้นสุดท้าย (Termination) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นมารวมตัวกันเองเกิดเป็นสารใหม่ (secondary product) เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ แอลเคน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดสี กลิ่น และรส ที่ผิดปกติของน้ำมัน และไขมัน



2.5.2 ปฏิกริยาไฮโดรลิซิสของลิพิด (lipolysis หรือ hydrolytic rancidity)

หมายถึง การหืนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสโดยมีน้ำ และเอนไซม์ลิเพส (lypase) หรือลิพอกซิเดส (lipoxidase) ที่มีอยู่ในอาหาร เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดการสลายของโมเลกุล ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ได้เป็นกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ซึ่งกรดไขมันอิสระที่ระเหยได้เป็น short chain fatty acid จะให้กลิ่นหืน



2.6 รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พนธิพา (2524) ศึกษาการผลิตน้ำมันปรุงอาหารคุณภาพสูงจากไขมันไก่ พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมันไก่ คือ สกัดน้ำมันแบบแห้ง และทำบริสุทธิ์น้ำมันด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 8 องศาโบเม ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และใช้สารฟอกสีคือ activated

clay ปริมาณร้อยละ 2.1 ภายใต้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สภาวะสุญญากาศ 750-760 มม. ปรอท เป็นเวลา 20 นาที และในการกำจัดกลิ่นสภาวะที่ให้น้ำมันที่มีคุณภาพและปริมาณดีเหมาะสมที่สุด คือ อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศ 690 มม. ปรอท เป็นเวลา 60 นาที

ศศิพันธ์ และคณะ (2547) ศึกษาอิทธิพลของปริมาณและสัดส่วนกรดไขมันอิ่มตัวกับไม่อิ่มตัวในอาหารต่อค่าไอโอดีนน้ำมันเบียร์และการสะสมไขมันในซากไก่เนื้อ พบว่าระดับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอาหารที่สูงขึ้น (ร้อยละ 2.26, 2.37 และ 3.04 ตามลำดับ) มีผลทำให้มีการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงขึ้น แต่ปริมาณไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อมีค่าลดลง (ลดลงจากร้อยละ 3.08 เป็น 2.81, 2.61, 2.23 และ 2.07 ตามลำดับ)

Sheu และ Chen (2002) ศึกษาการสกัดน้ำมันจากหนังส่วนนอกของไก่ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ ไมโครเวฟ, การอบแบบธรรมดา, การสกัดแบบเปียก, การย่าง และการทอด พบว่าสกัดด้วย ไมโครเวฟ ให้ผลผลิตไขมันสูงสุด (ร้อยละ 47.5) รองลงมาคือการทอด (ร้อยละ 33.4), การอบ (ร้อยละ 31.6), การย่าง (ร้อยละ 25.8) และการสกัดแบบเปียก (ร้อยละ 24.8) และปริมาณความชื้นของ น้ำมันที่สกัดแบบเปียกมีค่าสูงสุด (ร้อยละ 1.43) ในขณะที่น้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยการอบมี ปริมาณต่ำที่สุด (ร้อยละ 0.19)

Zhang และคณะ (2013) ศึกษาผลของการเจียน้ำมันด้วยไมโครเวฟต่อปริมาณไขมันและ คุณสมบัติของไขมันจากเนื้อเยื่อไขมันส่วนท้องไก่ พบว่า ปริมาณน้ำมันจากไก่ที่สกัดได้ด้วย ไมโครเวฟที่ระดับ 2.75 W/g 10 นาที จะทำให้ได้น้ำมันสูงที่สุด (ร้อยละ 70.55) และมีค่า peroxide value, ค่า acid value และค่า thiobarbituric acid value ต่ำ นอกจากนี้พบว่ากรดไขมันในน้ำมันที่ได้ คือ oleic acid (ร้อยละ 45.73), palmitic acid (ร้อยละ 26.13), linoleic acid (ร้อยละ 15.12), palmitoleic acid (ร้อยละ 6.07) และ stearic acid (ร้อยละ 5.81)

Lin และ Tan (2017) ศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันจากหนังไก่ต่อปริมาณและคุณภาพ น้ำมันที่ได้ พบว่า การสกัดน้ำมันด้วยไมโครเวฟ (microwave cooking) จะทำให้ได้ปริมาณน้ำมันสูง ที่สุด รองลงมาคือการสกัดด้วยการอบ (oven baking) และการสกัดแบบเปียก (water cooking) สภาวะในการสกัดน้ำมันด้วยวิธีการใช้ไมโครเวฟที่เหมาะสม คือ ระดับ 3.6 W/g เวลา 10 นาที นอกจากนี้การสกัดด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงานสูง จะทำให้น้ำมันที่ได้มีค่า L*, a*, และ b* สูง ในขณะที่น้ำมันที่สกัดแบบเปียก มีปริมาณความชื้น ค่า thiobarbituric acid (TBA) สูง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาสภาวะการในการแยกน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่

นำไขมันช่องท้องไก่มาให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ (80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส) เพื่อแยกน้ำมันออก เป็นเวลาประมาณ 20 นาทีก่อนกรองแยกส่วนตะกอนทิ้งไป คำนวณหาประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันตามวิธีของ Piette *et al.* (2000) โดยนำน้ำมันไก่ที่เจียวได้ ใสลงขวดแก้วก่อนนำไปเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง แยกส่วนไขมัน (ซึ่งกลายเป็นของแข็ง) ออกจากส่วนของเหลว (ซึ่งกลายเป็นเจล) คำนวณหาประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันตามสูตร

ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน (ร้อยละ) = (ปริมาณไขมันที่ได้จากการสกัด / ปริมาณไขมันทั้งหมด) x 100

** ปริมาณไขมันทั้งหมดจากการสกัดไขมันจากตัวอย่างตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)

ตัวอย่างน้ำมันไก่ที่ได้นำไปเก็บรักษาที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่เกิน 2 สัปดาห์ ก่อนนำไปตรวจสอบลักษณะต่าง ๆ นำตัวอย่างน้ำมันไปทำละลายที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส และตรวจวิเคราะห์

- 1) ค่าความชื้น : ตามวิธีของ Sheu and Chen (2002)
- 2) ค่าสี : ด้วยเครื่อง Hunter Lab colorimeter (Color Flex, Hunter Associate Laboratory Inc., VA, USA)
- 3) ค่าไอโอดีน (iodine value, IV) : ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2005)
- 4) ค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) : ตามวิธีมาตรฐานของ AOCS (1994)
- 5) ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) : ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)
- 6) ค่า *p*-anisidine value (*p*-AV) : วิธีของ Enriquez-Fernandez *et al.*, (2011)
- 7) ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs content) : ตามวิธีของ Aewsiri *et al.*, (2009)
- 8) ค่า Total oxidative degree (TOTOX) : วิธีของ De Abreu *et al.*, (2010)

เลือกสภาวะในการสกัดที่เหมาะสมไปใช้เตรียมน้ำมันไก่ในการทดลองต่อไป (โดยพิจารณาประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันที่สูงและ/หรือ ค่า FFA และ TOTOX ที่ต่ำ) น้ำมันที่เตรียมได้นี้นำไปตรวจวิเคราะห์ชนิดกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบด้วย Gas chromatography technique

3.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ fractionation ในการแยกส่วนน้ำมันและไขมันไก่

เตรียมน้ำมันไก่ด้วยวิธีในข้อ 3.1 ก่อนนำน้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส (Arnaud *et al.*, 2006) เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน (1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง) กรองแยกส่วนของไขมันและน้ำในออกจากกัน ตัวอย่างไขมันและน้ำมันที่ได้นำไปเก็บรักษาที่ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่เกิน 2 สัปดาห์ ก่อนนำไปตรวจสอบลักษณะต่าง ๆ นำตัวอย่างน้ำมันไปทำละลายที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วตรวจวิเคราะห์

- 1) ค่าความชื้น: ตามวิธีของ Sheu and Chen (2002)
- 2) ค่าสี: ด้วยเครื่อง Hunter Lab colorimeter (Color Flex, Hunter Associate Laboratory Inc., VA, USA)
- 3) ค่าไอโอดีน (Iodine value, IV): ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (2005)
- 4) ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA): ตามวิธีมาตรฐานของ AOCS (1994)
- 5) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV): ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)
- 6) ค่า *p*-Anisidine value (*p*-AV): วิธีของ Enriquez-Fernandez *et al.* (2011)
- 7) ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs content): ตามวิธีของ Aewsiri *et al.* (2009)
- 8) ค่า Total oxidative degree (TOTOX): วิธีของ De Abreu *et al.*, (2010)
- 9) ชนิดกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบด้วย Gas chromatography technique

เลือกสภาวะการ fractionation ที่เหมาะสม (โดยพิจารณาจากปริมาณส่วนของไขมันสูงที่สุดและ/หรือ ค่า FFA และ TOTOX ที่ต่ำ) ไปใช้ในการทดลองต่อไป

3.3 การศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของส่วนไขมันที่ได้จากกระบวนการ fractionation

ตัวอย่างไขมันที่ได้จากกระบวนการในข้อ 12.2 นำมาเก็บรักษาในขวดแก้วฝาเกลียวปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิห้อง ก่อนสุ่มตัวอย่างทุกวันที่ 0, 3, 7, 10, 14, 21 และ 28 มาตรวจสอบค่าดังนี้

- 1) ค่ากรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA): ตามวิธีมาตรฐานของ AOCS (1994)
- 2) ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV): ตามวิธีมาตรฐานของ AOAC (1995)
- 3) *p*-Anisidine value (*p*-AV): วิธีของ Enriquez-Fernandez *et al.* (2011)
- 4) ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs content): ตามวิธีของ Aewsiri *et al.* (2009)
- 5) ค่า Total oxidative degree (TOTOX): วิธีของ De Abreu *et al.* (2010)

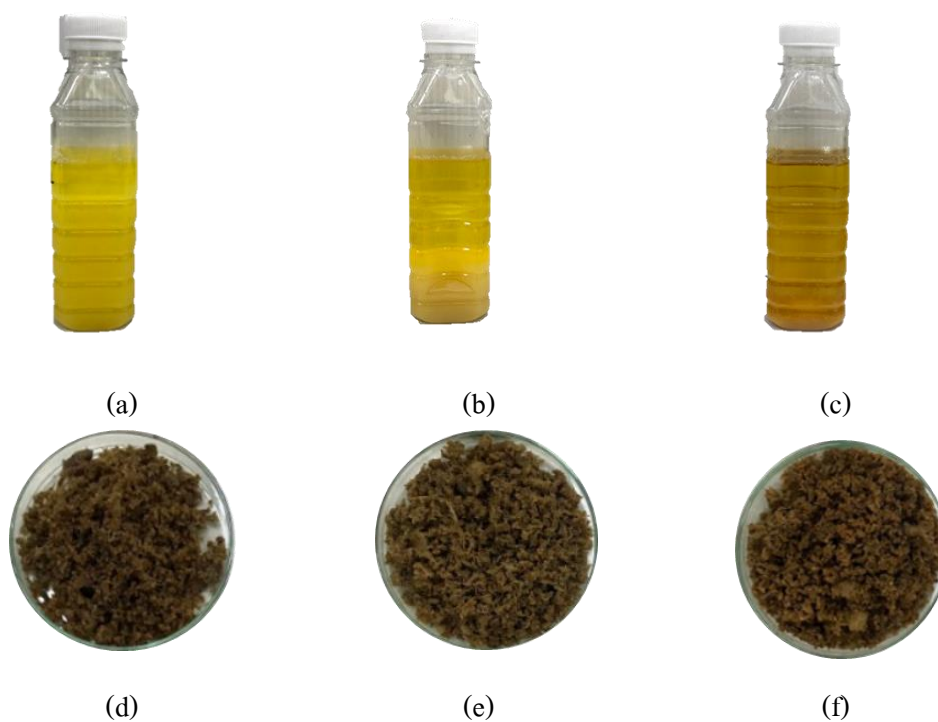
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 การหาสถานะในการแยกน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่

4.1.1 ลักษณะน้ำมันไก่ที่สกัดได้

จากการสกัดน้ำมันไก่จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส พบว่าสีของน้ำมันไก่เข้มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.1) โดยน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีลักษณะสีเหลืองปนน้ำตาล ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลในการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน (Lipid oxidation) ทำให้น้ำมันมีสีเข้มมากขึ้น



ภาพที่ 4.1 ลักษณะน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (a), 100 องศาเซลเซียส (b) และ 120 องศาเซลเซียส (c) และลักษณะกากที่ได้จากการสกัดน้ำมันที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส (d), 100 องศาเซลเซียส (e) และ 120 องศาเซลเซียส (f)

4.1.2 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน

ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันไก่ที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่าการสกัดน้ำมันที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพสูงที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมัน โดยอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันไก่ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการสกัด (องศาเซลเซียส)	ประสิทธิภาพการสกัด (ร้อยละ)
80	70.36
100	72.83
120	73.08

4.1.3 ความชื้น

ปริมาณความชื้นของไขมันช่องท้องไก่ และน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าไขมันช่องท้องไก่ มีปริมาณความชื้นร้อยละ 18.82 ในขณะที่น้ำมันไก่มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.85-0.86

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของไขมันช่องท้องไก่ และน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิในการสกัด (องศาเซลเซียส)	ความชื้น (ร้อยละ)
ไขมันช่องท้องไก่	18.82±0.89
80	0.86±0.12
100	0.85±0.00
120	0.86±0.01

4.1.4 ค่าสี

ค่าสี ($L^*a^*b^*$) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่า ค่า L^* ของน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสมีค่าสูงที่สุด และเมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง ค่า a^* ของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้พบว่าค่า b^* ของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสมีค่าต่ำที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าความสว่างของน้ำมันลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงในการสกัด ส่งผลให้น้ำมันเนื้อเยื่อไขมันถูกดึงออกในปริมาณมากพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) โดยปฏิกิริยาดังกล่าวทำให้เกิดสารประกอบคาร์บอนิล (Carbonyl compounds) ทำปฏิกิริยากับสารประกอบอะมิโนทำให้เกิดสีน้ำตาล รวมถึงสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นเกิดจากการสลายตัวของโปรตีน นอกจากนี้ความร้อนและความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของน้ำมัน (Lipid hydrolysis) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Lipid oxidation) ส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระและกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เกิดสารประกอบที่ทำให้น้ำมันมีสีเข้มขึ้น (ความสว่างลดลง)

ตารางที่ 4.3 ค่าสี ($L^*a^*b^*$) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
80	5.04 ± 0.29^a	0.57 ± 0.02^a	-0.93 ± 0.08^a
100	2.32 ± 0.26^b	0.59 ± 0.05^a	-0.92 ± 0.26^a
120	2.47 ± 0.43^b	0.64 ± 0.36^a	-0.42 ± 0.24^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.5 ค่าไอโอดีน (Iodine value, IV)

ค่าไอโอดีน (Iodine value) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าค่าไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เป็นค่าไอโอดีนบ่งชี้ความไม่อิ่มตัวของน้ำมันและไขมัน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพันธะคู่ของน้ำมัน

ตารางที่ 4.4 ค่าไอโอดีน (Iodine value) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าไอโอดีน
80	23.31 ± 0.80^a
100	23.50 ± 1.61^a
120	20.85 ± 0.77^b

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.6 กรดไขมันอิสระ (Free fatty acid, FFA)

กรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.5 พบว่าอุณหภูมิการสกัดมีผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน โดยน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสมีปริมาณกรดไขมันสูงที่สุด ทั้งนี้การใช้อุณหภูมิสูงเป็นการเร่งให้เกิดการแตกตัวของไตรกลีเซอไรด์เป็นกรดไขมันอิสระได้สูงขึ้น นอกจากนี้การใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดอาจเหนี่ยวนำให้ไขมันเกิดการออกซิเดชัน (Lipid oxidation) ส่งผลให้มีการสร้างกรดไขมันอิสระมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของหนึ่งฤทัยและคณะ (2561) พบว่าอุณหภูมิในการสกัดที่สูงขึ้น ส่งผลให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น โดยความร้อนเป็นปัจจัยที่ ส่งผลให้น้ำมันมีคุณภาพลดลง และปริมาณกรดไขมันอิสระสูงขึ้น

ตารางที่ 4.5 ค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณกรดไขมันอิสระ (mg KOH/g)
80	1.10 ± 0.10^b
100	1.23 ± 0.06^b
120	1.43 ± 0.12^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.7 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และ *p*-Anisidine value (*p*-AV)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (peroxide value) และค่า *p*-anisidine (*p*-AV) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.6 พบว่าค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า *p*-anisidine มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น โดยน้ำมันที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าเปอร์ออกไซด์และค่า *p*-anisidine ต่ำที่สุด ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) เป็นดัชนีบ่งชี้ขั้นเริ่มต้นของการเกิดกลิ่นหืนและใช้ตรวจวัดผลิตภัณฑ์ขั้นเริ่มต้นของการเกิดออกซิเดชันในไขมัน โดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันชนิดนี้ จำเพาะกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งนำไปสู่การลดลงของน้ำมัน หากน้ำมันที่สกัดได้มีค่าเปอร์ออกไซด์ สูงแสดงถึงการเกิดออกซิเดชันมาก ในขณะที่ค่า *p*-anisidine เป็นดัชนีบ่งชี้ระดับสารพิษภูมิที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Lipid oxidation) เนื่องจาก *p*-AV เป็นสารประกอบที่เกิดจากการแตกตัวของเปอร์ออกไซด์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการสกัดน้ำมัน อาจเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น และส่งผลให้น้ำมันที่สกัดได้มีกลิ่นหืนมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ค่า PV จะมีความไวต่อน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนสูง โดยการให้ความร้อนสูงในน้ำมันจะทำให้มีการดูดซับออกซิเจนเข้าสู่ภายในน้ำมันมาก (Hudson, 1983) สอดคล้องกับการศึกษาของหนึ่งฤทัยและคณะ (2561) พบว่าอุณหภูมิในการสกัดที่สูงขึ้น ส่งผลให้ค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น และการแตกตัวของเปอร์ออกไซด์ เป็น *p*-anisidine มีแนวโน้มเกิดจากผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด

ตารางที่ 4.6 ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) และ *p*-Anisidine value (*p*-AV) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	PV (meq/ kg)	<i>p</i> -AV
80	5.85 ± 0.08^b	5.54 ± 0.05^b
100	8.40 ± 0.60^a	7.75 ± 0.06^a
120	7.97 ± 0.43^a	7.39 ± 0.12^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.8 ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs)

ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำมันที่สกัดที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสมีค่า TBARs สูงที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมาคือ 100 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่า TBARs แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นที่ 2 โดยวัดปริมาณผลิตภัณฑ์ประเภทกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acid) เช่น แอลดีไฮด์ และคีโตน เป็นต้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการสกัดที่สูงขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นที่ 2 และสร้างสารประกอบแอลดีไฮด์ และคีโตนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.7 ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณ TBARs (mg MDA/kg)
80	0.56 ± 0.01^c
100	0.64 ± 0.03^b
120	0.82 ± 0.06^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.9 ค่า Total oxidative degree (TOTOX)

ค่า Total oxidative degree (TOTOX) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่า ค่า TOTOX ของน้ำมันที่สกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำที่สุด ($p < 0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า TOTOX ของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 และ 120 องศาเซลเซียส ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมามีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยอุณหภูมิสูงจะเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาของไขมันเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.8 ค่า Total oxidative degree (TOTOX) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	TOTOX
80	12.56 ± 0.16^b
100	17.65 ± 1.19^a
120	16.78 ± 0.86^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.1.10 ปริมาณกรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมัน (Fatty acid) ในน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.9 พบว่า น้ำมันไก่อมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ได้แก่ Oleic acid, Palmitic acid, Linoleic acid, Stearic acid, Palmitoleic acid, Myristic acid, Lauric acid และ Gamma-Linolenic acid ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ได้แก่ Alpha Linolenic acid (ALA), cis-11-Eicosenoic acid, cis-11,14-Eicosadienoic acid, cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid และ Arachidonic acid ทั้งนี้กรดไขมันอิ่มตัวมีปริมาณสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว และกรดไขมันชนิด Oleic acid มีปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ Palmitic acid และ Linoleic acid ตามลำดับ

นอกจากนี้พบว่าอุณหภูมิในการสกัดน้ำมันไก่อมีผลต่อปริมาณกรดไขมันในน้ำมัน โดยอุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวบางชนิดเพิ่มขึ้น ได้แก่ Myristic

acid, Palmitic acid, Stearic acid, cis-11-Eicosenoic acid และ Arachidonic acid ซึ่งการใช้ไขมันสูง 120 องศาเซลเซียสส่งผลให้น้ำมันไก่มีกรดไขมันดังกล่าวสูงสุด อย่างไรก็ตาม พบว่าการใช้ไขมันสูงในการสกัดน้ำมันไก่อาจส่งผลต่อกรดไขมันบางชนิดที่มีปริมาณลดลง ได้แก่ Palmitoleic acid, และ Linoleic acid นอกจากนี้พบว่าปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวมีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิในการสกัดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าการสกัดน้ำมันด้วยอุณหภูมิสูง ส่งผลต่อชนิดและกรดไขมันในน้ำมัน

ตารางที่ 4.9 ปริมาณกรดไขมัน (Fatty acid) ในน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิต่างๆ

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (กรัม/100กรัม)		
	80 °C	100 °C	120 °C
กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid)			
Lauric acid	0.36	0.34	0.35
Myristic acid	0.81	0.78	0.82
Palmitic acid	23.53	23.57	24.27
Palmitoleic acid	4.68	4.50	4.46
Stearic acid	5.04	5.05	5.42
Oleic acid	43.75	43.94	43.06
Linoleic acid	15.40	15.08	14.85
Gamma-Linolenic acid	0.21	0.20	0.21
กรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด	93.78	93.46	93.44
กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid)			
Alpha Linolenic acid (ALA)	0.74	0.73	0.74
cis-11-Eicosenoic acid	0.45	0.46	0.47
cis-11,14-Eicosadienoic acid	0.16	0.17	0.16
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid	0.10	0.13	0.11
Arachidonic acid	0.17	0.18	0.20
กรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด	1.62	1.67	1.68

4.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ Fractionation ในการแยกส่วนน้ำมันและไขมันไก่

4.2.1 ผลของกระบวนการ Fractionation ในการแยกส่วนน้ำมันและไขมันไก่

จากตารางที่ 4.10 การศึกษาระยะเวลาในกระบวนการ fractionation ที่เหมาะสม ด้วยการแยกส่วนน้ำมันที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าส่วนของน้ำมันและไขมันไก่ไม่เกิดการแยกชั้น ทั้งนี้เนื่องจาก ในน้ำมันที่สกัดนั้นทำให้เกิดการระเหยของน้ำออกจนหมดและในน้ำมันจึงไม่มีน้ำหลงเหลืออยู่ส่งผลให้การทดสอบน้ำมันไม่เกิดการแยกชั้น

ตารางที่ 4.10 ผลของกระบวนการ Fractionation ต่อลักษณะของน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ผลการทดสอบ
80	1.5	ไม่แยกชั้น
	3	ไม่แยกชั้น
	6	ไม่แยกชั้น
100	1.5	ไม่แยกชั้น
	3	ไม่แยกชั้น
	6	ไม่แยกชั้น

4.2.2 ความชื้น

จากตารางที่ 4.11 ปริมาณความชื้นของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation 6 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด โดยมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 0.56 และเมื่อมีระยะเวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลากระบวนการ fractionation 3 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้นสูงที่สุด โดยมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 0.16 และเมื่อใช้ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศา

เซลเซียส ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation 6 ชั่วโมง มีปริมาณความชื้น ไม่แตกต่างจากน้ำมันที่ใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.11 ความชื้นของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (ร้อยละ)
80	1.5	0.46±0.05 ^b
	3	0.51±0.04 ^{ab}
	6	0.56±0.01 ^a
100	1.5	0.09±0.02 ^d
	3	0.16±0.03 ^c
	6	0.09±0.02 ^d

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.3 ค่าสี

จากตารางที่ 4.12 ค่าสี ($L^* a^* b^*$) ของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10–12 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า ค่า L^* (ความสว่าง) ของน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation 1.5 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด และเมื่อมีระยะเวลาเพิ่มขึ้น ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง และเมื่ออุณหภูมิการสกัดลดลง (80 องศาเซลเซียส) ค่า L^* มีแนวโน้มลดลง ค่า a^* (สีแดง) ของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการแยกส่วน 3 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด และเมื่อมีระยะเวลาในกระบวนการ fractionation เพิ่มขึ้น ค่า a^* มีแนวโน้มลดลง น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการแยกส่วน 1.5 ชั่วโมง ค่า a^* มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการแยกส่วน 1.5 ชั่วโมง มีค่า a^* มากที่สุด และเมื่อมีระยะเวลาในการแยกส่วนเพิ่มขึ้นค่า a^* มีแนวโน้ม

ลดลง ค่า b^* (สีเหลือง) ของน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการแยกส่วน 6 ชั่วโมง มีค่าสูงที่สุด และเมื่อมีระยะเวลาในการแยกส่วนลดลง ค่า b^* มีแนวโน้มลดลง ค่า b^* ของอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการแยกส่วน 1.5 ชั่วโมง มีค่า b^* มากกว่าที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมง นอกจากนี้ น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง มีค่า b^* มากที่สุด และเมื่อมีระยะเวลาการแยกส่วนลดลง ค่า b^* มีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4.12 ค่าสี (L^* a^* b^*) ของผลิตภัณฑ์น้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ค่าสี		
		L^*	a^*	b^*
80	1.5	48.21±1.51 ^c	-4.26±0.12 ^b	6.32±0.26 ^a
	3	40.36±1.26 ^d	-3.80±0.14 ^a	6.45±0.10 ^a
	6	40.10±0.36 ^d	-3.93±0.21 ^a	6.31±0.12 ^a
100	1.5	51.94±0.08 ^a	-3.89±0.09 ^a	8.87±0.28 ^a
	3	50.2±0.74 ^b	-4.23±0.04 ^b	7.36±1.14 ^{ab}
	6	49.90±0.39 ^b	-3.94±0.09 ^a	8.18±0.26 ^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.4 ค่าไอโอดีน (Iodine value)

ค่าไอโอดีน (Iodine value) ของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ด้วยอุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10–12 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation ของแต่ละอุณหภูมิ ไม่ส่งผลต่อค่าไอโอดีน (Iodine value) ทั้งนี้ค่าไอโอดีนบ่งชี้ว่าน้ำมัน มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด ถ้ามีค่าไอโอดีน (Iodine value) สูง แสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบจำนวนมาก และจะเกิดการหืน (rancidity) แบบ lipid oxidation ได้ง่าย ซึ่งการแยกโดยใช้เวลาต่างๆ ไม่ส่งผลต่อความอืดตัวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมัน ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าไอโอดีน (Iodine value) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	IV (mg I ₂ /g)
80	1.5	28.39±0.14 ^a
	3	27.40±0.42 ^a
	6	27.38±1.74 ^a
100	1.5	26.80±0.90 ^a
	3	28.21±0.43 ^a
	6	27.46±0.44 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.5 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid)

จากตารางที่ 4.14 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10–12 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิในการสกัด และระยะเวลาในกระบวนการ fractionation ไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน เนื่องจากปริมาณกรดไขมันอิสระในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า กระบวนการออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) และปฏิกิริยา hydrolysis ไม่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ fractionation สอดคล้องกับการรายงานของ กันทรี และคณะ (2007) รายงานว่า กระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 22.5, 25 และ 27.5 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 3, 6 และ 18 ชั่วโมง ไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมันหมู

ตารางที่ 4.14 ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วย
อุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	กรดไขมันอิสระ (mg KOH/g)
80	1.5	1.75±0.52 ^a
	3	1.77±0.21 ^a
	6	1.53±0.19 ^a
100	1.5	1.30±0.01 ^a
	3	1.29±0.01 ^a
	6	1.28±0.34 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่าง
กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.6 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และ *p*-Anisidine value (*p*-AV)

ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10–12 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation 1.5 ชั่วโมง มีค่าเปอร์ออกไซด์สูงที่สุด แสดงถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันได้ง่าย เนื่องจากปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน และเมื่อระยะเวลาในกระบวนการ fractionation เพิ่มขึ้น ค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มลดลง และไม่แตกต่างจากน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ของไขมัน เกิดอนุมูลอิสระ และสารประกอบเปอร์ออกไซด์มากขึ้น ดังตารางที่ 4.15 นอกจากนี้ พบว่า น้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีค่า *p*-Anisidine value (*p*-AV) สูงกว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม น้ำมันไก่ที่สกัดในสถานะเดียวกัน (สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 หรือ 100 องศาเซลเซียส) และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่า *p*-Anisidine value (*p*-AV) ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.15 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และ *p*-anisidine value (*p*-AV) ในน้ำมันจากไขมัน
ช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิและผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	PV (meg PV/kg)	<i>p</i> -AV
80	1.5	1.48±0.50 ^a	5.23 ± 0.03 ^c
	3	0.82±0.28 ^b	5.67 ± 0.05 ^b
	6	0.98±0.01 ^{ab}	5.69 ± 0.04 ^b
100	1.5	1.48±0.01 ^a	7.23 ± 0.07 ^a
	3	1.48±0.02 ^a	7.26 ± 0.05 ^a
	6	1.32±0.29 ^a	7.25 ± 0.05 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่าง
กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.7 ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs)

ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมัน
ช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ
10-12 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าน้ำมันไก่ที่สกัด
ด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส
ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง มีค่า TBARs ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
นอกจากนี้ น้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และแยกส่วนน้ำมันที่ระยะเวลาต่างๆ มี
ค่า TBARs ไม่แตกต่างกันเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการ fractionation ไม่มี
ผลต่อค่า TBARs ทั้งนี้ค่า TBARs แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นที่ 2 โดยวัดปริมาณ
ผลิตภัณฑ์ประเภทกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acid) เช่น แอลดีไฮด์ และคีโตน เป็นต้น
จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการแยกส่วนน้ำมัน อาจไม่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยา
ออกซิเดชันในขั้นที่ 2

ตารางที่ 4.16 ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs content) ของน้ำมันที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณ TBARs (mg MDA/kg)
80	1.5	0.48 ± 0.03^b
	3	0.50 ± 0.02^b
	6	0.52 ± 0.03^b
100	1.5	0.63 ± 0.05^a
	3	0.66 ± 0.01^a
	6	0.68 ± 0.03^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่าค่าดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.2.8 ค่าโทท็อก (TOTOX)

จากตารางที่ 4.17 ค่าโทท็อก (TOTOX) ของน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่อุณหภูมิ 10–12 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่า น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิที่ 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation 1.5 ชั่วโมง มีค่าโทท็อก (TOTOX) สูงที่สุด บ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำมันที่เกิดการเสื่อมเสีย เนื่องจาก ปฏิกิริยา oxidation ของไขมันมาก และอุณหภูมิการสกัด 80 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในกระบวนการ fractionation ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าโทท็อก (TOTOX) มีแนวโน้มลดลง และน้ำมันที่สกัดได้จากไขมันช่องท้องไก่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4.17 ค่าโทท็อก (TOTOX) ในน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ และผ่านกระบวนการ fractionation ที่ระยะเวลาต่างๆ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (ชั่วโมง)	TOTOX
80	1.5	4.71±0.97 ^a
	3	3.42±0.69 ^b
	6	3.50±0.20 ^b
100	1.5	4.25±0.01 ^{ab}
	3	4.25±0.05 ^{ab}
	6	3.92±0.67 ^{ab}

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3 การศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของส่วนไขมันไก่ที่ได้จากกระบวนการ fractionation ในระหว่างเก็บรักษา

4.3.1 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV)

จากประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 205) พ.ศ.2543 เรื่องน้ำมันและไขมัน ได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพของน้ำมันที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติให้มีค่า Peroxide value (PV) ได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม งานวิจัยนี้จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานค่า PV เป็นดัชนีกำหนดอายุการเก็บรักษา จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.18 พบว่า ค่า PV มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ น้ำมันไก่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ส่งผลให้เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น กรดไขมันไม่อิ่มตัวเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation) และได้ผลผลิตเป็นสารประกอบกลุ่มเปอร์ออกไซด์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อิศระ และคณะ (2563) รายงานว่า ค่า PV ของน้ำมันสุกร มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ พบว่า น้ำมันที่เก็บรักษา เป็นเวลา 28 วัน มีค่า PV เท่ากับ 12.04 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานกำหนด (PV ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม) บ่งชี้ว่าน้ำมันเกิดการเสื่อมคุณภาพ

ตารางที่ 4.18 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value, PV) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา

เวลา (วัน)	Peroxide value (meg/kg)
0	1.64±0.05 ^f
3	1.68±0.04 ^f
7	1.87±0.02 ^e
10	3.59±0.03 ^d
14	5.72±0.05 ^c
21	8.31±0.05 ^b
28	12.04±0.09 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.2 ค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA)

ค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ของน้ำมันไก่อระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.19 พบว่า กรดไขมันอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม กรดไขมันอิสระมีค่าคงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (0-7 วัน) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 10 เป็นต้นไป ทั้งนี้ เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid oxidation) ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กรดไขมันอิสระ และสารประกอบเพอร์ออกไซด์ โดยในระหว่างการเก็บรักษา อาจมีปัจจัยที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น ออกซิเจน แสง และน้ำ ส่งผลให้เนื้อมีแนวโน้มให้เกิดอนุมูลอิสระ และกรดไขมันอิสระเพิ่มมากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.19 ค่ากรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) ของน้ำมันไก่อระหว่างการเก็บรักษา

เวลา (วัน)	ค่ากรดไขมันอิสระ (mg KOH/g)
0	1.38±0.05 ^c
3	1.38±0.02 ^c
7	1.41±0.01d ^c
10	1.45±0.02 ^d
14	2.13±0.03 ^c
21	2.23±0.05 ^b
28	3.51±0.04 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.3 *p*-Anisidine value (*p*-AV)

ค่า *p*-Anisidine value (*p*-AV) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.20 พบว่า ค่า *p*-AV ของน้ำมันไก่ที่ระยะการเก็บรักษา 0-10 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระยะการเก็บรักษามากกว่า 10 วัน ทั้งนี้ ค่า *p*-Anisidine Value (*p*-AV) เป็นดัชนีบ่งชี้ระดับสารพิษที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา Lipid Oxidation เนื่องจาก *p*-AV เป็นสารประกอบที่เกิดจากการแตกตัวของเปอร์ออกไซด์ (Irwin and Hedges, 2004) ดังนั้น การเก็บน้ำมันในระยะเวลาอันยาวนานจะส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสภาวะในการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง และมีการสัมผัสกับแสง ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นที่ 1 อาจเหนี่ยวนำให้เกิดปฏิกิริยาแบบลูกโซ่ จึงทำให้ค่า *p*-AV เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.20 ค่า *p*-Anisidine value (*p*-AV) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา

เวลา (วัน)	<i>p</i> -AV
0	8.13±0.16 ^d
3	7.88±0.03 ^c
7	8.09±0.07 ^d
10	8.12±0.04 ^d
14	9.51±0.03 ^c
21	9.90±0.05 ^b
28	10.23±0.03 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.4 ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs)

ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.21 พบว่า ค่า TBARs ของน้ำมันไก่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 0-7 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยมีค่า 0.70-0.72 mg MDA/kg อย่างไรก็ตาม ค่า TBARs มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาเก็บรักษานานกว่า 7 วัน โดยเมื่อเก็บรักษาน้ำมันไก่ นาน 28 วัน ส่งผลทำให้ค่า TBARs สูงที่สุด ทั้งนี้ ค่า TBARs แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นที่ 2 โดยวัดปริมาณผลิตภัณฑ์ประเภทกรดไขมันที่ระเหยได้ (Volatile fatty acid) เช่น แอลดีไฮด์ และคีโตน เป็นต้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในขั้นที่ 2 เพิ่มขึ้น จึงเกิดสารประกอบกลุ่มแอลดีไฮด์เพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.21 ปริมาณ Thiobarbituric reactive substances (TBARs) ของน้ำมันไก่ระหว่างการเก็บรักษา

เวลา (วัน)	TBARs content (mg MDA/kg)
0	0.72±0.04 ^d
3	0.70±0.02 ^d
7	0.72±0.03 ^d
10	0.78±0.05 ^c
14	0.78±0.03 ^c
21	0.87±0.03 ^b
28	1.05±0.03 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

4.3.5 ค่า Total oxidative degree (TOTOX)

ค่า Total oxidative degree (TOTOX) ของน้ำมันไก่อระหว่างการเก็บรักษา แสดงดังตารางที่ 4.22 พบว่า ค่า TOTOX ของน้ำมันที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0-3 วัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่การเก็บรักษาในวันที่ 7 เป็นต้นไป ทั้งนี้พบว่าระยะการเก็บรักษาที่นานมากยิ่งขึ้น มีผลให้ค่า TOTOX มีค่าเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.22 ค่า Total oxidative degree (TOTOX) ของน้ำมันไก่อระหว่างการเก็บรักษา

เวลา (วัน)	ค่า TOTOX
0	11.41±0.26 ^f
3	11.24±0.08 ^f
7	11.82±0.07 ^c
10	15.29±0.04 ^d
14	20.96±0.08 ^c
21	26.51±0.05 ^b
28	30.32±0.14 ^a

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดไขมันจากช่องท้องไก่

อุณหภูมิการสกัดน้ำมันจากไขมันช่องท้องไก่ที่เหมาะสม คือ 80 และ 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากได้ปริมาณน้ำมันสูงที่สุด คือร้อยละ 72.83 และ 73.08 ตามลำดับ นอกจากนี้ มีค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และค่าโทท็อก (TOTOX) ต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 0.82-1.48 และ 3.42-4.71 ตามลำดับ ส่วนค่าไอโอดีน (Iodine value) มีค่าสูงกว่า 120 องศาเซลเซียส จึงเลือกสภาวะดังกล่าวไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

5.1.2 การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ fractionation ในการแยกส่วนน้ำมัน และไขมันไก่

การหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการ fractionation โดยแยกส่วนน้ำมันไก่ที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส แยกส่วนที่อุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส โดยระยะเวลาการเก็บรักษา 1.5, 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า กระบวนการแยกส่วนน้ำมันไม่มีผลทำให้เกิดการแยกส่วนของน้ำมันและไขมัน นอกจากนี้ ค่าไอโอดีน (Iodine value) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีค่า 226.80-28.39 mgI₂/g และ 1.28-1.77 mgKOH/g ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value) และ ค่าโทท็อก (TOTOX) ของน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการแยกส่วน 1.5 ชั่วโมง มีค่าโทท็อกสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการแยกส่วน 3 และ 6 ชั่วโมง ในขณะที่น้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และแยกส่วนที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า TOTOX ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) จากผลการวิจัยดังกล่าว จึงคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการ fractionation คือ ระยะเวลาการแยกส่วน 1.5 ชั่วโมง และน้ำมันที่สกัดด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากใช้เวลาสั้นในการแยกส่วน และคุณภาพทางเคมีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

5.1.3 การศึกษาคุณภาพระหว่างเก็บรักษาของส่วนไขมันไก่ที่ได้จากกระบวนการ fractionation

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำมันไก่อระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่งผลให้คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ค่า *p*-Anisidine ค่า TBARs และ ค่า TOTOX มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ พบว่าน้ำมันไก่ที่เก็บรักษานาน 28 วัน มีค่า PV เท่ากับ ทั้งนี้ค่า PV มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ไม่เกิน 10 meq/kg) แสดงให้เห็นว่าน้ำมันเกิดการเสื่อมคุณภาพ เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการ fractionation เพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันที่แยกส่วน

5.2.2 ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

- Aewsiri T, Benjakul S, Visessanguan W, Eun J.B, Wierenga W and Gruppen H. 2009. Antioxidative activity and emulsifying properties of cuttlefish skin gelation modified by oxidized phenolic compounds. *Food Chem.* 117: 60-168.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC. Washing DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC. Washing DC: Association of Official Analytical Chemists.
- AOCS. 1994. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign: AOCS Press.
- De Abreu DAP, Losada PP, Maroto J, Cruz JM. 2010 Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Food Res. Intl.* 43: 1277-1282.
- Enriquez-Fernandez Be, de la Cadena y Yanez LA, Sosa-Morales ME. 2011. Comparison of stability of palm olein and a plam olein/canola oil blend during deep-fat frying of chicken nuggets and French fries. *Intl. J. Food Sci. Tech.* 46: 1231-1237.
- Heerden, S.M., Schonfeldt, H.C., Smith, M.F. and Jansen van Rensburg, D.M. 2002. Nutrint content of South African chicken. *J. Food. Comp. Anal.* 15: 47-64.
- <https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=19%20Supanon.pdf&id=2580&kee=3>
- <https://amprohealth.com/magazine/fatty-acid-trans-fat/>
- https://chemistry.mju.ac.th/goverment/954_chemistry/Doc_21.pdf
- Lin, L.K. and Tan, F.J. 2017. Influence of rendering methods on yield and quality of chicken fat recovered from broiler skin. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30(6): 872-877.
- Irwin, J.W. and Hedges, N. 2004. Understanding and Measuring the Shelf-Life of Food. *Food Science, Technology and Nutrition.* 286-316.
- Sheu, K.S. and Chen, T.C. 2002. Yield and quality characteristics of edible broiler skin fat as obtained from fve rendering methods. *J. Food. Eng.* 55: 263-9.

Zhang, L., Yin, B. and Rui, H. 2013. Effects of microwave rendering on the yield and characteristics of chicken fat from broiler abdominal fat tissue. J. Food. Sci. Technol. 50(6):1151–1157.

ชลธิ แก้วคต, เจษฎา เรืองสุริยะ และสัณชัย จตุรติทธา. 2561. คุณภาพซาก องค์ประกอบเคมี และค่าเสถียรภาพออกซิเดชันของเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมืองของไทยกับไก่ไข่ ไก่พื้นเมืองไทย ไก่ไข่ และไก่กระทง. วารสารเกษตรเชียงใหม่ 2561 : 34 (2) : 277-285 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ และ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ออนไลน์).

ชิฟูเอนเตส, อเลสซานโดร 2556. ชนิดกรดไขมัน (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :

เข้าถึงได้จาก : <https://li01.tcithaijo.org/index.php/joacmu/article/view/176505/125893>

ธีรวัช สิงหศิริ. 2557. สภาพที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันไข่ไก่ โดยใช้สูตราโซนิคในการทำปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 43(4): 738-748.

พนัธิพา จันทวัฒน์. 2524. การผลิตน้ำมันปรุงอาหารคุณภาพสูงจากไขมันไก่. ภาควิชาเคมีเทคนิคจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วลัยพัชร ใจเรือน รัตนชัย ไพรินทร์ และเก๋กัณยา สุดประเสริฐ. 2560. การผลิตไบโอดีเซลด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันจากไขมันไก่. RMUTSB Acad. J. 5(1): 41-49.

ศศิพันธ์ วงศ์สุททาวาส สุวิทย์ ธีรพันธุ์วัฒน์ วีระศักดิ์ วงศ์ศรีแก้ว และสุกร กตเวทิน. 2547. อิทธิพลของปริมาณและสัดส่วนกรดไขมันอิ่มตัวกับไม่อิ่มตัวในอาหารต่อค่าไอโอดีนัมเบอร์และการสะสมไขมันในซากไก่เนื้อ. วารสารวิจัย มข. (บศ.) 4: 24-31.

ศุภนันท์ ตู้เนียม และมนต์ชัย ดวงจินดา. 2559. การศึกษาแนวทางการปรับปรุงพันธุ์เพื่อลดไขมันช่องท้องในไก่. วารสารแก่นเกษตรขอนแก่น 2559 : 44 (3) : 547-556 ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :

สุพาพร แสงสีขาน 2561. การสกัด (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก :

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. ไข่และเนื้อไก่. บุรพาสาน. กรุงเทพมหานคร

อาวุธ ต้นโซ. 2538. การผลิตสัตว์ปีก. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ภาคผนวก ก ที่ 1 การวิเคราะห์ค่า ไอโอดีน (Iodine Value)

วิธีที่ใช้ : Wijs method (A.O.A.C., 2000)

สารเคมี :

1. Wijs Solution
2. KI Solution เข้มข้น 10%
3. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Solution เข้มข้น 1 M
4. Cyclohexane
5. น้ำแข็ง

วิธีการวิเคราะห์ :

1. ชั่งไขมันตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ flask 250 ml
2. เติม Cyclohexane 10 ml ลงในตัวอย่างไขมันและใน Blank แล้วแกว่ง flask รอบๆ
3. เติม Wijs Solution 25 ml แล้วเขย่าอย่างรวดเร็ว
4. ปิดจุก เก็บที่ทันที นานประมาณ 30 นาที
5. เติม KI Solution 20 ml และน้ำกลั่น 100 ml
6. ไทเทรตด้วย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

วิธีการคำนวณ

$$\text{Iodine number} = (B-S) \times M \times 12.69 / \text{g sample}$$

เมื่อ $B = \text{ml } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรต Blank

$S = \text{ml } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ที่ใช้ในการไทเทรต sample

$M = \text{Molarity ของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ solution}$

ภาคผนวก ก ที่ 2 การวิเคราะห์ค่า เพอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

วิธีที่ใช้ : Wijs method (A.O.A.C., 2000)

สารเคมี :

1. สารละลายผสมกรดแอซิดกับคลอโรฟอร์ม อัตราส่วน 2 : 3
2. สารละลายอิ่มตัวโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)

ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ปริมาณมากเกินพอในน้ำต้มใหม่ เก็บในที่มืดและทดสอบก่อนใช้ โดยนำสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายผสมกรดแอซิด-คลอโรฟอร์ม 2 : 3 ปริมาตร 25-30 มิลลิลิตร หยคน้ำแป้งลงไป 4-5 หยด ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินให้ทิ้งไปเตรียมใหม่

3. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล

การเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล โดยชั่งโซเดียมไทโอซัลเฟตประมาณ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มให้เดือดเบาๆ นาน 5 นาที แล้วถ่ายลงในขวดสีชาขณะร้อน เก็บสารละลายในที่มืดและเย็น (ไม่เทสารที่ใช้แล้วกลับลงในขวดเก็บ)

การหาความเข้มข้นมาตรฐาน โดยนำสารโพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) เอาอาร์เกรดมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งให้ได้น้ำหนักแน่นอน ใสลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด ขวดละ 0.1 กรัม (สำหรับความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล) แต่ละขวดเติมน้ำกลั่นปราศจากคลอรีนปริมาตร 80 มิลลิเมตร ที่มีโพแทสเซียมไอโอไดด์ 2 กรัม และเติมสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 20 มิลลิเมตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดทันทีเป็นเวลา 10 นาที แล้วไทเทรตกับสารละลายโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตที่เตรียมข้างต้น โดยใช้ น้ำแป้งเข้มข้น 1 % เป็นอินดิเคเตอร์ (เติมน้ำแป้งเมื่อปฏิกิริยาใกล้ถึงจุดยุติและจุดยุติเป็นจุดที่สีน้ำเงินหมดไป) คำนวณความเข้มข้นจากสูตร

$$\begin{aligned} & \text{ความเข้มข้นของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ (นอร์มัล)} \\ &= \frac{K_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{ปริมาตร } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \text{ ที่ใช้เทเทรต (มล.)} \times 0.0490 \end{aligned}$$

4. น้ำแป้ง (soluble starch) เข้มข้น 1 %

วิธีการวิเคราะห์ :

1. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน โดยใช้ปริมาณตัวอย่างดังแสดงใน Appendix Table 1. ใสลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายแอซิดิก-คลอโรฟอร์ม 25 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายอิมัลชันโพแทสเซียมไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร ปิดจุกพร้อมเขย่านาน 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร
5. ไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต พร้อมเขย่าขวดอย่างแรงจนสารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแข็ง 0.5 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตต่อไปจนสีน้ำเงินหมดหายไป (ถ้าการไทเทรตใช้สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเป็น 0.002 นอร์มัล) เตรียมและไทเทรตแบบลงค์เช่นเดียวกับตัวอย่าง

Appendix Table B1. Appropriate sample weight for peroxide value analysis

Peroxide value	Weight of sample (g)
0-12	5.0-2.0
12-20	2.0-1.2
20-30	1.2-0.8
30-50	0.8-0.5
50-90	0.5-0.3

ที่มา : IUPAC (1979)

วิธีการคำนวณ

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{(a-b) \times N \times 1000}{W}$$

กำหนดให้

a = ปริมาตร (มล.) ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

b = ปริมาตร (มล.) ของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรตกับแบบลงค์

N = ความเข้มข้นของโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ภาคผนวก ก ที่ 3 การวิเคราะห์ ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid)

วิธีที่ใช้ : IUPAC, 1979

สารเคมี :

1. เอทิลแอลกอฮอล์ 95%
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์) เข้มข้น 0.1 หรือ 0.05 นอร์มัล

สำหรับความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ เออาร์เกรด ปริมาณ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร แล้วเก็บสารละลายต่างในขวดแก้วซึ่งฝาขวดที่ใช้ต้องไม่ใช่แก้ว

หาความเข้มข้นมาตรฐานที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ก่อนใช้ ให้นำโพแทสเซียมแอสิดฟทาเลท (potassium acid phthalate : $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) ใส่ในกระชก นาฬิกาไปอบในตู้ในตู้อบอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1-2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้สารเย็นในโถดูความชื้นชั่งน้ำหนักให้ได้แน่นอน 0.8 กรัม (สำหรับความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ 3 ขวด เติมเอทิลแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง 50 มิลลิลิตร เขย่าจนละลายหมด แล้วไทเทรตกับสารละลายค่าข้างต้น โดยมีฟีนอล์ฟทาไลน์เป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณความเข้มข้นจากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH} = \frac{\text{น้ำหนักโพแทสเซียมแอสิดฟทาเลท (กรัม)}}{\text{ปริมาตรสารละลาย NaOH ที่ใช้ (มล.)} \times 0.2042}$$

$$\text{สมมูลของโพแทสเซียมแอสิดฟทาเลท} = 204.216$$

3. ฟีนอล์ฟทาไลน์เข้มข้น 1 %

วิธีการวิเคราะห์ :

1. ชั่งตัวอย่างไขมันให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1-10 กรัม ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ให้เป็นกลาง โดยการเติมฟีนอล์ฟทาไลน์ 5 หยด และปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล หยดต่างทีละหยด พร้อมทั้งเขย่าหรือกวน จนได้สารละลายแอลกอฮอล์เป็นสีชมพูถาวร
3. เติมเอทิลแอลกอฮอล์ที่เป็นกลาง 50 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง เขย่าอย่างแรงให้ตัวอย่างละลายในแอลกอฮอล์ ถ้าละลายได้ไม่ดีให้อุ่นที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส

4. ไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล ขณะไทเทรตต้องเขย่าอย่างแรงจนกระทั่งได้สารสีชมพูคงที่อยู่ประมาณ 1 นาที

วิธีการคำนวณ

$$\text{ค่ากรด} = \frac{\text{ปริมาตรค้างที่ใช้ (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นค้าง (นอร์มัล)} \times 56.1}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

กรดไขมันอิสระร้อยละในรูปกรดโอเลอิก

$$= \frac{\text{ปริมาตรค้างที่ใช้ (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นค้าง (นอร์มัล)} \times 28.2}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

กรดไขมันอิสระ (ร้อยละในรูปกรดพาลมิติค)

$$= \frac{\text{ปริมาตรค้างที่ใช้ (มล.)} \times \text{ความเข้มข้นค้าง (นอร์มัล)} \times 25.6}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

หมายเหตุ : น้ำหนักโมเลกุลของกรดคลอริก = 200

น้ำหนักโมเลกุลของกรดพาลมิติค = 256

น้ำหนักโมเลกุลของกรดโอเลอิก = 282

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ภาคผนวก ข ที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความชื้น

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	.4600	.04583	.02646	.3462	.5738	.42	.51
80/3	3	.5133	.03512	.02028	.4261	.6006	.48	.55
80/6	3	.5600	.01000	.00577	.5352	.5848	.55	.57
100/1.5	3	.0900	.01732	.01000	.0470	.1330	.08	.11
100/3	3	.1600	.03464	.02000	.0739	.2461	.12	.18
100/6	3	.0867	.02309	.01333	.0293	.1440	.06	.10
Total	18	.3117	.21036	.04958	.2071	.4163	.06	.57

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	.741	5	.148	162.728	.000
Within Groups	.011	12	.001		
Total	.752	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
100/6	3	.0867			
100/1.5	3	.0900			
100/3	3		.1600		
80/1.5	3			.4600	
80/3	3			.5133	.5133
80/6	3				.5600
Significance		.895	1.000	.051	.083

ภาคผนวก ข ที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าดี

ค่าดี L*

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	48.2067	1.51490	.87463	44.4434	51.9699	46.54	49.50
80/3	3	40.3633	1.25676	.72559	37.2414	43.4853	38.94	41.32
80/6	3	40.0967	.36295	.20955	39.1950	40.9983	39.83	40.51
100/1.5	3	51.9367	.08145	.04702	51.7343	52.1390	51.88	52.03
100/3	3	50.2000	.73980	.42712	48.3622	52.0378	49.37	50.79
100/6	3	49.8967	.38734	.22363	48.9345	50.8589	49.56	50.32
Total	18	46.7833	4.95302	1.16744	44.3203	49.2464	38.94	52.03

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	407.631	5	81.526	103.854	.000
Within Groups	9.420	12	.785		
Total	417.051	17			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

ເລກ	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
80/6	3	40.0967	48.2067	49.8967	51.9367
80/3	3	40.3633			
80/1.5	3				
100/6	3			49.8967	
100/3	3			50.2000	
100/1.5	3				
Significance		.719	1.000	.682	1.000

ค่าเฉลี่ย a*

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	-4.2633	.11846	.06839	-4.5576	-3.9691	-4.40	-4.19
80/3	3	-3.8033	.14189	.08192	-4.1558	-3.4509	-3.93	-3.65
80/6	3	-3.9333	.20744	.11977	-4.4487	-3.4180	-4.12	-3.71
100/1.5	3	-3.8933	.08505	.04910	-4.1046	-3.6821	-3.98	-3.81
100/3	3	-4.2333	.03786	.02186	-4.3274	-4.1393	-4.26	-4.19
100/6	3	-3.9433	.09292	.05364	-4.1741	-3.7125	-4.02	-3.84
Total	18	-4.0117	.20737	.04888	-4.1148	-3.9085	-4.40	-3.65

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	.542	5	.108	6.883	.003
Within Groups	.189	12	.016		
Total	.731	17			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

เวลาดำเนินการ	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
80/1.5	3	-4.2633	
100/3	3	-4.2333	
100/6	3		-3.9433
80/6	3		-3.9333
100/1.5	3		-3.8933
80/3	3		-3.8033
Significance		.775	.229

ค่าสถิติ b***Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	6.3233	.26274	.15169	5.6706	6.9760	6.12	6.62
80/3	3	6.4500	.09539	.05508	6.2130	6.6870	6.35	6.54
80/6	3	6.3133	.12342	.07126	6.0067	6.6199	6.21	6.45
100/1.5	3	8.8733	.27791	.16045	8.1830	9.5637	8.56	9.09
100/3	3	7.3600	1.14000	.65818	4.5281	10.1919	6.10	8.32
100/6	3	8.1767	.25697	.14836	7.5383	8.8150	7.94	8.45
Total	18	7.2494	1.10397	.26021	6.7005	7.7984	6.10	9.09

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	17.646	5	3.529	13.784	.000
Within Groups	3.072	12	.256		
Total	20.719	17			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

ເວລາ	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
80/6	3	6.3133		
80/1.5	3	6.3233		
80/3	3	6.4500		
100/3	3		7.3600	
100/6	3		8.1767	8.1767
100/1.5	3			8.8733
Significance		.759	.072	.118

ภาคผนวก ข ที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่า ไอโอดีน (Iodine Value)

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	28.3933	.13577	.07839	28.0561	28.7306	28.31	28.55
80/3	3	27.3967	.42360	.24456	26.3444	28.4489	27.09	27.88
80/6	3	27.3833	1.74443	1.00715	23.0499	31.7167	25.41	28.72
100/1.5	3	26.8000	.90371	.52176	24.5550	29.0450	25.77	27.46
100/3	3	28.2100	.42568	.24576	27.1526	29.2674	27.75	28.59
100/6	3	27.4567	.43650	.25201	26.3723	28.5410	27.07	27.93
Total	18	27.6067	.91100	.21473	27.1536	28.0597	25.41	28.72

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	5.250	5	1.050	1.422	.285
Within Groups	8.859	12	.738		
Total	14.109	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05
		1
100/1.5	3	26.8000
80/6	3	27.3833
80/3	3	27.3967
100/6	3	27.4567
100/3	3	28.2100
80/1.5	3	28.3933
Significance		.063

ภาคผนวก ข ที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่า เพอร์ออกไซด์ (Peroxide value)

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower	Upper		
					Bound	Bound		
80/1.5	3	1.4833	.49521	.28591	.2532	2.7135	.98	1.97
80/3	3	.8233	.28006	.16169	.1276	1.5190	.50	.99
80/6	3	.9833	.00577	.00333	.9690	.9977	.98	.99
100/1.5	3	1.4767	.00577	.00333	1.4623	1.4910	1.47	1.48
100/3	3	1.4800	.01732	.01000	1.4370	1.5230	1.47	1.50
100/6	3	1.3200	.28583	.16503	.6100	2.0300	.99	1.49
Total	18	1.2611	.34807	.08204	1.0880	1.4342	.50	1.97

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	1.248	5	.250	3.691	.030
Within Groups	.811	12	.068		
Total	2.060	17			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
80/3	3	.8233	
80/6	3	.9833	.9833
100/6	3		1.3200
100/1.5	3		1.4767
100/3	3		1.4800
80/1.5	3		1.4833
Significance		.466	.052

ภาคผนวก ข ที่ 5 ผลการวิเคราะห์ ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid)

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	1.7467	.52482	.30300	.4429	3.0504	1.29	2.32
80/3	3	1.7700	.20809	.12014	1.2531	2.2869	1.64	2.01
80/6	3	1.5300	.19079	.11015	1.0561	2.0039	1.31	1.65
100/1.5	3	1.2967	.00577	.00333	1.2823	1.3110	1.29	1.30
100/3	3	1.2867	.01155	.00667	1.2580	1.3154	1.28	1.30
100/6	3	1.2833	.34005	.19633	.4386	2.1281	.94	1.62
Total	18	1.4856	.32024	.07548	1.3263	1.6448	.94	2.32

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	.802	5	.160	2.043	.144
Within Groups	.942	12	.078		
Total	1.743	17			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

เวลา	N	Subset for alpha = 0.05
		1
100/6	3	1.2833
100/3	3	1.2867
100/1.5	3	1.2967
80/6	3	1.5300
80/1.5	3	1.7467
80/3	3	1.7700
Significance		.079

ภาคผนวก ข ที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่า TOTOX

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
80/1.5	3	4.7133	.97388	.56227	2.2941	7.1326	3.59	5.32
80/3	3	3.4167	.69256	.39985	1.6963	5.1371	2.64	3.97
80/6	3	3.4967	.19732	.11392	3.0065	3.9868	3.27	3.63
100/1.5	3	4.2500	.01000	.00577	4.2252	4.2748	4.24	4.26
100/3	3	4.2467	.04619	.02667	4.1319	4.3614	4.22	4.30
100/6	3	3.9233	.66531	.38412	2.2706	5.5760	3.27	4.60
Total	18	4.0078	.66499	.15674	3.6771	4.3385	2.64	5.32

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
Between Groups	3.694	5	.739	2.319	.108
Within Groups	3.824	12	.319		
Total	7.518	17			

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

Group	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
80/3	3	3.4167	
80/6	3	3.4967	
100/6	3	3.9233	3.9233
100/3	3	4.2467	4.2467
100/1.5	3	4.2500	4.2500
80/1.5	3		4.7133
Significance		.125	.138

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล :

1.1 ภาษาไทย นายพงษ์เทพ เกิดเนตร

1.2 ภาษาอังกฤษ Mr. Pongthep Kertnat

2. ตำแหน่งทางวิชาการ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. ตำแหน่งทางการบริหาร : -

4. หน่วยงานสังกัด : อาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 2/5 หมู่ที่ - ตรอก/ชอย - ถนนราชดำเนินนอก

แขวง/ตำบล บ่อทราย เขต/อำเภอ เมือง

จังหวัด สงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000

โทรศัพท์ 074317100 ต่อ 6090 โทรสาร -

โทรศัพท์มือถือ 081-8916557 อีเมล kertnatthep07@gmail.com

6. วุฒิการศึกษา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอาหาร)

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ สาขาเทคโนโลยีอาหาร กรรมวิธีแปรรูปอาหาร

8. ผลงานตีพิมพ์

พงษ์เทพ เกิดเนตร. 2561. การผลิตน้ำมันงาคั่วเข้มข้นพร้อมดื่มโดยเทคนิคการระเหยภายใต้สุญญากาศ ใน รายงาน สืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 วันที่ 1-3 สิงหาคม 2561 โรงแรมเรอริชญา จังหวัดตรัง ,2561, หน้า 19-28 ,จำนวน 796 -370 หน้า.

พงษ์เทพ เกิดเนตร และจินตนา เจริญเนตรกุล. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยาเครื่องแกงกรอบ. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า. 4(1): หน้า 19-27.

พงษ์เทพ เกิดเนตร และจินตนา เจริญเนตรกุล. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวยาเครื่องแกงกรอบ. ใน รายงานการประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร สจล.ครั้งที่ 1 วันที่ 7 กันยายน 2555 คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ, หน้า 15-21.

พงษ์เทพ เกิดเนตร. 2551. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไวน์ทุเรียนเทศเพื่อพัฒนาชุมชน. วารสารวิจัยรามคำแหง. ม.ค.- มี.ย. 2551, 11(1):หน้า 47-55.

- พงษ์เทพ เกิดเนตร; นัยวิท เกลิมนนท์; ศิรินาถ ศรีอ่อนนวล. 2545. ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผักและผลิตภัณฑ์จังหวัดนครศรีธรรมราช. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 19:ราชมงคลวิชาการ45. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, ปทุมธานี. หน้า362 -370.
- พงษ์เทพ เกิดเนตร. 2545. การศึกษาการผลิตทุเรียนทอดกรอบ. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 19: ราชมงคลวิชาการ 45. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, ปทุมธานี. หน้า 418-419 (434 หน้า)
- พงษ์เทพ เกิดเนตร. 2541. การศึกษาการผลิตมังคุดกระป๋อง. ใน เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15: เล่มที่ 3 สาขาอุตสาหกรรมเกษตรและคหกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 66-77 (271 หน้า)
- พงษ์เทพ เกิดเนตร. 2541. ชนิดและระดับของสารช่วยเพิ่มคุณภาพในการทำสับประรดแผ่น. ใน เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15: เล่มที่ 3 สาขาอุตสาหกรรมเกษตรและคหกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 112-123 (271 หน้า)
- พงษ์เทพ เกิดเนตร. 2541. การศึกษากระบวนการผลิตมังคุดกระป๋องในน้ำเชื่อม. อาหาร. ก.ค.-ก.ย. 2541, 28(3). หน้า 202-212
- Kertnat P, Tammarutwasik P. and Choorit W. The Effect of Type of Fish and Processing on BUDU Quality. In : Development of Food Science and Technology in Southeast Asia. Published by IPB PRESS. Indonesia. Page. 368-378.

1. ชื่อ - นามสกุล :
 - 1.1 ภาษาไทย นางสาวรุ่งทิพย์ รัตนพล
 - 1.2 ภาษาอังกฤษ Ms. Rungtip Rattanapon
2. ตำแหน่งทางวิชาการ : อาจารย์
3. ตำแหน่งทางการบริหาร : -
4. หน่วยงานสังกัด : สาขาอาหารและโภชนาการ คณะ ศิลปศาสตร์
5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 2/5 หมู่ที่ - ตรอก/ชอย - ถนน ราชดำเนิน
นอก

แขวง/ตำบล	บ่อทราย	เขต/อำเภอ เมือง
จังหวัด	สงขลา	รหัสไปรษณีย์ 90000
โทรศัพท์	074317100 ต่อ 6090	โทรสาร -
โทรศัพท์มือถือ	08-1990-1017	อีเมล rungtip.r@rmutsv.ac.th

อ
6. วุฒิกการศึกษา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ : เคมีอาหารและสารออกฤทธิ์ชีวภาพในอาหาร
8. ผลงานตีพิมพ์

1. ชื่อ - นามสกุล :

1.1 ภาษาไทย นางวิชุลดา ถาวโรจน์

1.2 ภาษาอังกฤษ Mrs. Wichulada Thavaroj

2. ตำแหน่งทางวิชาการ : อาจารย์

3. ตำแหน่งทางการ :

บริหาร :

4. หน่วยงานสังกัด : สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะศิลปศาสตร์

5. ที่อยู่ติดต่อได้

บ้านเลขที่ 2/5 หมู่ที่ - ตรอก/ซอย - ถนน ราชดำเนิน

นอก

แขวง/ตำบล ปอขาง

เขต/อำเภอ เมืองสงขลา

จังหวัด สงขลา

รหัสไปรษณีย์ 90000

โทรศัพท์ 074317100 ต่อ 6090

โทรสาร -

โทรศัพท์มือถือ 08-6478-2887

อีเมล wichulada.t@rmutsv.ac.th,

porwichu@gmail.com

6. วุฒิกการศึกษา Doctor of Philosophy (Fisheries Science)

7. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ Fishery Products, Myosin and Actin Denaturation, Freeze and Thermal denaturation, Food sanitation and quality control

8. ผลงานตีพิมพ์