คุณลักษณะของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ

Characteristics of rendered pork fat by wet, dry and microwave rendering process

สุพินดา บุญยิ่ง

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

คุณลักษณะของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ

Characteristics of rendered pork fat by wet, dry and microwave rendering process

T148849

สุพินดา บุญยิ่ง

สำนักหอสมุดกลาง
เลขทะเบียน 148849
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2560

b.12876239
i.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คุณลักษณะของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ

CHARACTERRISTIC OF RENDERED PORK FAT BY WET, DRY AND MICROWAVE RENDERING PROCESS

จัดทำโดย

นางสาวสุพินดา บุญยิ่ง รหัสนักศึกษา 55080205

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

(ผศ. ดร.พอใจ ถามากร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

16 / ส.ค. / 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	คุณลักษณะของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ
ชื่อนักศึกษา	สุพินดา บุญยิ่ง รหัสนักศึกษา 55080205
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันหมูที่ผ่านการเจียวด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน ได้แก่ เจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ โดยศึกษาวิธีเจียวเปียกที่เวลา 210 นาที วิธีเจียวแห้งที่เวลา 20, 30 และ 40 และวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 7, 10, 13 และ 16 นาที จากผลการทดลองพบว่าวิธีเจียวแห้งให้ผลผลิตสูงสุดร้อยละ 69.64 ที่เวลา 30 นาที รองลงมาคือวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟและเจียวเปียกให้ผลผลิตร้อยละ 66.83 ที่เวลา 13 นาที และ 31.09 ที่เวลา 210 นาที ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดของน้ำมันหมูที่เจียวด้วยไมโครเวฟเวลา 7, 10, 13 และ 16 อยู่ในช่วง 0.69-0.88 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) วิธีเจียวแห้งมีค่าความเป็นกรดสูงสุดเท่ากับ 0.97 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม ที่เวลา 40 นาที และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และค่าความเป็นกรดและค่าเปอร์ออกไซด์ของวิธีเจียวเปียกเท่ากับ 0.57 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม และ 14.53 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ที่เวลา 210 นาที ตามลำดับ ค่าเปอร์ออกไซด์ของวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟและเจียวแห้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อยู่ในช่วง 4.64-5.3 และ 15.32-16.87 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ น้ำมันหมูเจียวโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 16 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่า 3.54 และ 7.59 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง ตามลำดับ วิธีเจียวแห้งที่เวลา 40 นาทีมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด ทดสอบด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่า 5.00 และ 6.40 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง และวิธีเจียวเปียกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เมื่อทดสอบด้วย DPPH ได้ 6.04 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง และ ABTS ได้ 7.39 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง

คำสำคัญ: ไขมันหมู เจียวเปียก เจียวแห้ง เจียวด้วยไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Characteristics of rendered pork fat by wet, dry and microwave rendering process
Student	Supinda Boonying Student ID 55080205
Degree	Bachelor of Science in Food process Engineering
Year	2016
Advisor	Assist.Prof.Dr. Porjai Thamakorn

Abstract

The aim of this research was to investigate characteristics of pork fat as obtained from different rendering methods which are wet, dry and microwave rendering. Rendering time for wet rendering was 210 min, for dry rendering were 20, 30 or 40 min and microwave rendering were 7, 10, 13 or 16 min. The 30 min dry rendering produced the highest yield (69.64%) follow by 13 min microwave rendering (66.83%) and 210 min wet rendering (31.09%). No significant differences ($p>0.05$) in acid value of microwave rendering time for 7, 10, 13 or 16 min, they were in the rage of 0.69-0.88 mgKOH/g. The highest acid values of dry rendering method for 40 min rendering time was 0.97 mgKOH/g and were significant difference ($p\leq0.05$). The acid and peroxide values of wet rendering were 0.57 mgKOH/g and 14.53 mEq/kg respectively. The peroxide value of microwave and dry rendering were not significantly different ($p>0.05$) in the rage of 4.64-5.3 and 15.32-16.87 mEq/kg respectively. The highest antioxidant activity of lard from microwave rendering method for 16 min rendering time by DPPH and ABTS were 3.54 and 7.59 mMTE/g respectively. The highest antioxidant activity of lard from dry rendering method for 40 min rendering time by DPPH and ABTS were 5.00 and 6.40 mMTE/g respectively.The antioxidant activity of lard from wet rendering method by DPPH and ABTS were 6.04 and 7.39 mMTE/1g.

Key words: Pork fat, Wet rendering, Dry rendering, Microwave rendering

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ เป็นอย่างสูงที่กรุณาถ่ายทอดความรู้ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ สนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัย และประสบการณ์ที่ดีต่อข้าพเจ้าตลอดเวลาที่ศึกษา รวมทั้งการเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.กิตติชัย บรรจง เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ยืมเครื่องมืออุปกรณ์สารเคมี รวมถึงให้ขวัญและกำลังใจ และได้กรุณาให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประมวล ศรีกาหลง เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์

ขอกราบขอบคุณคณาจารย์ทุกๆ ท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และวิชาการต่างๆให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา ณ สถาบันฯ แห่งนี้ จนกระทั่งประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และแนะนำในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนทุกๆท่านที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย ที่มีส่วนช่วยให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจอ่านทั่วไป และหากมีข้อความใดหรือเนื้อหาตอนใดผิดพลาดไปเนื่องจากการพิมพ์หรือด้วยเหตุใดก็ตาม ผู้จัดทำยินดีรับการติชมจากผู้อ่านด้วยใจจริง

สุพินดา บุญยิ่ง
14 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูปภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 เนื้อเยื่อไขมันสัตว์	2
2.2 น้ำมันหมู	2
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมู	3
2.4 การสกัดน้ำมัน	5
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันหมู	6
2.6 การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมันหมู	6
2.7 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ	8
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	11
3.2 อุปกรณ์	12
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	15
4.1 ผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ของเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยวิธีเจียว	15
4.2 คุณลักษณะของน้ำมันหมูที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน	17
4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันจากเนื้อเยื่อไขมันหมู	21
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	26
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	27
ภาคผนวก ข วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ	31
ภาคผนวก ค การเตรียมเนื้อเยื่อไขมันหมู	36
ภาคผนวก ง อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก จ ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้	40
ประวิติผู้เขียน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมู	3
4.1	ผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ของเนื้อเยื่อไขมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้ง และเจียวเปียก	16
4.2	ผลของค่าความเป็นกรดของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียก	17
4.3	ผลของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียก	18
4.4	ผลของค่าไอโอดีนของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียก	20
4.5	ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหมูที่สกัดโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้ง และเจียวเปียก	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ข.1	กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ DPPH	32
ข.2	กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ ABTS	35
ค.1	เนื้อเยื่อไขมันหมู จากตลาดหัวตะเข้ ที่ไม่ได้ผ่านการตัดแต่ง	36
ค.2	เนื้อเยื่อไขมันหมูที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว	36
ค.3	การเก็บเนื้อเยื่อไขมันหมูในถุงโพลีเอทิลีนชนิดซิปล็อก (28.5x41 ซม.)	37
ค.4	การลดขนาดเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยเครื่องสไลด์ หนา 3 มม.	37
ค.5	การหั่นเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยมีด ความกว้าง 1 ซม.	38
ง.1	เครื่องสไลด์ รุ่น SIR1-MIRRA250C ยี่ห้อ SIRMAN	39
ง.2	เครื่อง Infrared thermometer รุ่น UT301A ยี่ห้อ UNI-T	39
ง.3	เครื่อง Refractometer รุ่น MASTER-RI ยี่ห้อ ATAGO	39
จ.1	ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ ที่เวลา 7, 10, 13 และ 16 นาที เรียงจากซ้ายไปขวา ตามลำดับ	40
จ.2	ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวแห้ง ที่เวลา 20, 30 และ 40 นาที เรียงจากซ้ายไปขวา ตามลำดับ	40
จ.3	ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวเปียกที่เวลา 210 นาที	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของที่มาปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อสัตว์เป็นอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นควบคู่กับโรงชำแหละเนื้อ โดยอยู่ในส่วนของผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป ผลพลอยได้และเศษเหลือจากสัตว์ของโรงชำแหละเนื้อนับว่าเป็นปัญหาสำคัญของโรงงานที่ควรหาทางกำจัดหรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้สภาวะแวดล้อมรอบ ๆ โรงชำแหละเป็นพิษ และเกิดการสูญเสียสิ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ไปโดยเปล่าประโยชน์ ผลพลอยได้จากสัตว์ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในอาหารสัตว์และอาหารสัตว์เลี้ยง แต่มีไม่น้อยที่ใช้เป็นอาหารมนุษย์ เพราะแต่ละประเทศจะมีประเพณีความเชื่อถือและความนิยมแตกต่างกันไป ผลิตผลพลอยได้จากสัตว์ในประเทศหนึ่งอาจจะเป็นอาหารที่ดีสำหรับประชากรประเทศอื่นก็ได้ ผลพลอยได้ที่มีประโยชน์ยกตัวอย่างเช่น เครื่องในสัตว์ เลือด กระดูก ไขมัน หนังหมู ต่อมและเนื้อเยื่อ เป็นต้น ผลพลอยได้ดังกล่าวถูกนำมาผ่านกระบวนการและนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสัตว์ โดยส่วนใหญ่เนื้อเยื่อไขมันจากสัตว์ที่สามารถให้ผลพลอยได้ เช่น หมู วัว ไก่ เป็นต้น

โดยทั่วไปคนไทยนิยมบริโภคเนื้อหมูเป็นอาหาร ซึ่งผลพลอยได้ของหมูคือเนื้อเยื่อไขมันหมู นำมาผลิตเป็นน้ำมันหมู น้ำมันหมูสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารในครัวเรือน ทั้งผัด ทอด หรือปรุงอาหาร และยังช่วยทำให้อาหารมีกลิ่นหอมน่ารับประทาน การแยกไขมันหรือน้ำมันออกจากเนื้อเยื่อไขมันหมูสามารถทำได้หลายวิธี การให้ความร้อนโดยทั่วไปเรียก การเจียว วิธีเจียวเนื้อเยื่อไขมันหมูทำได้ง่าย สามารถทำได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น เจียวแห้งใช้ความร้อนโดยตรง เจียวเปียกใช้ไอน้ำหรือต้มกับน้ำแล้วแยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำออกมา และเจียวด้วยไมโครเวฟ (Sheu และChen, 2002) เป็นต้น จึงได้ทดลองโดยมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการเจียว ซึ่งจะช่วยยกระดับคุณภาพของน้ำมันหมูให้ดีขึ้น ซึ่งคุณภาพของน้ำมันหมูแตกต่างกันขึ้นอยู่กับส่วนเนื้อเยื่อไขมันของหมูที่ใช้และวิธีเจียวอีกด้วย ควรเลือกวิธีเจียวให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ที่จะนำน้ำมันหมูไปใช้งาน ข้อดีของวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟคือใช้ระยะเวลาเจียวสั้นได้ผลผลิตสูง ข้อดีของวิธีเจียวเปียกคือน้ำมันที่สกัดได้มีสีอ่อนเหมาะแก่การนำไปผลิตเนยขาว แต่วิธีนี้ก็มีข้อเสียคือใช้ระยะเวลาในการเจียวนาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลผลิตและคุณลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้งและเจียวด้วยไมโครเวฟ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบสภาวะของวิธีการเจียวเนื้อเยื่อไขมันหมูที่ให้ผลผลิตสูงสุดและคุณลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้เหมาะสมแก่การนำไปใช้ของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อเยื่อไขมันสัตว์

เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญอีกชนิดหนึ่ง ของกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อไขมันมีหน้าที่หลายประการ ได้แก่ เป็นแหล่งสะสมของอาหาร ประเภทไขมันที่สำคัญ เช่น กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย เนื้อเยื่อไขมันยังเป็นแหล่งของ สารอาหารที่ละลายได้ในไขมัน เช่น วิตามินที่ละลายในไขมัน เป็นต้น นอกจากนี้ไขมันที่อยู่บริเวณถัดจากชั้นของผิวหนังจะช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนของร่างกาย ช่วยทำให้ร่างกายสัตว์สามารถทนต่อสภาพอากาศซึ่งเปลี่ยนอยู่เสมอรวมทั้งช่วยป้องกันอันตรายให้กับอวัยวะภายในต่างๆ เช่น ไขมันที่ห่อหุ้มไต เป็นต้น มักพบเนื้อเยื่อไขมันในลักษณะ ที่เป็นไขมันใต้ผิวหนัง ไขมันแทรกอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ และไขมันในมัดกล้ามเนื้อซึ่งอยู่ในส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทั้ง 3 ชนิด (อิ่มเอิบ, 2549) ดังนี้

1. ไขมันใต้ผิวหนัง

ไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) หรือในบางครั้งอาจพบอยู่เหนือชั้นของอิพิไมเซียมที่ห่อหุ้มกล้ามเนื้อ ไขมันในชั้นใต้ผิวหนังทำหน้าที่ช่วยป้องกันการสูญเสียความร้อนออกจากร่างกายสัตว์ได้แก่ ส่วนมันแข็งของสุกร (back fat หรือ subcutaneous fat)

2. ไขมันแทรกอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ

ไขมันแทรกอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ (intermuscular fat or seam fat) หรือไขมันที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อเป็นชั้นไขมันที่อยู่ในชั้นของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพอริไมเซียม สามารถมองเห็นไขมันชั้นนี้ได้ชัดและสามารถแยกออกได้ง่าย เช่น ไขมันในช่องท้องและไขมันรอบๆอวัยวะภายใน เป็นต้น

3. ไขมันในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular fat)

ไขมันในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) พบอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้น เอนโดไมเซียมซึ่งห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำให้มองเห็นชั้นของไขมันนี้แทรกกระจายอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ จึงอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ไขมันแทรก(marbling fat) เมื่อมองหน้าตัดของกล้ามเนื้อจะพบไขมันแทรกเป็นจุดขนาดเท่าไส้ดินสอขนาดเล็กกระจายตัวทั่วหน้าตัดของ

2.2 น้ำมันหมู

น้ำมันหมูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเจียวเนื้อเยื่อไขมันของหมู เป็นวัตถุดิบสำคัญที่นำมาใช้ประกอบอาหาร หลายประเภทได้แก่ มันแข็ง (hard fat) มันเปลว (leaf fat) มันร่างแห (cauls fat) มันบริเวณไหล่ (clear fat) มันบริเวณคอ (neack fat) มันกรุย (raffle fat) มันจากการตัดแต่งเนื้อสามชั้น (belly trimming) หรือเศษไขมันตกแต่งจากส่วนต่างๆ รวมถึงหู หาง และอวัยวะภายใน น้ำมันหมูที่เจียวได้จากวัตถุดิบต่างกันจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีชื่อเรียกต่างกัน น้ำมันหมูที่เจียวจากเนื้อเยื่อไขมันที่มีคุณภาพดีคือไขมันที่สด สะอาด ได้จากหมูสุขภาพดี ได้แก่ มันแข็ง มันเปลว มันร่างเห เป็นต้น โดยไม่รวมถึงพวกเศษไขมันตกแต่งและอวัยวะภายในทั้งหมด เรียกว่า lard ส่วนน้ำมันหมูที่เจียวมาจากเศษไขมันตกแต่งจากส่วนต่างๆของหมูที่มีสุขภาพดี เช่น หู หาง จมูก และกระดูก เป็นต้น วัตถุดิบหลายๆอย่างผสมกันเรียกว่า rendered pork fat เนื้อเยื่อไขมันที่ได้จากแต่ละส่วนของหมูจะให้ปริมาณนั้นที่แตกต่างกัน (เนื้อทอง และวิไล, 2525; O'Brien, 2004) โดยทั่วไปคุณภาพของน้ำมันหมูนั้นขึ้นอยู่กับส่วนที่นำมาสกัด น้ำมันหมูประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว (40-45%) เช่น ปาล์มิติก (25%) และกรดสเตียริก (15%) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิ่งเดี่ยว (40-45%) โดยเฉพาะกรดโอเลอิก นอกจากนี้ยังมีปริมาณที่แตกต่างกันของกรดลิโนเลอิค (10–15%) ในธรรมชาติน้ำมันหมูมีสารต้านอนุมูลอิสระน้อย ซึ่งมีโทโคฟีรอลคุณภาพต่ำอยู่ประมาณ 30-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำมัน ในยุโรปและสหรัฐอเมริกา อนุญาตให้ใส่สารต้านอนุมูลอิสระได้ ยกตัวอย่างเช่น แกลเลตและโทโคฟีรอล เพื่อเพิ่มความคงตัวของออกซิเดชันในน้ำมันหมู (De Leonardis และคณะ, 2007)

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมู

หมูตอน (Hogs) เป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยอาหารที่หมูกินเข้าไปจะสะสมเป็นไขมัน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมูนั้นเกี่ยวข้องกับอาหารที่สัตว์กิน รวมถึงสภาพภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมที่หมูอาศัยอยู่ด้วย อีกทั้งปริมาณกรดไขมันพันธะคู่ในน้ำมันหมูขึ้นอยู่กับปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหรือไขมันในอาหารสัตว์ (O'Brien, 2004) คุณสมบัติทางกายและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมูแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมู

Characteristic	Range
Relative density,40°C/water at 20°C	0.896-0.904
Refractive index,40°C	1.448-1.460
Iodine value	45.0-70.0
Saponification number	192-203
Unsaponifiable number	<1.0
Titer (°C)	32.0-45.0
Melting point (°C) (MDP)	31.5-33.0
Solidfication point (°C)	4.0 ถึง -2.0
AOM stability (hours)	-
Tocopherol content, ppm	
α-tocopherol	129-215
β-tocophenol	22-37
γ-tocopherol	19-32
δ-tocopherol	10-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมู (ต่อ)

Characteristic	Range
Fatty acid composition (%):	
Capric (C-10:0)	-
Lauric (C-12:0)	-
Myristoleic (C-14:1)	<0.2
Pentadecanoic(C-15:0)	<0.1
Palmitic (C-16:0)	20-32
Palmitoleic (C-16:1)	1.7-5.0
Margaric (C-17:0)	<0.5
Margaroleic (C-17:1)	<0.5
Stearic (C-18:0)	5.0-24.0
Oleic (C-18:1)	36-62
Linoleic (C-18:2)	3.0-16.0
Linolenic (C-18:3)	<0.5
Arachidic (C-20:0)	<1.0
Gadoleic (C-20:1)	<1.0
Eicosadienoic (C-20:2)	<1.0
Eicosatetranoic (C-20:4)	<1.0
Behenic (C-22:0)	<1.0
Erucic (C-22:1)	-
Lignoceric (C-24:0)	-
Triglyceride composition (%)	
Trisaturated (GS3)	2.0-5.0
Disaturated (GS2U)	25.0-35.0
Monosaturated (GSU2)	50.0-60.0
Triunsaturated(GU3)	10.0-30.0
Solids fat index (%) at:	
10.0°C	26.5-31.5
21.1°C	19.5-23.5
26.7°C	13.0-17.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหมู (ต่อ)

Characteristic	Range
37.8°C	2.0-4.0
40.0°C	1.5-3.0

หมายเหตุ : G = glycerides; S = saturated; U = unsaturated; MDP = Mettler dropping point; AOM = active oxygen method

ที่มา: O'Brien (2004) และฤดีมาศ (2555)

2.4 การสกัดน้ำมัน

2.4.1 การเจียว (Rendering) (พิมพ์เพ็ญ, 2553)

การเจียว คือ วิธีการสกัด (extraction) โดยการใช้ความร้อนเพื่อการสกัดน้ำมันไขมันออกจากเนื้อเยื่อไขมันของสัตว์ เช่น ไขมันหมู (lard) ไขมันวัว ไขมันไก่ และเนื้อเยื่อผลไม้บางชนิด ระหว่างการเจียวอาจมีการเติมน้ำ สารเคมีหรือเอนไซม์ลงไป เพื่อช่วยสลายเนื้อเยื่อเชื่อมยึดทำให้น้ำมันแยกตัวออกมาได้ง่ายขึ้น

2.4.1.1 เจียวแห้ง (dry rendering)

การเจียวแห้งทำได้โดยการบดเพื่อลดขนาดเนื้อเยื่อไขมัน แล้วให้ความร้อนโดยตรง ความร้อนทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลายและปล่อยน้ำมันออกมา ในเนื้อเยื่อไขมันมีความชื้น ดังนั้นความร้อนที่ใช้จึงช่วยในการไล่ความชื้นออกมาจากวัตถุดิบได้อีกด้วย น้ำมันที่ได้จะมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวจากโปรตีนที่เสื่อมสภาพ เนื่องจากความร้อนนอกจากนี้ความเข้มของสีจะขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ วิธีการเจียวแห้งนี้เป็นวิธีที่ใช้ทั่วไปในครัวเรือน วิธีที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะใช้ระบบภาชนะปิด และอาจมีการดึงอากาศออกด้วย ดังนั้นกลิ่นและสีของน้ำมันที่ได้จะอ่อนกว่าการทำในครัวเรือน เนื่องจากการใช้สภาวะอุณหภูมิต่ำในระดับที่เพียงพอในการหลอมละลายไขมันเท่านั้น จึงไม่ทำให้โปรตีนในผนังเซลล์เสื่อมสภาพจนเกิดกลิ่นเนื้อสัตว์ หลังจากนั้นแยกน้ำมันออกโดยการหมุนเหวี่ยงแล้วทำให้ใสโดยการหมุนเหวี่ยงซ้ำ

2.4.1.2 เจียวเปียก (wet rendering)

การเจียวเปียกทำได้โดยการให้ความร้อนแก่เนื้อเยื่อไขมันที่ลดขนาดแล้วโดยการพ่นไอน้ำในภาชนะปิด จนทำให้สารประกอบโปรตีนในผนังเซลล์เสียสภาพปล่อยให้น้ำมันลอยตัวขึ้นมาแล้วสูบน้ำมันออกไป น้ำมันที่ได้จากวิธีนี้จะมีกลิ่นเนื้อชัดเจน แต่กลิ่นจะอ่อนกว่าน้ำมันที่ได้จากการเจียวแห้ง

2.4.1.3 เจียวโดยการใช้คลื่นไมโครเวฟร่วมด้วยในการสกัด

การใช้คลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการให้ความร้อน เมื่อวัตถุดิบวางตัวในสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วนั้นด้วยสมบัติความเป็นขั้วของโมเลกุลภายในวัตถุดิบเองที่ต้านการเคลื่อนที่ทำให้เกิดความร้อนขึ้นซึ่งมีผลต่อเนื้อเยื่อวัตถุและมีผลต่อการละลายของสารที่ต้องการและด้วยสมบัติของตัวทำละลายที่แตกต่างกันทำให้มีพฤติกรรมที่แตกต่างกันไปเมื่ออยู่ในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น การดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสะท้อน การส่งผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการสกัด ได้แก่ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ กำลังของคลื่นไมโครเวฟ คุณสมบัติวัตถุดิบ องค์ประกอบที่เป็นความชื้น ความคงตัวของวัตถุดิบ สมบัติของตัวทำละลาย และสมบัติสารที่ต้องการสกัด (ดวงกมล, 2557)

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันหมู

วิไล (2526) พบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงหมูจะมีผลต่อระดับความไม่อิ่มตัวของน้ำมันหมู จากการศึกษาน้ำมันที่ได้จากมันแข็ง พบว่าถ้าเลี้ยงหมูด้วยถั่วลิสงจะมีผลทำให้น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันของหมูที่เลี้ยงด้วยข้าวโพด คือ มันหมูที่เลี้ยงด้วยถั่วลิสงจะมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 73.02 และกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 22.50 ส่วนมันหมูจากหมูที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดจะมีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวร้อยละ 57.76 และกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 36.90 นอกจากนี้ไขมันของเนื้อเยื่อจากแต่ละส่วนมีกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบต่างกันคือ เนื้อเยื่อไขมันจากไตมีกรดปาล์มมิติค และสเตียริค ในปริมาณสูงกว่าเนื้อเยื่อชนิดอื่นๆ จึงมีระดับความอิ่มตัวมากที่สุด ถ้าเปรียบเทียบลักษณะมันแข็งกับมันเปลวจะเห็นว่าจะมันเปลวมีลักษณะเหลวกว่ามันแข็ง เนื่องจากอยู่ที่ตำแหน่งในร่างกายต่างกันคือ มันเปลวอยู่ภายในช่องท้องมันแข็งอยู่ใต้ผิวหนัง ดังจะเห็นจากค่าไดเตอร์ของมันเปลวเท่ากับ 44.5-46.0 และมันแข็งเท่ากับ 32.0-38.0

คุณภาพของน้ำมันจะขึ้นกับความสดของวัตถุดิบ น้ำมันที่สกัดได้จากเนื้อเยื่อไขมันหลังฆ่าสัตว์ทันทีจะมีคุณภาพดีมากแต่อาจทำได้ยาก โดยส่วนใหญ่จะทำการเจียวจากมันหมูที่เหลือจำหน่าย ระยะเวลาหรือความล่าช้านับตั้งแต่สัตว์ถูกฆ่าจนเมื่อนำมาเจียวนั้นจะมีผลต่อการเสื่อมเสียเพราะถูกไลเปส (lipase) ในเนื้อเยื่อไขมันและจากจุลินทรีย์ทำการไฮโดนไลส์โมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เกิดกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุทำให้เกิดการหืนโดยปฏิกิริยาออกวิเดชันต่อไปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น ควรชะลอหรือป้องกันการเกิดกรดไขมันอิสระได้โดยทำการเก็บรักษาเนื้อเยื่อไขมันที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียสไว้จนกว่าจะนำมาเจียว กรณีมันแข็งถ้าเก็บไว้ที่ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 100 ชั่วโมง ปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 0.5 ขณะที่มันเปลวเมื่อเก็บในสภาวะเดียวกันปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5

2.6 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันทางเคมี

2.6.1 ค่าความเป็นกรด (Acid value : AV) (อนรรฆอร และ มาโนชย์, 2555)

ค่าความเป็นกรด (Acid value) ของไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันหนัก 1 กรัม เป็นค่าที่บ่งชี้คุณภาพของน้ำมันและไขมัน โดยเป็นค่าที่บ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ที่เป็นส่วนประกอบหลักในไขมันและน้ำมันถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) โดยมีเอนไซม์ไลเปส (lipase) และความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ได้ผลิตผล คือกลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ ซึ่งทำให้น้ำมันและไขมันมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความเป็นกรดจะเป็นตัวชี้บ่งบอกการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่าความเป็นกรดสูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนมาก การหาค่ากรดทำได้โดยการนำน้ำมันที่ต้องการวิเคราะห์มาไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน KOH โดยมีสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์ การเข้าทำปฏิกิริยาเป็นกลางของกรดไขมันอิสระในน้ำมันกับสารละลายมาตรฐาน KOH แสดงดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RCOOH + KOH \longrightarrow RCOOK + H_2O$$

หมู่ฟังก์ชั่นของกรดคือหมู่ COOH จะทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารละลายมาตรฐาน KOH ทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงไปจนกระทั่งถึงจุดสมมูลซึ่งฟีนอล์ฟทาลีนเปลี่ยนสี

2.6.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (Peroxide value : PV) (ฤดีมาศ, 2555)

ค่าเปอร์ออกไซด์เป็นค่าที่บ่งบอก degree of lipid oxidation โดยการหาปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่เกิดในไขมันหรือน้ำมัน สารเปอร์ออกไซด์จะเกิดขึ้นในไขมันหรือน้ำมันอย่างช้าๆในระหว่างที่ไขมันหรือน้ำมันที่เก็บรักษาสัมผัสกับอากาศเรียกว่าเกิด oxidative rancidity โดยเป็นปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันที่เกิดขึ้นระหว่างพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ดังนั้นไขมันหรือน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากหรือมีค่าไอโอดีนสูงจะเกิด oxidative rancidity ได้ง่าย จึงนิยมวัดค่าเปอร์ออกไซด์เพื่อใช้บ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและน้ำมัน เพราะเปอร์ออกไซด์เป็นสารตัวกลางของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน

โดยค่าเปอร์ออกไซด์ หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล ที่ใช้ในการไตเตรทไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม หรือหมายถึงจำนวนมิลลิสมมูลของเปอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อไขมันหรือน้ำมัน 1 กิโลกรัม หรือมิลลิโมลของออกซิเจนต่อกิโลกรัมของไขมัน (1 มิลลิโมลเท่ากับ 2 มิลลิสมมูลย์) เป็นการวัดปริมาณของเปอร์ออกไซด์หรือไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมันโดยวิธี Iodometric titration method โดยจะวัดปริมาณไอโอดีนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายอิ่มตัวของโปแทสเซียมไอโอไดด์ที่เติมลงไปกับเปอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมัน ไอโอดีนที่ถูกปลดปล่อยโดยเปอร์ออกไซด์ จะถูกไตเตรทด้วยสารมาตรฐานไทโอซัลเฟตในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันค่าเปอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและลดต่ำลง (Rajalakshmi และ Narasimhan, 1996) ค่าเปอร์ออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ได้ดีถึงคุณภาพของน้ำมัน โดยน้ำมันพืชที่ผ่านการ refinded ใหม่ๆจะมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 1 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามกฎหมายน้ำมันพืชที่ใช้สำหรับบริโภคจะต้องมีค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน โดยทั่วไปน้ำมันหมูจะเริ่มมีกลิ่นหืนที่ค่าเปอร์ออกไซด์มากกว่า 20 มิลลิอิควิวาเลนท์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการหืนในไขมันสัตว์

2.6.3 ค่าไอโอดีน (Iodine value : IV)

ค่าไอโอดีน (Iodine value) คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม ค่าไอโอดีนเป็นตัวชี้บ่งว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด หรือ degree of unsaturation ของไขมัน ถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก และจะทำให้เกิดการหืนชนิด ที่เกิดจากการมีออกซิเจนในปฏิกิริยาได้ง่ายด้วย น้ำมันพืชที่มีค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่เป็นปริมาณมากนั้น ยังเป็นตัวชี้บ่งคุณค่าทางโภชนาการของไขมัน หรือน้ำมันชนิดนั้น ๆ ด้วยน้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูงจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณของกรดไขมันจำเป็นซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมากด้วย (ประทุมพร, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ค่าดัชนีหักเหแสง (Refractive Index)

ค่าดัชนีการหักเหแสง (Refractive Index) มีประโยชน์ในการบ่งชี้และตรวจสอบชนิด คุณภาพ และความบริสุทธิ์ของน้ำมัน ค่าการหักเหของแสงขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่และคาร์บอนอะตอม สามารถใช้ติดตามปฏิกิริยาในกระบวนการเติมไฮโดรเจนได้ (Sharma และคณะ, 2013)

2.7 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเชิงปริมาณเป็นการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในตัวอย่างประเภทต่างๆวิธีที่นิยม ได้แก่ การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีดีพีเอช (DPPH•) และวิธีการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอช (ABTS•$^{+}$) ซึ่งวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะมีการสร้างอนุมูลอิสระที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนและวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งหรือกำจัดอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างที่สนใจ โดยวัดปริมาณอนุมูลอิสระที่ลดลงหรือที่เหลือจากการดูดกลืนแสง สารอนุมูลอิสระที่นิยมใช้เช่น DPPH และ ABTS การคำนวณหาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระหาได้จากอัตราส่วนของการลดลงของค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างกับสารมาตราฐาน เช่น trolox, vitamin C และ ferrous sulfate เป็นต้น (บุหรัน, 2556)

2.7.1 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการทำลายอนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH radical scavenging assay) (บุหรัน, 2556)

เป็นการทดสอบด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้สารที่มีคุณสมบัติเป็นอนุมูลอิสระในที่นี้คืออนุมูลอิสระดีพีพีเอช (DPPH•, diphenyl-picryhydrazyl radical) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่อยู่ในรูปอนุมูลอิสระที่คงตัวและมีสีม่วง สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตรมิเตอร์ (spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อ DPPH• ทำปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระที่ละลายด้วยเอทานอล (สารที่ให้อิเล็กตรอน) จะทำให้สีม่วงจางลงจนเป็นสีเหลือง ซึ่งก่อนนำมวัดค่าการดูดกลืนแสงต้องตั้งทิ้งไว้ที่มืดเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถหาการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดังสมการ

$$DPPH\bullet + AH \longrightarrow DPPH\text{-}H + A\bullet$$

สารมาตรฐานที่ใช้ในการเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ คือ โทรลอกซ์ (trolox, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchlorman-2-carboxylic acid) แสดงค่าเป็น TEAC (trolox equivalent antioxidant capacity) มีหน่วยเป็น mM/mg หรือ µM/mg ข้อดีของวิธีนี้ คือ ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ส่วนข้อเสียคือ DPPH• ค่อนข้างเสถียรไม่ไวต่อปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกายจริง จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ช้า ทำให้ค่าการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง

2.7.2 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูอิสระด้วยการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส (ABTS radical cation decolorization assay) (บุหรัน, 2556)

เป็นวิธีการวัดความสามารถในการฟอกสีอนุมูลอิสระเอบีทีเอส เป็นสารสังเคราะห์ที่มีสีเขียวปนน้ำเงิน สามารถดูดกลืนแสงได้สูงสุดที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เนื่องจากสีของ ABTS•$^{+}$ ปกติจะมีค่าการดูดกลืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงสูง จึงต้องทำการเจือจาง ABTS•$^{+}$ ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ จากนั้นนำ ABTS•$^{+}$ ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่างที่ละลายด้วยเอทานอลเจือจางซึ่งจะทำให้สีจางลงดังสมการ

ABTS•$^{+}$ + AH (antioxidant) ⟶ ABTS (สีจางลง) + A•

จากนั้นตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา จึงสามารถหาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารตัวอย่างได้จากการคำนวณสีที่จางลงของการยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS•$^{+}$ ซึ่งคำนวณและการเทียบกับสารมาตรฐาน trolox เช่นเดียวกับวิธี DPPH ข้อดีของวิธีนี้คือ ABTS•$^{+}$ละลายได้ดีในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์จึงทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และทำปฏิกิริยาได้ดีในช่วง pH กว้าง ส่วนข้อเสีย คือ ABTS•$^{+}$ไม่เป็นสารธรรมชาติที่พบในร่างกายหรือในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตและต้องมีการทำปฏิกิริยากับสารอื่นก่อนถึงจะเกิดเป็นอนุมูลอิสระ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อทอง และวิไล (2525) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำมันหมู โดยใช้น้ำมันหมูที่ได้จากตลาดและมันแข็งนำมาเจียวที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆกัน แล้ววิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ ค่าของกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าไอโอดีน ค่าสี เจียวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 5 ชั่วโมง เจียวที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 3.5, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ เจียวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 3, 3.5, 4 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ เจียวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เวลา 1.5, 2 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งในขั้นตอนการเจียวใช้กระทะไฟฟ้าด้วยเหล็กปลอกสนิมและสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ คนทุกๆครึ่งชั่วโมง กรองแล้วบีบนำกากที่ผ่านการเจียวมาบีบสกัดโดยใช้ Hand Hydraulic press ขนาด 10 ตัน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า เจียวที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 ชั่วโมง ได้ผลผลิตร้อยละ 73.5 คุณภาพของกากน้ำมันที่ได้จะมีลักษณะเหมือนมันหมูต้ม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส จะได้ผลผลิตสูงที่สุด เมื่อใช้ระยะเวลา 5 ชั่วโมง คือร้อยละ 91.8 และที่เวลา 3.5 ชั่วโมงได้ผลผลิตร้อยละ 87.6 การเจียวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าถ้าใช้เวลาในการเจียว 3.5 ถึง 4 ชั่วโมง จะได้ผลผลิตเท่ากันคือร้อยละ 97.4 และถ้าเจียวนาน 5 ชั่วโมง ได้ผลผลิตสูงถึงร้อยละ 99.1 กากน้ำมันที่ได้จะมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเจียว ส่วนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเวลาในการเจียว 1.5, 2 และ 5 ชั่วโมง จะให้ผลผลิตร้อยละ 96.2, 96.0 และ 96.1 ตามลำดับ กากที่ได้จะมีสีน้ำตาลไหม้ ในด้านคุณภาพน้ำมันที่เจียวได้ พบว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ค่าของกรดจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อใช้เวลาในการเจียวนานขึ้น แต่ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าสีของน้ำมันที่ได้จะมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเจียวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 75-77 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม ค่าของกรดอยู่ในช่วง 0.5-0.6 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม และค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 19.6-31.8 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ได้ค่าสีของน้ำมันสูงสุดโดยเจียวที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเจียวนาน 1.5 ชั่วโมง ได้ค่าของกรดและค่าเปอร์ออกไซด์ เท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม และ 12.9 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ตามลำดับ

Sheu และChen (2002) ศึกษาผลของวิธีการสกัดน้ำมันจากเนื้อเยื่อไขมันส่วนหนังอกไก่ด้วยการเจียวแบบต่างๆ ได้แก่ เจียวโดยใช้ไมโครเวฟ เจียวโดยใช้เตาอบ เจียวแบบเปียก เจียวแห้ง และทอดน้ำมันท่วม วิธีเจียวโดยใช้ไมโครเวฟได้ปริมาณสูงสุดเท่ากับ 47.5% ซึ่งวิธีทอดน้ำมันท่วม เจียวโดยใช้เตาอบ เจียวแห้ง และเจียวแบบเปียก ได้ปริมาณเท่ากับ 33.4%, 31.6%, 25.8% และ24.8% ตามลำดับ และวิเคราะห์ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น ปริมาณกรดไขมันอิสระ ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่า 2-thiobarbituric acid (TBA) และสีของน้ำมันจากเนื้อเยื่อไขมันส่วนหนังอกไก่ด้วยวิธีที่กล่าวข้างต้นได้ผลดังนี้ ในวิธีเจียวแห้ง เมื่อใช้เวลาในการเจียวแห้งเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มสูงขึ้น และเวลาในการเจียวแห้งมีผลต่อผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อใช้วิธีเจียวแบบเปียกมีปริมาณความชื้นของน้ำมันสูงสุดเท่ากับ 1.43% และต่ำสุดเมื่อใช้วิธีเจียวโดยใช้เตาอบเท่ากับ 0.19% วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ของปริมาณกรดไขมันอิสระเมื่อใช้การเจียวที่แตกต่างกัน วิธีเจียวแห้งค่าเปอร์ออกไซด์และค่า 2-thiobarbituric acid (TBA) มีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสกัดอื่น และในการวิเคราะห์สีของน้ำมันเมื่อใช้วิธีเจียวโดยใช้ไมโครเวฟสีของน้ำมันที่ได้มีความสว่างมากที่สุดบ่งบอกโดยค่า L* สูงสุด รองลงมาคือ เจียวแบบเปียก เจียวโดยใช้เตาอบ ตามลำดับ รวมถึงวิธีเจียวโดยใช้ไมโครเวฟสีของน้ำมันที่ได้มีสีเหลืองมากกว่าวิธีอื่น การไหม้ของตัวอย่างส่งผลต่อสีและคุณภาพของน้ำมันที่สกัดได้ ทำให้น้ำมันที่สกัดได้มีคุณภาพต่ำ ไม่มีความแตกต่างกันในระดับนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมันที่สกัดได้และวิธีการสกัดด้วยการเจียวทั้งห้าวิธี ($p > 0.05$)

Sharma และคณะ (2013) ศึกษาผลิตผลพลอยได้ของไขมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการและคุณภาพของน้ำมันที่ได้ โดยไขมันสัตว์ที่ศึกษาคือหมูและวัว วิเคราะห์คุณภาพน้ำมันได้จากค่าไอโอดีน ค่าเปอร์ออกไซด์ ค่าสะปอนนิฟิเคชั่น ค่าดัชนีหักเหของแสง และค่าสารที่สปอนนิฟายไม่ได้ ซึ่งน้ำมันหมูมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 55-65 ค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันหมูขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาออกซิเดชันและไฮโดรไลซิสเนื่องจากเป็นสาเหตุของการทำให้เกิดการหืน ค่าสะปอนนิฟิเคชั่นของน้ำมันหมูอยู่ในช่วง 192-203 ค่าดัชนีหักเหของแสงของน้ำมันหมูเท่ากับ 1.448-1.460 และค่าสารสปอนนิฟายไม่ได้ของน้ำมันหมูเท่ากับ 10 กรัมต่อน้ำหนักน้ำมันตัวอย่าง

Zhang และคณะ (2011) ศึกษาผลผลิตและคุณลักษณะของน้ำมันจากเนื้อเยื่อไขมันส่วนหนังอกไก่ที่เจียวด้วยไมโครเวฟ โดยระดับการให้ความร้อนสามเฟส ได้แก่ อุ่น อุณหภูมิคงที่ และความร้อนสูงสุด โดยศึกษาระดับพลังงานไมโครเวฟที่ 2.00, 2.25, 2.75 และ 3.00 วัตต์ต่อกรัม ที่เวลา 6, 8, 10, 12 และ 14 นาที วิเคราะห์ผลผลิต ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด ค่าเปอร์ออกไซด์ และค่า2-thiobarbituric acid (TBA) และค่าสี การเพิ่มขึ้นของระดับพลังงานไมโครเวฟที่ใช้ ทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่ออุณหภูมิสุดท้ายของไขมันไก่เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณความชื้นในตัวอย่างลดลง เวลาในการให้ความร้อนนานขึ้นก็ส่งผลต่ออุณหภูมิสุดท้ายเพิ่มขึ้น กากของเนื้อเยื่อไขมันส่วนหนังอกไก่มีสีเข้มขึ้น จากการทดลองพบว่า เมื่อให้ระดับพลังงานไมโครเวฟที่ 2.75 วัตต์ต่อกรัม เวลา 10 นาที ทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด (70.55%) และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผลผลิตของระดับพลังงานไมโครเวฟที่ 2.75 วัตต์ต่อกรัมและผลผลิตของ ระดับพลังงานไมโครเวฟที่ 3.00 วัตต์ต่อกรัม ($p > 0.05$) ปริมาณความชื้นในตัวอย่างลดลงจาก 2.33% ไป 1.50% เมื่อเพิ่มระดับพลังงานของไมโครเวฟจาก 2.00 วัตต์ต่อกรัม ไป 2.50 วัตต์ต่อกรัม ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในตัวอย่างมีผลต่อการเกิดออกซิเดชัน และอัตราการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น สีของน้ำมันที่สกัดได้ที่ระดับพลังงานไมโครเวฟ 2.00 วัตต์ต่อกรัมมีสีที่อ่อนสุด โดยที่มีค่า L* และ b* สูงสุด ขณะที่ a* ต่ำสุด เมื่อเพิ่มระดับพลังงานไมโครเวฟทำให้ค่า L* และ b* ลดลง และ a* เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิทำลายเมล็ดสีและเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Maillard browning) ในตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

เนื้อเยื่อไขมันของหมู จากตลาดหัวตะเข้ ตัดแต่งแยกเศษเนื้อออก ล้างทำความสะอาด บรรจุในถุงโพลีเอทิลีนชนิดซิปล็อก (28.5x41 ซม.) น้ำหนักบรรจุถุงละ 400-500 กรัม และเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

3.1.2 สารเคมี

ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethlbenzothiazoline-6-sulfonic acid)diammonium), HPLC grade, Sigma, Canada

Acetic acid, Merck, Germany

Chloroform, AR grade, RCI Labscan, Europe and USA

Cyclohexane, AR grade, RCI Labscan, Europe and USA

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhadrazayl), Sigma, Canada

Ethanol, ACS reagent grade, Merck, Germany

Hydrochloric acid, Merck, Germany

Isopropanol, RPE grade, Carlo Erba Reagenti, Italy

Iron(III) chloride hexahydrate, Sigma, China

Hexane, RPE Grade, Carlo Erba Reagenti, Italy

Methanol, ACS reagent grade, Merck, Germany

Phenolphthalein, ACS reagent grade, Merck, Germany

Potassium di-chromate, ACS reagent grade, Carlo Erba Reagenti, Italy

Potassium iodide, ACS reagent grade, Carlo Erba Reagenti, Italy

Potassium hydroxide, ACS reagent grade, Carlo Erba Reagenti, Italy

Potassium persulphate, ACS reagent grade, Sigma, Germany

Starch, Fluka, Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sodium acetate trihydrate, ACS reagent grade, Merck, Germany

Sodium thiosulfate, ACS reagent grade, Merck, Germany

Toluene, ACS reagent grade, Merck, Germany

Trolox ((±)-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chromane-2-carboxylic acid), ALDRICH chemistry, Russian

TPTZ(2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine), ALDRICH chemistry, Russian

Wijs solution, RCI Labscan, Europe and USA

3.2 อุปกรณ์

Analytical balance: ARC120, Ohaus, U.S.A.

Analytical balance: SI-234, Denver Instrument, Germany

Autopipette and Pipette Tips

Ceramic cup

Cutting board

Flipper

Freezer: SNH-0203D41C, SANDENINTERCOOL, Thailand

Hot air oven: UM 400, Memmert, Germany

Hot plate: ROM-THS1599/E, Rommelsbacher, Germany

Hot plate and Magnetic Stirrer: C-MAG HS7, IKA, Germany

Infrared thermometer: UT301A, UNI-T, China

Knife

Microwave oven: NN-ST342M, Panasonic, Malaysia

Refractometer: MASTER-RI, ATAGO, Japan

Refrigerator: NR-BT264, Panasonic, Thailand

Slicer: SIR1-MIRRA250C, SIRMAN, Italy

Stainless steel pot handles: Classic 166320, Zebra, Thailand

Teflon pan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UV-VIS Spectrophotometer: UV-1601, Shimadzu, Japan

Vortex mixer: SI-0236, Scientific Industries, U.S.A.

Water bath: WNB7-45, Memmert, Germany

กรวยกรองอาหาร

ขวดสีชา

ถุงโพลีเอทิลีนชนิดซิปล็อก (28.5x41 ซม.)

ถุงโพลีเอทิลีนชนิดหนา

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างไขมันหมู

นำเนื้อเยื่อไขมันหมูที่เตรียมไว้แล้ว (จากข้อ 3.1.1) นำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) นาน 3 ชั่วโมง และนำมาลดขนาดด้วยเครื่องสไลด์รุ่น SIR1-MIRRA250C กำหนดระยะห่างระหว่างตัวเครื่องและใบมีดกว้าง 3 มิลลิเมตร จากนั้นหั่นลดขนาดด้วยมีดกว้าง 1 เซนติเมตร แบ่งใส่ถุงโพลีเอทิลีนชนิดหนา น้ำหนักบรรจุถุงละ 100 กรัม และเก็บรักษาในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18±1 องศาเซลเซียส

3.3.2 ศึกษาผลผลิตของวิธีการสกัดน้ำมัน

ศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันที่มีผลต่อผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ ด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน ดังนี้

3.3.2.1 วิธีเจียวเปียก

นำตัวอย่างไขมันหมูที่ได้จากข้อ 3.3.1 นำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปต้มกับน้ำโดยมีอัตราส่วน ไขมัน/น้ำ = 1:5 (w/w) ลงในหม้อ นาน 210 นาที กรองแยกส่วนกากออกด้วยกรวยกรองอาหาร จากนั้นเก็บน้ำมันที่สกัดได้ในขวดสีชาปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) คำนวณหาผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (%)

3.3.2.2 วิธีเจียวแห้ง

นำตัวอย่างไขมันหมูที่ได้จากข้อ 3.3.1 นำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) นาน 3 ชั่วโมง ใส่ตัวอย่างลงในกระทะเคลือบ non-stick (Teflon pan) ที่ตั้งไฟอุณหภูมิ 171±1 องศาเซลเซียส นาน 20, 30 และ 40 นาที ตามลำดับ กรองแยกส่วนกากออกด้วยกรวยกรองอาหาร จากนั้นเก็บน้ำมันที่สกัดได้ในขวดสีชาปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) คำนวณหาผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 วิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ

นำตัวอย่างไขมันหมูที่ได้จากข้อ 3.3.1 นำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง (25±1 องศาเซลเซียส) นาน 3 ชั่วโมง ใส่ตัวอย่าง 100 กรัม ลงในถ้วยเซรามิก นำเข้าไมโครเวฟ (รุ่น NN-ST342M ยี่ห้อPanasonic) กำลังไฟฟ้า 800 วัตต์ ใช้ระดับไฟปานกลาง-สูง นาน 7, 10, 13 และ 16 นาที ตามลำดับ กรองแยกส่วนกากออกด้วยกรวยกรองอาหาร จากนั้นเก็บน้ำมันที่สกัดได้ในขวดสีชาปิดสนิท เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4±1 องศาเซลเซียส) คำนวณหาผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (%)

3.3.3 ศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันหมูที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน

3.3.3.1 ค่าความเป็นกรด (AOCS Method Cd 3d-63, 2009)

3.3.3.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ (AOCS Method Cd 8-53, 2009)

3.3.3.3 ค่าไอโอดีน (Wijs method AOCS Cd 1-25, 2009)

3.3.3.4 ค่าดัชนีหักเหของแสง (Refractive index)

3.3.3.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity)

1. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH free radical scavenging activity) โดย Brand-williams และคณะ (1995)

2. ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS free radical scavenging activity) โดยดัดแปลงจาก Thaipong และคณะ (2006)

3.3.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ศึกษาผลผลิตของวิธีการสกัดน้ำมันและคุณลักษณะของน้ำมันหมูที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS v. 16.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ของเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยวิธีเจียว

จากการศึกษาผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ของเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ พบว่าเวลาในการเจียวมีผลต่อผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) วิธีเจียวเปียกเป็นการให้ความร้อนพร้อมกับมีน้ำอยู่ด้วย โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่าวิธีเจียวแห้งและเจียวไมโครเวฟ (ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส) ซึ่งอุณหภูมิสุดท้ายที่วัดได้อยู่ในช่วง 94.6-97.0 องศาเซลเซียส พบว่าความร้อนมีผลทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลายสามารถปล่อยให้น้ำมันแยกออกมาจากเซลล์ ระหว่างการเจียวเปียก น้ำมันซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำจะลอยตัวขึ้นมา ส่วนน้ำและกากจะอยู่ด้านล่างจึงทำการแยกส่วนที่เป็นน้ำ น้ำมัน และกาก ออกจากกัน ด้วยการกรองและการลดอุณหภูมิ เมื่อใช้เวลาในการเจียว 210 นาที ผลผลิตที่ได้เท่ากับ 31.09±0.9% (ตารางที่ 4.1) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของเนื้อทอง และวิไล (2525) นั้นปรากฏว่าผลผลิตที่ได้มีค่าน้อยกว่า โดยงานวิจัยดังกล่าวทำการสกัดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมงได้ผลผลิตร้อยละ 87.6 เนื่องจากวิธีการของงานวิจัยดังกล่าวได้นำกากที่ผ่านการเจียวมาบีบสกัดโดยใช้ Hand Hydraulic press ขนาด 10 ตัน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทำให้ผลผลิตที่ได้มีค่ามากกว่า รวมถึงการสกัดน้ำมันด้วยวิธีเจียวเปียกใช้ระยะเวลานานมากกว่าวิธีเจียวอื่น

วิธีเจียวแห้งจะแตกต่างกับวิธีเจียวเปียก วิธีเจียวแห้งเป็นการให้ความร้อนโดยตรงกับเนื้อเยื่อไขมันหมู โดยการนำความร้อนจากกระทะที่มีอุณหภูมิสูงถ่ายเทความร้อนสู่ตัวอย่างเนื้อเยื่อไขมันหมู ซึ่งอุณหภูมิสุดท้ายที่วัดได้อยู่ในช่วง 170.9-172.6 องศาเซลเซียส ความร้อนทำให้ผนังเซลล์ถูกทำลาย โปรตีนที่สูญเสียสภาพธรรมชาติและปล่อยน้ำมันออกมา ในเนื้อเยื่อไขมันมีความชื้น ดังนั้นความร้อนที่ใช้จึงช่วยไล่ความชื้นออกจากเนื้อเยื่อไขมันหมูได้ จากการศึกษาผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ของเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยวิธีเจียวแห้ง พบว่าเวลาในการเจียวเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้เพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sheu และChen (2002) อุณหภูมิในการเจียวจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวสูงกว่าวิธีเจียวเปียก ทำให้ใช้ระยะเวลาในการเจียวสั้นกว่าและผลผลิตที่ได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีเจียวเปียก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลผลิตที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแห้งกับเวลาที่ใช้สกัดที่ 30 และ 40 นาที ($p>0.05$) ที่เวลาในการเจียว 40 นาที ได้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 69.79±0.96% รองลงมาคือ 30 และ 20 นาที ได้ผลผลิตเท่ากับ 69.64±0.24% และ 65.33±0.10% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1

หลักการเจียวด้วยไมโครเวฟนั้นมีอิทธิพลมาจากเวลาในการให้รังสีและกำลังไฟของไมโครเวฟ (Zhang และคณะ, 2011) กำลังไฟของไมโครเวฟ 800 วัตต์ ใช้ความร้อนระดับปานกลาง-สูง ที่เวลา 7, 10, 13 และ 16 นาที ตามลำดับ วิธีเจียวไมโครเวฟใช้เวลาในการเจียวสั้น ให้ผลผลิตสูง เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากอันตรกิริยาระหว่างพลังงานไมโครเวฟและวัตถุที่มีคุณสมบัติไดอิเล็กทริก (Singh และHeldman, 2001) การเปลี่ยนพลังงานไมโครเวฟไปเป็นความร้อนหรือพลังงานที่ถูกดูดซับในอาหาร ความร้อนเกิดขึ้นภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารโดยตรง อุณหภูมิของตัวอย่างเพิ่มขึ้น สกัดน้ำมันได้ดี ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการให้ความร้อนของวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟใช้ระยะเวลาในการเจียวน้อยกว่าวิธีเจียวแห้งและเจียวเปียก

ตารางที่ 4.1 ผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ของเนื้อเยื่อไขมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้ง และเจียวเปียก

วิธีเจียว	เวลาที่ใช้สกัด (นาที)	ผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ (%)
เจียวด้วยไมโครเวฟ	7	64.05±0.39^{b}
	10	65.09±0.32^{ab}
	13	66.83±0.84^{a}
	16	67.04±2.14^{a}
เจียวแห้ง	20	65.33±0.10^{b}
	30	69.64±0.25^{a}
	40	69.79±0.96^{a}
เจียวเปียก	210	31.09±0.90

หมายเหตุ : ^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ของวิธีเจียวเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาพบว่าเวลาในการเจียวเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิสุดท้ายเพิ่มขึ้น จาก 113 องศาเซลเซียส ที่ 7 นาที เป็น 209 องศาเซลเซียส ที่ 16 นาที อุณหภูมิมีผลต่อการปลดปล่อยน้ำมันภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อไขมัน ทำให้ผลผลิตของเวลาที่ 16 นาที เพิ่มขึ้นเท่ากับ 67.04±2.14% และลักษณะปรากฏโดยสังเกตจากกากของตัวอย่างเกิดการไหม้ รวมถึงสีของน้ำมันที่สกัดได้เข้มสุดเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้เจียวอื่น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของผลผลิตที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟกับเวลาที่ใช้สกัดที่ 13 และ 16 นาที ($p>0.05$) การไหม้ของเนื้อเยื่อไขมันตัวอย่าง เนื่องจากอุณหภูมิทำลายเมล็ดสีและเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Maillard browning) ในตัวอย่าง ส่งผลทำให้น้ำมันที่สกัดได้มีคุณภาพต่ำ (Sheu และChen, 2002; Zhang และคณะ, 2011) ดังนั้นเวลาในการสกัดวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ผลผลิตสูงสุดคือ 13 นาที

4.2 คุณลักษณะของน้ำมันหมูที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน

4.2.1 ผลของค่าความเป็นกรด

ค่าความเป็นกรดในน้ำมันคือ คือจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดไขมันอิสระในน้ำมันหนักหนึ่งกรัม ซึ่งค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 4.2 ผลของค่าความเป็นกรดของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียก

วิธีเจียว	เวลาที่ใช้สกัด (นาที)	ค่าความเป็นกรด (mgKOH/g)
เจียวด้วยไมโครเวฟ	7	0.69±0.12[a]
	10	0.84±0.15[a]
	13	0.88±0.03[a]
	16	0.79±0.10[a]
เจียวแห้ง	20	0.72±0.06[b]
	30	0.85±0.04[a]
	40	0.97±0.08[a]
เจียวเปียก	210	0.57±0.08

หมายเหตุ : [a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ของวิธีเจียวเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าวิธีเจียวแห้งมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการเจียวเพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดบ่งบอกถึงจำนวนกรดไขมันอิสระของน้ำมันตัวอย่างที่ไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบหลักในน้ำมัน ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ซึ่งปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นปฏิกิริยาที่เกิดจากน้ำในรูปของไอน้ำซึ่งออกจากเนื้อเยื่อไขมันของหมูระหว่างการให้ความร้อนทำปฏิกิริยากับไตรกลีเซอรไรด์ในน้ำมัน เกิดเปนกรดไขมันอิสระขึ้น โดยปริมาณกรดไขมันอิสระจะมีการสะสมในน้ำมันเพิ่มขึ้น เมื่อให้ความร้อนเนื้อเยื่อไขมันอยางตอเนื่องเปนระยะเวลานาน (ปัจฉิมาภรณ์ และคณะ, 2549) เวลาในการเจียวด้วยไมโครเวฟไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากระยะเวลาในการให้ความร้อนของวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟสั้น ทำให้ไม่เกิดความแตกต่างของค่าความเป็นกรด ในทางตรงกันข้ามวิธีเจียวแห้งเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานาน ส่งผลทำให้เวลาในการเจียววิธีเจียวแห้งมีผลต่อค่าความเป็นกรดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) วิธีเจียวด้วยไมโครเวฟเวลา 16 นาที มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่าเวลาในการเจียวที่ 13 นาที เนื่องจากตัวอย่างเนื้อเยื่อไขมันของหมูได้รับความร้อนสูงเป็นเวลานาน น้ำมันสามารถออกซิไดส์และเปลี่ยนกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเป็นสารทุติยภูมิอื่น เช่นสารประกอบไฮโดรเปอร์ออกไซด์ อีพอกไซด์ ไฮดรอกไซด์ แอลดีไฮด์ และคีโตน (ปัจฉิมาภรณ์ และคณะ, 2549) ซึ่งทำให้ค่าความเป็นกรดลดลงเท่ากับ 0.79±0.10 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม สารประกอบดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้สีและกลิ่นที่ผิดปกติของน้ำมัน นอกจากนี้ความร้อนมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยการเพิ่มอุณหภูมิจะเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่อนุภาคของสารทำให้ อนุภาคของสารเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น จึงช่วยเพิ่มโอกาสในการชนกันของอนุภาคมากขึ้น ทั้งนี้การเพิ่มพลังงานให้แก่สารจะช่วยทำให้สารมีพลังงานภายในมากกว่าค่าพลังงานก่อกัมมันต์จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น (สำราญ พฤกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148849

สุนทร, 2551) ในวิธีเจียวเปียก อุณหภูมิในการให้ความร้อนของวิธีเจียวเปียกนั้นต่ำกว่าวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟและเจียวแห้ง ซึ่งอุณหภูมิในการให้ความร้อนต่ำ ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสดังที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ค่าความเป็นกรดต่ำที่เวลา 210 นาที เท่ากับ 0.57±0.08 มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม

4.2.2 ผลของค่าเปอร์ออกไซด์

การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ เป็นการวัดการหืนเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้จากปริมาณสารเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของออกซิเจน ณ ตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว รวมถึงสารที่สร้างอนุมูลอิสระของกรดไขมันด้วย (Che Man และJaswir, 2000; Tyagi และ Vasishtha, 1996) ทั้งนี้ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อนำน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ในขณะเดียวกันความร้อนและแสงก็มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน จากการศึกษาหาปริมาณเปอร์ออกไซด์ที่เกิดในน้ำมันหมูที่สกัดด้วยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียกมาวิเคราะห์หาค่าเปอร์ออกไซด์ได้ผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลของค่าเปอร์ออกไซด์ของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียก

วิธีเจียว	เวลาที่ใช้สกัด (นาที)	ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg)
เจียวด้วยไมโครเวฟ	7	4.64±0.60[a]
	10	4.85±0.72[a]
	13	4.87±0.23[a]
	16	5.30±0.28[a]
เจียวแห้ง	20	15.32±0.52[a]
	30	16.80±0.92[a]
	40	16.87±0.87[a]
เจียวเปียก	210	14.53±0.42

หมายเหตุ : [a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ของวิธีเจียวเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าวิธีเจียวทั้งสามวิธีเมื่อใช้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของเวลาการเจียวด้วยไมโครเวฟต่อค่าเปอร์ออกไซด์ ($p>0.05$) แต่เวลาการเจียววิธีเจียวแห้งนั้นมีผลต่อค่าเปอร์ออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือออกซิเจนและอุณหภูมิ ซึ่งวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟจะสกัดภายในเครื่องที่ปิดทึบ โอกาสที่ไตรกลีเซอไรล์ที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวของน้ำมันหมูจะเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่น้อยลง มีผลต่อการเกิดเปอร์ออกไซด์แนวโน้มต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์ออกไซด์ของวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟต่ำกว่าวิธีเจียวอื่น ส่วนวิธีเจียวแห้งและเจียวเปียก เป็นวิธีการสกัดที่มีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง่าย และอุณหภูมิในการเจียวเพิ่มขึ้นส่งผลทำให้อัตราเร็วต่อการเกิดออกซิเดชันเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าเปอร์ออกไซด์สูง โดยค่าเปอร์ออกไซด์จะมีความไวต่อน้ำมันที่ผ่านการให้ความร้อนสูง โดยการให้ความร้อนสูงกับน้ำมันจะทำให้มีการดูดซับออกซิเจนเข้าสู่ภายในน้ำมันมากขึ้น (Havsteen, 1983) ผลของค่าเปอร์ออกไซด์ของวิธีการเจียวเปียกที่เวลา 210 มีค่าสูง (14.53±0.42 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน) เนื่องจากการให้ความร้อนที่ระยะเวลานานมีโอกาสที่น้ำมันจะถูกออกซิไดส์ได้มากขึ้น ส่งผลต่อค่าเปอร์ออกไซด์ที่ได้ แต่อุณหภูมิในการให้ความร้อนก็มีผลต่อการเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยผลของวิธีเจียวแห้งที่ เวลา 40 นาที มีค่าเปอร์ออกไซด์สูงกว่า วิธีเจียวเปียก 210 นาที เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้เจียวแห้งสูงกว่าวิธีเจียวเปียกนั้นเองซึ่งอุณหภูมิสุดท้ายของวิธีเจียวเปียกที่วัดได้อยู่ในช่วง 94.6-97.0 องศาเซลเซียส ค่าเปอร์ออกไซด์ของวิธีเจียวแห้งที่ 40 นาที มีค่าเปอร์ออกไซด์สูงสุดเท่ากับ 16.87±0.87 มิลลิอิควิวาเลนซ์ต่อกิโลกรัมน้ำมัน ซึ่งค่าดังกล่าวยังไม่ทำให้น้ำมันเกิดกลิ่นหืน ซึ่งโดยทั่วไปน้ำมันหมูจะเริ่มมีกลิ่นหืนที่ค่าเปอร์ออกไซด์มากกว่า 20 มิลลิอิควิวาเลนซ์/กิโลกรัม ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการหืนในไขมันสัตว์ (วรรณทิชา, 2545)

4.2.3 ผลของค่าไอโอดีน

ค่าไอโอดีนเป็นวิธีการวัดปริมาณความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันหรือปริมาณพันธะคู่ของกรดไขมันในไขมันหรือน้ำมัน เมื่อนำน้ำมันหมูที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแตกต่างกันมาวิเคราะห์ค่าไอโอดีนได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของค่าไอโอดีนของน้ำมันหมูโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้งและเจียวเปียก

วิธีเจียว	เวลาที่ใช้สกัด (นาที)	ค่าไอโอดีน (gI_2/100g)
เจียวด้วยไมโครเวฟ	7	92.74±14.7[b]
	10	83.86±2.64[b]
	13	102.47±13.25[ab]
	16	115.16±3.80[a]
เจียวแห้ง	20	95.70±13.69[a]
	30	99.51±7.44[a]
	40	103.74±6.51[a]
เจียวเปียก	210	83.01±3.88

หมายเหตุ : [a,b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ของวิธีเจียวเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเวลาในการเจียวด้วยไมโครเวฟมีผลต่อค่าไอโอดีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยถ้าเพิ่มเวลาในการเจียว ทำให้ค่าไอโอดีนเพิ่มขึ้น ที่เวลา 16 นาที ค่าไอโอดีนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 115.16±3.80 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าไอโอดีนเมื่อเจียวด้วยวิธีเจียวแห้งที่เวลาต่างกัน ($p>0.05$) ผลของค่าไอโอดีนของน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวเปียกที่เวลา 210 นาที มีค่าเท่ากับ 83.01±3.88 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม ผลของค่าไอโอดีนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันหมูที่สกัดได้โดยวิธีเจียวเปียกและเจียวแห้งนั้น มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการเจียวเพิ่มขึ้น ในความเป็นจริงค่าไอโอดีนควรมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศจากการเกิดปฏิกิริยา autoxidation เกิดเป็น peroxide linkage ส่งผลให้ค่าความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันลดลงหรือปริมาณพันธะคู่ของกรดไขมันลดลง ค่าไอโอดีนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งค่าไอโอดีนจึงเป็นตัวชี้บ่งระดับความไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) ของกรดไขมัน การเกิดการหืนโดยปฏิกิริยานี้ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมันลดลงด้วย และยังทำลายวิตามินที่ละลายในไขมันและน้ำมันอีกด้วย (อนรรฆอร และมาโนชย์, 2555) โดยทั่วไปน้ำมันหมูมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 55-65 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม (Sharma และคณะ, 2013) ซึ่งเจียวแห้งที่เวลา 40 นาที เจียวเปียกที่เวลา 210 นาทีและเจียวไมโครเวฟที่เวลา 16 นาที มีค่าไอโอดีนเท่ากับ 103.74±6.51, 83.01±3.88 และ115.16±3.80 กรัมของไอโอดีนต่อน้ำมัน 100 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาค่าไอโอดีนนั้นแตกต่างจากค่าทั่วไปสันนิฐานมาจากวิธีการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องหรืออุปกรณ์ไม่ได้มาตรฐาน

4.2.4 ดัชนีหักเหของแสง (Refractive index)

จากการนำตัวอย่างน้ำมันหมูที่สกัดได้โดยวิธีการเจียวแตกต่างกัน ได้แก่ วิธีเจียวเปียก วิธีเจียวแห้ง และวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ ที่ใช้ระยะเวลาในการเจียวแตกต่างกัน นำมาวิเคราะห์ดัชนีหักเหแสงด้วย Refractometer รุ่น MASTER-RI ยี่ห้อ ATAGO พบว่าค่าดัชนีหักเหแสงเท่ากับ 1.466 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sharma และคณะ (2013) รายงานว่าค่าดัชนีหักเหของแสงของน้ำมันหมูเท่ากับ 1.448-1.460 ซึ่งค่าดัชนีหักเหของแสงบ่งบอกถึงคุณภาพและความบริสุทธิ์ของน้ำมัน

4.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันจากเนื้อเยื่อไขมันหมู

ผลจากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ของน้ำมันหมูที่สกัดด้วยวิธีเจียวแตกต่างกัน โดยศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ 2 วิธี ได้แก่ DPPH (DPPH free radical scavenging activity) และ ABTS (ABTS free radical scavenging activity) แสดงผลดังตารางที่ 4.5

สัตว์จะสะสมวิตามินอีไว้ในชั้นไขมันภายใต้ผิวหนัง เนื้อเยื่อไขมัน และน้ำนม ซึ่งการสกัดโดยการให้ความร้อนทำให้เนื้อเยื่อไขมันแตกมากขึ้น ส่งผลทำให้วิตามินอีหรือโทโคฟีรอลที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ภายในออกมามากในขั้นตอนการสกัด (ณัฏฐา, 2553)

จากการศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหมูที่สกัดโดยวิธีเจียวไมโครเวฟ เจียวแห้ง และเจียวเปียกดังตารางที่ 4.5 พบว่าวิธีวิเคราะห์ DPPH เวลาในการเจียวของวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟและวิธีเจียวแห้งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหมูที่สกัดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาในการเจียวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ส่วนวิธี ABTS เวลาในการเจียวของวิธีเจียวแห้งมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหมูที่สกัดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันที่สกัดได้ด้วยวิธีเจียวแห้งที่เวลา 40 นาทีมีค่ามากที่สุดเมื่อเทียบกับสกัดที่เวลา 20 และ 30 นาที ตามลำดับ เนื่องจากการให้ความร้อนระยะเวลานานมีผลทำให้สารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อไขมันออกมามาก เช่นเดียวกับผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันที่สกัดได้วิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ ซึ่งผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ DPPH ของน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดที่เวลา 16 นาที (3.54±0.32 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ ABTS รวมถึงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของวิธีเจียวแห้งของการวิเคราะห์ DPPH และ ABTS มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และผลของค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีวิเคราะห์ DPPH และ ABTS ของน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวเปียกมีค่าเท่ากับ 6.04±0.63 และ 7.39±0.12 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่างตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหมูที่สกัดโดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟ เจียวแห้ง และเจียวเปียก

วิธีเจียว	เวลาใช้สกัด (นาที)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแต่ละวิธีวิเคราะห์ (มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง)	
		DPPH	ABTS
เจียวด้วยไมโครเวฟ	7	2.49±0.07^{b}	6.58±0.97^{a}
	10	2.86±0.21^{ab}	7.36±0.61^{a}
	13	3.20±0.70^{ab}	7.53±0.36^{a}
	16	3.54±0.32^{a}	7.59±0.12^{a}
เจียวแห้ง	20	3.89±0.60^{b}	5.24±0.21^{b}
	30	4.63±0.39^{ab}	5.53±0.21^{b}
	40	5.00±0.20^{a}	6.40±0.30^{a}
เจียวเปียก	210	6.04±0.63	7.39±0.12

หมายเหตุ : ^{a,b} หมายถึง ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์ของวิธีเจียวเดียวกันที่มีตัวอักษรที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันหมูโดยวิธีการเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ พบว่าเวลาในการเจียวมีผลต่อผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้ ($p \leq 0.05$) ซึ่งผลผลิตวิธีเจียวแห้งได้สูงสุดเท่ากับ 69.64% รองลงมาคือ วิธีเจียวไมโครเวฟและเจียวเปียกเท่ากับ 66.83% และ 31.09% ที่เวลา 30, 13 และ 210 นาที ตามลำดับ เวลาในการเจียวด้วยไมโครเวฟที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคุณลักษณะของน้ำมันที่สกัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นเวลาที่ทำให้ผลผลิตมีค่าสูงสุดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือ 13 นาที และวิเคราะห์ดัชนีหักเหแสงของน้ำมันหมูที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 1.466

คุณลักษณะของน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีเจียวแห้ง ค่าเปอร์ออกไซด์และค่าไอโอดีนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเจียวที่เวลาต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรดของเวลาเจียวที่ 30 นาที (0.85 ± 0.04) นั้นมากกว่าเจียวที่ 20 นาที (0.72 ± 0.06) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ผลผลิตและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเวลาในการเจียวที่ 30 นาที สูงกว่า 20 นาที

วิธีเจียวเปียกนั้นใช้ระยะเวลาในการเจียวนานกว่าวิธีเจียวอื่น เนื่องจากสกัดโดยใช้น้ำถ่ายเทความร้อนสู่เนื้อเยื่อไขมันแล้วปลดปล่อยน้ำมันออกจากเซลล์ช้าๆที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียสโดยประมาณ ทำให้ผลผลิตของน้ำมันที่สกัดได้น้อยกว่าวิธีอื่น ($31.09 \pm 0.9\%$) แต่ลักษณะปรากฏของน้ำมันหมูที่สกัดได้ของวิธีเจียวเปียกจะมีสีอ่อนที่สุด เหมาะแก่การนำไปผลิตเนยขาว รวมถึงค่าความเป็นกรด ค่าไอโอดีน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของวิธีเจียวเปียกที่เวลา 210 นาทีมีค่าน้อยกว่าวิธีเจียวแห้งที่เวลา 30 นาที และเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 16 นาที ตามลำดับ ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมันที่ไม่เกิดการหืนได้ง่าย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการศึกษาคุณลักษณะของน้ำมันหมูโดยวิธีการเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ อาจศึกษาปัจจัยอื่นที่มีผลต่อคุณลักษณะของน้ำมันหมูเพิ่มเติม เช่น อุณหภูมิในการเจียว สายพันธุ์ของหมู ส่วนเนื้อเยื่อไขมันหมู เป็นต้น

5.2.2 วิธีเจียวเปียก ควรศึกษาเวลาในการสกัดหลายๆช่วงเวลาและพัฒนาวิธีการสกัดเพื่อให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ณัฏฐา แซ่กัง. 2553. ปริมาณแคโรทีนและโทโคฟีรอลในใยปาล์มน้ำมันที่หีบแล้ว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเคมีอุตสาหกรรม. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ดวงกมล เรือนงาม. 2557. การสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. 23: 120-139.

เนื้อทอง วนานุวัธ และวิไล กาญจนภูมิ. 2525. การปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันหมู. หน้า 218-227. ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 20. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุหรัน พันธุ์สวรรค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 21: 275-286.

ปัจฉิมาภรณ์ อุดมคุณ, ปิยะฉัตร ใจเอื้อ, บัณฑิต อินณวงศ์ และประมุข ภระกูลสุขสถิต. 2549. ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำมันทอด. หน้า 35-45. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประทุมพร ชาติไทย. 2553. ลักษณะของน้ำมันเมล็ดมะรุมสกัดด้วยวิธีแตกต่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2553. การเจียว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1060/rendering-การเจียว. 16 พฤษภาคม 2559.

ฤดีมาศ พุ่มกล่ำ. 2555. ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารสกัดจากเปลือกอบเชยอินโดนิเซีย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิไล กาญจนภูมิ. 2526. การสกัดและการปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันหมู. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขา วิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณทิชา ลาภศิริ. 2545. การสกัดสารฟลาโวนอยด์จากเปลือกมะนาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำราญ พฤกษ์สุนทร. 2551. อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. หน้า 38-40. บุญศรี ไพรัตน์. เคมีม.5 เล่ม 3-4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

อนรรฆอร ศรีไสยเพชร และมาโนชย์ ถนอมวัฒน์. 2555. การพัฒนาวิธีการสกัดแยกและวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต. สาขาวิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิ่มเอิบ พันสด. 2549. เนื้อเยื่อไขมัน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://elearning.nsru.ac.th/web_elearning/meattech/lesson/less2_5.html. 16 พฤษภาคม 2559.

AOCS. 2009. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 6th ed. Champaign Illinois, USA.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm Wiss Technology. 28: 25-30.

Che Man, Y.B. and Jaswir, I. 2000. Effect or rosemary and sage extracts on frying performance of refined, bleached and deodorized (RBD) palm olein during deep-fat frying. Food Chemistry. 69: 301-307.

De Leonardis, A., Macciola V., Lemdo, G., Alessandre A. and Nag, A. 2007. Studies on oxidative stabilization of lard by natural antioxidants recovered from olive-mill wastewater. Food Chemistry. 100: 998-1004.

Havsteen, B. 1983. Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. Biochememical Pharmacology. 32: 1141-1148.

O'Brien, R.D. 2004. Fat and oils: Formulating and processing for applications. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.

Sharma, H., Giriprasad, R. and Goswami, M. 2013. Animal fat-processing and its quality control. Journal of food process engineering and Technology. 4: 252-256.

Sheu, K. S. and Chen, T. C. 2002. Yield and quality characteristics of edible broiler skin fat as obtained from five rendering methods. Journal of food engineering. 55: 263-269.

Singh, R. P. and D. R. Heldman. 2001. Microwave Heating. 306-331. Introduction to Food Engineering. 3rd ed. London: Academic Press.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of Food Composition and Analysis. 19: 669–675.

Tyagi, V.K. and Vasishtha, A.K. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. The Journal of the American Oil Chemists' Society. 4: 499-506.

Zhang, L., Yin. B. and Rui, H. 2011. Effect of microwave rendering on the yield and characteristics of chicken fat from broiler abdominal fat issue. Journal of food process engineering and Technology. 6: 1151-1157.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (AOCS Cd 3d-63, 2009)

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด (Acid value) ของไขมันหรือน้ำมัน คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจำนวน 1 กรัม เป็นกลาง ซึ่งนิยมเทียบเป็นร้อยละของ acid value ดังนั้นค่าความเป็นกรดจะเป็นตัวชี้บ่งบอกการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่าความเป็นกรดสูงแสดงว่าไตรกลีเซอไรด์ถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนมาก

สารเคมี

1. Potassium hydroxide solution เข้มข้น 0.02 N
2. Isopropanol : toluene (1:1)
3. Phenolphthalein indicator 1.0%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 2 กรัม ใส่ใน flask 250 ml
2. เติม Isopropanol : toluene (1:1) 25 ml
3. หยด Phenolphthalein 3 หยด นำไปไตเตรทด้วย 0.02N KOH จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท

วิธีการคำนวณ

$$\text{Acid value} = [(A-B) \times N \times 56.11] / W$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ไตเตรท
W = น้ำหนักของตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวิเคราะห์ค่าเพอร์ออกไซด์ (AOCS Cd 8-53, 2009)

ค่าเพอร์ออกไซด์(Peroxide value) คือ ปริมาณออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมันและไขมัน หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรต ไขมันหรือน้ำมัน 1 กรัม เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียของน้ำมันและไขมันรวมทั้งอาหารที่มีไขมันสูง ถ้าเพอร์ออกไซด์สูงแสดงว่าไขมันหรือน้ำมันเกิด lipid oxidation มาก มีกลิ่นหืนมาก เกิดปฏิกิริยา oxidative rancidity มาก

สารเคมี

1. Sodium thiosulfate solution เข้มข้น 0.01N
2. Chloroform : acetic acid (3:2)
3. Potassium Iodide อิ่มตัว
4. น้ำแป้ง เข้มข้น 1%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 5 g ใส่ใน flask 250 ml
2. เติม Chloroform : acetic acid (3:2) 30 ml
3. ใส่ KI อิ่มตัว 3 หยด ลงใน flask เขย่าทันทีในที่มืดนาน 1 นาที
4. หยดน้ำแป้ง 3 หยด นำไปไทเทรตด้วย 0.01N $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท

วิธีการคำนวณ

$$\text{Peroxide Value} = [A \times N \times 1000] / W$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ไตเตรท
W = น้ำหนักของตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวิเคราะห์ค่าไอโอดีน (Wijs method AOCS Cd 1-25, 2009)

ค่าไอโอดีน (Iodine value) คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม ค่าไอโอดีนเป็นตัวชี้บ่งว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใด หรือ degree of unsaturation ของไขมัน ถ้าค่าไอโอดีนสูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก และจะทำให้เกิดการหืนได้ง่ายด้วย

สารเคมี

1. สารละลาย WiJs
2. Sodium thiosulfate solution เข้มข้น 0.1N
3. Chloroform : acetic acid (7:3)
4. Potassium Iodide เข้มข้น 10%
5. น้ำแป้ง เข้มข้น 1%

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างน้ำมัน 0.1 g ใส่ใน Iodine flask 500 ml
2. เติม Chloroform : acetic acid 20 ml
3. เติม สารละลาย WiJs 25 ml แล้วเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที
4. เติม KI 20 ml และเติมน้ำกลั่น 100 ml
5. หยด นำไปไทเทรตด้วย 0.1N $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีใส บันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรท

วิธีการคำนวณ

$$\text{Iodine value} = [(B-A) \times N \times 12.69] / W$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)
N = ความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ไตเตรท
W = น้ำหนักของตัวอย่างน้ำมัน (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 วิธีวิเคราะห์ดัชนีหักเหแสง

ค่าดัชนีการหักเหแสง (Refractive Index) มีประโยชน์ในการบ่งชี้และตรวจสอบชนิด คุณภาพ และความบริสุทธิ์ของน้ำมัน ค่าการหักเหของแสงขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่และคาร์บอนอะตอม สามารถใช้ติดตามปฏิกิริยาในกระบวนการเติมไฮโดรเจนได้

วิธีการ

1. หยดตัวอย่าง 1-2 หยด ลงบนปริซึมรองรับตัวอย่างเครื่อง Refractometer รุ่น MASTER-RI
2. ปิดแผ่นปริซึมลงเบาๆ ตัวอย่างที่ต้องการวัดจะต้องแผ่สม่ำเสมอบนหน้าปริซึมรองรับสารไม่ให้มีฟองอากาศเกิดขึ้น
3. มองเส้นตัดผ่านช่องมองภาพ (eyepiece) สามารถปรับความคมชัดได้โดยการหมุนที่ช่องมองภาพ อ่านค่าที่วัดได้จากขีดบอกปริมาตรที่เส้นตัดสีขาวและสีฟ้าว่าตรงกับขีดบอกปริมาณว่าตรงกับค่าที่เท่าไหร่
4. เช็ดตัวอย่างออกด้วยผ้าบางๆ หรือ กระดาษทิชชูที่เปียก หรือล้างปริซึมรองรับตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น หลังจากล้างปริซึมให้ซับน้ำที่เหลืออยู่ด้วยผ้าบางๆ หรือ กระดาษทิชชูที่แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ข.1 วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH free radical scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH free radical scavenging activity) วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Brand-williams และคณะ (1995) ซึ่งมีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ DPPH จะมีสีม่วงแดง ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 515 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

สารเคมี

1. สารละลาย DPPH โดยชั่ง DPPH 0.012 กรัม ละลายในเมทานอล (methanol) ปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร (DPPH stock solution)
2. เฮกเซน (Hexane)
3. เมทานอล (methanol)

วิเคราะห์ตัวอย่าง

1. นำ DPPH stock solution : methanol (10:45) (DPPH working solution)
2. ปิเปตสารละลาย DPPH working solution 5.7 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง
3. ปิเปตตัวอย่างน้ำมันและเฮกเซน โดยปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดเป็น 0.3 มิลลิลิตร
4. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที
5. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เฮกเซน (hexane) เป็น blank
6. คำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน DPPH โดยชั่ง DPPH 0.012 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล (methanol) ให้ปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร นำ DPPH 10 มิลลิตร ไปผสมกับเมทนอล 45 มิลลิตร ได้เป็น DPPH working
2. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox โดยให้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 200, 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 ไมโครโมลต่อลิตร โดยชั่งโทรรอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล (methanol) ให้ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 6, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 ไมโครลิตร ตามลำดับ
3. ปรับปริมาตรรวมด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.3 มิลลิลิตร
4. เติมสารละลาย DPPH working solution 5.7 มิลลิลิตร
5. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ในที่มืด
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอล (methanol) เป็น blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่อยไมโครโมล

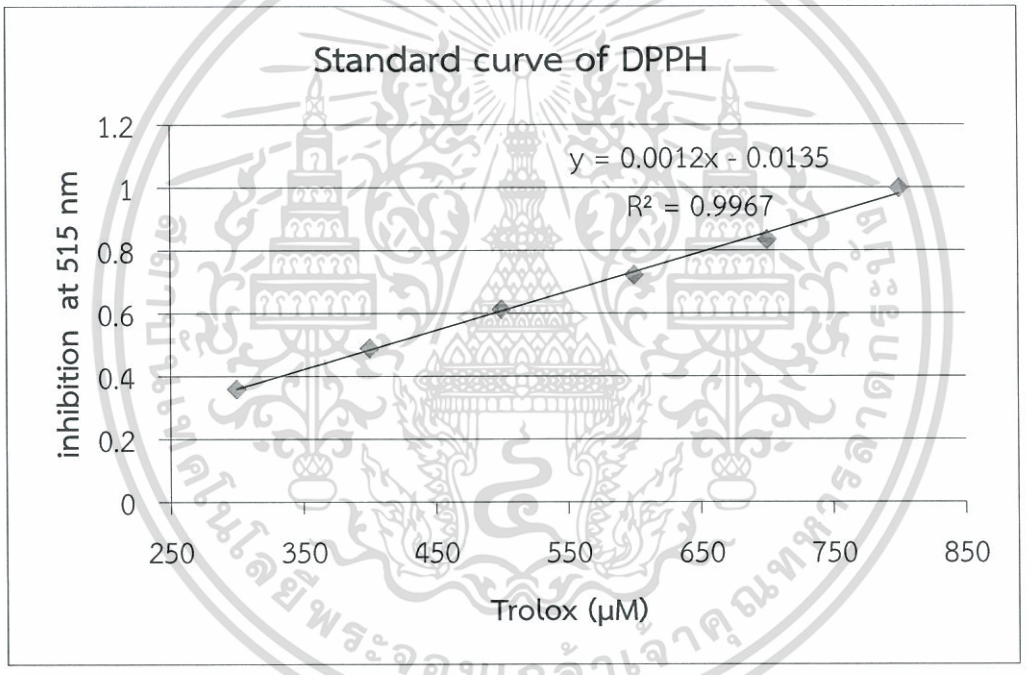
การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่าง สมมูลโทรลอกซ์ โดยคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการต่อไปนี้

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = $A_{control}$- A_{sample}

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างน้ำมัน
$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ ดังภาพที่ ข.1



ภาพที่ ข.1 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ DPPH

$y = 0.0012x - 0.0135$ ($R^2 = 0.9967$)

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร
x = ค่าความเข้มข้นของสารละลาย DPPH
c = จุดตัดแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณตัวอย่างของการสกัดด้วยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 7 นาที โดยใช้ปริมาตรตัวอย่าง 0.05 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ครั้งที่ 1 เท่ากับ 1.046 และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ของตัวอย่างควบคุม เท่ากับ 1.184 แทนค่าในสมการจะได้

ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH = 1.184-1.046

= 0.138

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

0.138 = 0.0012x-0.0135

x = 127.08 ไมโครโมลต่อกรัม

ปริมาณตัวอย่าง 0.05 มิลลิลิตร มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด 0.12708 มิลลิโมลต่อกรัม

ในตัวอย่างน้ำมัน 1 กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด 2.5416 มิลลิโมลต่อกรัม

ดังนั้นน้ำมันหมู 1 กรัมสกัดด้วยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 7 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด 2.54 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง

ข.2 วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS free radical scavenging activity)

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS free radical scavenging activity) วิเคราะห์โดยใช้วิธีที่รายงานโดย Thaipong และคณะ (2006) ซึ่งมีหลักการคือ สารละลายของอนุมูลอิสระ ABTS จะมีสีเขียวอมฟ้า ซึ่งดูดกลืนแสงได้ที่ 734 นาโนเมตร ในกรณีตัวอย่างสารสกัดที่มีฤทธิ์ในการทำลายอนุมูลอิสระได้น้อย

สารเคมี

1. สารละลาย ABTS โดยชั่ง ABTS 0.0952 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร
2. สารละลาย potassium persulphate โดยชั่ง potassium persulphate 0.0351 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร
3. เมทานอล (methanol)
4. เฮกเซน (hexane)

วิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ผสม ABTS : potassium persulphate (1:1) ทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง (ABTS stock solution)
2. นำ ABTS stock solution : methanol (1:25) (ABTS working solution)
3. ปิเปตสารละลาย ABTS working solution 5.7 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง
4. ปิเปตตัวอย่างน้ำมันและเฮกเซน โดยปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยารวมทั้งหมดเป็น 0.3 มิลลิลิตร
5. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เฮกเซน (hexane) เป็น blank
7. คำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

การเตรียมกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

1. สารละลาย ABTS โดยชั่ง ABTS 0.0952 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร
2. สารละลาย potassium persulphate โดยชั่ง potassium persulphate 0.0351 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร
3. ผสม ABTS : potassium persulphate (1:1) ทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง (ABTS stock solution)
4. นำ ABTS stock solution : methanol (1:25) (ABTS working solution)
5. เตรียมสารละลายมาตรฐาน Trolox โดยให้ความเข้มข้นโดยรวมในหลอดทดลองเป็น 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 200, 300, 400, 500, 600, 700 และ 800 ไมโครโมลต่อลิตร โดยชั่งโทรรอกซ์ 0.025 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล (methanol) ให้ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร โดยปิเปตมา 6, 18, 24, 30, 36, 42, 48, 60, 90, 120, 150, 180, 210 และ 240 ไมโครลิตร ตามลำดับ
6. ปรับปริมาตรรวมด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวมในแต่ละหลอดเป็น 0.3 มิลลิลิตร
7. เติมสารละลาย ABTS working solution 5.7 มิลลิลิตร
8. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที ในที่มืด
9. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เมทานอล (methanol) เป็น blank
10. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่อยไมโครโมล

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS

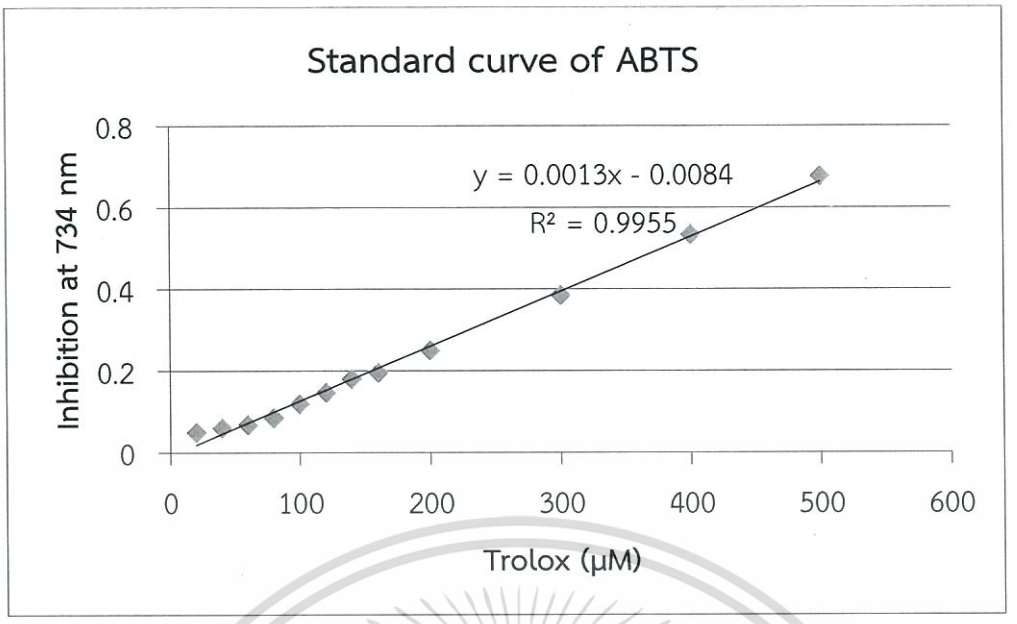
การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ของตัวอย่าง สมมูลโทรลอกซ์ โดยคำนวณหาความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS} = A_{control} - A_{sample}$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่างน้ำมัน
$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาแทนค่าในสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ ดังภาพที่ ข.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.2 กราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในการวิเคราะห์ ABTS

$y = 0.0013x-0.0084$ ($R^2 = 0.9955$)

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำมันตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร
x = ค่าความเข้มข้นของสารละลาย ABTS
c = จุดตัดแกน y

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณตัวอย่างของการสกัดด้วยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 7 นาที โดยใช้ปริมาตรตัวอย่าง 0.05 มิลลิลิตร ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ครั้งที่ 1 เท่ากับ 1.259 และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ของตัวอย่างควบคุม เท่ากับ 0.887

แทนค่า y ในสมการ , y = 0.372

แทนค่าในสมการกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์

0.372 = 0.0013x-0.0084

x = 273.71 ไมโครโมลต่อกรัม

ปริมาณตัวอย่าง 0.05 มิลลิลิตร มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด 0.27371 มิลลิโมลต่อกรัม

ในตัวอย่างน้ำมัน 1 กรัม มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด 5.4742 มิลลิโมลต่อกรัม

ดังนั้นน้ำมันหมู 1 กรัมสกัดด้วยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 7 นาที มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทั้งหมด 5.47 มิลลิโมลสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมตัวอย่าง

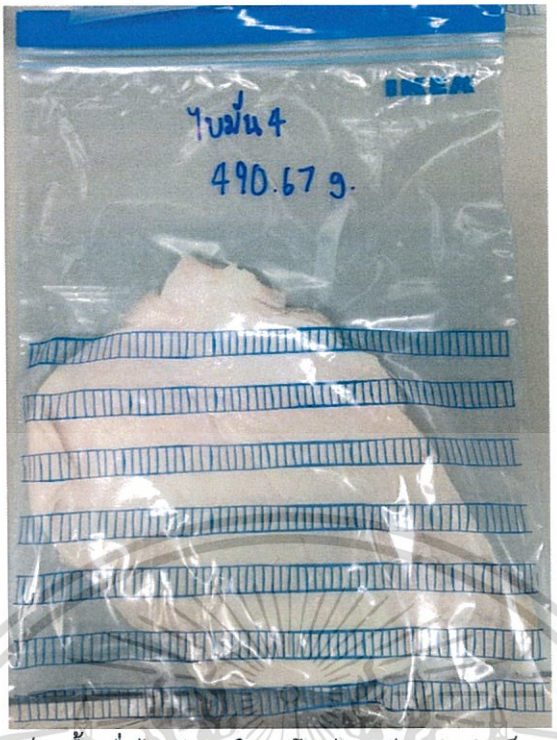
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การเตรียมเนื้อเยื่อไขมันหมู

ภาพที่ ค.1 เนื้อเยื่อไขมันหมู จากตลาดหัวตะเข้ ที่ไม่ได้ผ่านการตัดแต่ง

ภาพที่ ค.2 เนื้อเยื่อไขมันหมูที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ค.3 การเก็บเนื้อเยื่อไขมันหมูในถุงโพลีเอทิลีนชนิดซิปล็อก (28.5x41 ซม.)

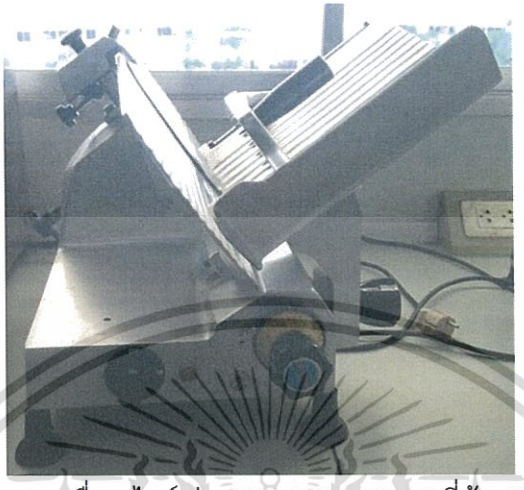
ภาพที่ ค.4 การลดขนาดเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยเครื่องสไลด์ หนา 3 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ค.5 การหั่นเนื้อเยื่อไขมันหมูด้วยมีด ความกว้าง 1 ซม.

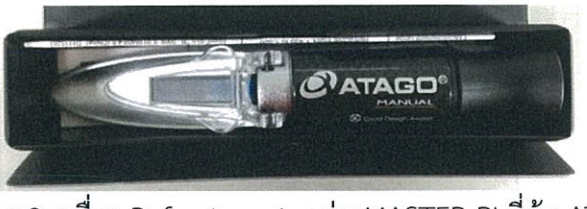
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้



ภาพที่ ง.1 เครื่องสไลด์ รุ่น SIR1-MIRRA250C ยี่ห้อ SIRMAN

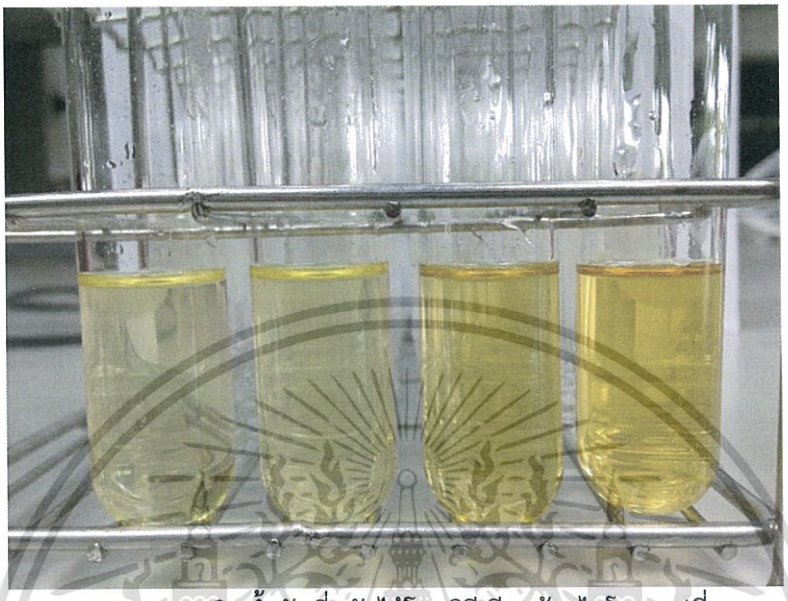
ภาพที่ ง.2 เครื่อง Infrared thermometer รุ่น UT301A ยี่ห้อ UNI-T



ภาพที่ ง.3 เครื่อง Refractometer รุ่น MASTER-RI ยี่ห้อ ATAGO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้



ภาพที่ จ.1 ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวด้วยไมโครเวฟที่เวลา 7, 10, 13 และ 16 นาที เรียงจากซ้ายไปขวา ตามลำดับ

ภาพที่ จ.2 ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวแห้งที่เวลา 20, 30 และ 40 นาที เรียงจากซ้ายไปขวา ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ จ.3 ลักษณะปรากฏของผลผลิตน้ำมันที่สกัดได้โดยวิธีเจียวเปียกที่เวลา 210 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	สุพินดา บุญยิ่ง
วัน เดือน ปี เกิด	13 ธันวาคม 2536
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนโสมาภานุสสรณ์ สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อม เกล้า สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะ-อุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน A S World Trading Ltd. Part (บริษัท กรีนเดย์ โกลบอล จำกัด)
และผลงานวิจัย	ผลงานการวิจัย สุพินดา บุญยิ่ง. **คุณลักษณะเนื้อเยื่อไขมันของหมูถูกเจียวโดยวิธีเจียวเปียก เจียวแห้ง และเจียวด้วยไมโครเวฟ.** ปัญหาพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.
รางวัลที่เคยได้รับ	Certificate of participation to the AOAC Contest for University students on 27th May 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้