หองสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การทอดมันฝรั่งแท่งแบบน้ำมันท่วมโดยใช้เตาไมโครเวฟ

(French Fried Deep Fat Frying by Microwave Oven)

จัดทำโดย

นายจิตตภู	ชิดสวน	รหัสนักศึกษา	45040134
นางสาวรุ่งรัตน์	อมรหัสดีกุล	รหัสนักศึกษา	45040158
นายสมรัฐ	ทิ้วสังวาลย์	รหัสนักศึกษา	45040167

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 27 มีนาคม 2548

(อ. พัสกร เจียตระกูล)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J1633

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การทอดมันฝรั่งแท่งแบบน้ำมันท่วมโดยใช้เตาไมโครเวฟ

(French Fried Deep Fat Frying by Microwave Oven)

นายจิตตภู ชิดสวน

นางสาวรุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล

นายสมรัฐ ทิ้วสังวาลย์

ปพ.
จA12ก
25A6

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 97008

วัน,เดือน,ปี.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิตตภู ชิดสวน, รุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล และ สมรัฐ ทิ้วสังวาลย์. 2548 : การทอดมันฝรั่งแท่งแบบน้ำมันท่วมโดยใช้เตาไมโครเวฟ (French Fried Deep Fat Frying by Microwave Oven) สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.พัสกร เจียตระกูล

บทคัดย่อ

การศึกษาการทอดมันฝรั่งแท่งแบบน้ำมันท่วมโดยใช้เตาไมโครเวฟกำลังไฟ 900 วัตต์ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% เปรียบเทียบกับการทอดโดยใช้เตาไฟฟ้า (hotplate) ในแต่ละกระบวนการทอดจะควบคุมอุณหภูมิในการทอดให้อยู่ที่ 150 องศาเซลเซียส โดยการทอดด้วยไมโครเวฟทั้งระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% จะให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% นาน 5 นาทีก่อน การทอดเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% ใช้เวลาในการทอดครั้งละ 2 นาที สามารถทอดซ้ำได้ 6 ครั้งหรือคิดเป็นเวลารวม 24.30 นาทีเนื่องจากมีค่า Iodine Value เป็น 57 ใกล้เคียงกับค่า IV มาตรฐานตาม มอก. 288-2535 คือไม่ต่ำกว่า 55 สำหรับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% จะใช้เวลาในการทอดครั้งละ 3 นาที สามารถทอดซ้ำได้ 6 ครั้งหรือคิดเป็นเวลารวม 34 นาทีเนื่องจากมีค่า Peroxide Value เป็น 8 ใกล้เคียงกับค่า PV มาตรฐานตาม มอก. 288-2535 คือไม่มากกว่า 10 ส่วนการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ ระดับพลังงาน 30% จะใช้เวลาในการทอดครั้งละ 4 นาที สามารถทอดซ้ำได้ 7 ครั้งหรือคิดเป็นเวลารวม 45 นาทีเนื่องจากมีค่า Iodine Value เป็น 57 การทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% มีจำนวนการทอดซ้ำมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้าที่ใช้เวลาในการทอดครั้งละ 7 นาทีสามารถทอดซ้ำได้เพียง 2 ครั้งหรือคิดเป็นเวลารวม 27 นาทีเนื่องจากมีค่า Iodine Value เป็น 56 ดังนั้นการทอดด้วยเตาไมโครเวฟจะใช้เวลาน้อยกว่า สีของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอดเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า สีของมันฝรั่งแท่งทอดในการทอดทั้ง 10 ครั้งมีความสม่ำเสมอกว่า นอกจากนี้การทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% มีการอมน้ำมันของมันฝรั่งแท่งทอดน้อยที่สุดอีกด้วย

จิตตภู ชิดสวน
(นายจิตตภู ชิดสวน)

รุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล
(นส.รุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล)

สมรัฐ ทิ้วสังวาลย์
(นายสมรัฐ ทิ้วสังวาลย์)

(อาจารย์ พัสกร เจียตระกูล)

27 มีนาคม 2549
วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การนำเสนอปัญหาพิเศษในหัวข้อการทอดมันฝรั่งแท่งแบบน้ำมันท่วมโดยใช้ไมโครเวฟ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์พัสกร เจียตระกูล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำปรึกษา และให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดจนการดูแลใส่ใจในการทำปัญหาพิเศษ นอกจากนี้ยังได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์และความถูกต้องมากที่สุด รวมทั้งขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่คอยให้คำชี้แนะจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจและกำลังทรัพย์ที่นำมาใช้ทำปัญหาพิเศษนี้ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือตลอดมา นอกจากนี้ ขอขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกคนที่อำนวยความสะดวก คอยเมตตาช่วยเหลือพวกเราในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้เป็นอย่างดีตลอดมา

คณะผู้จัดทำ
จิตตภู ชิดสวน
รุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล
สมรัฐ ทิ้วสังวาลย์

27 มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
2.1 ไบโครเวฟ	2
2.2 การทอด	7
2.3 ไขมันหรือน้ำมันทอดอาหาร	7
2.4 การเปลี่ยนแปลงของไขมันและน้ำมันระหว่างการทอด	19
2.5 มันฝรั่งแท่ง	21
2.6 กรดไขมันอิสระ	23
2.7 น้ำมันปาล์ม	30
2.8 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันและน้ำมัน	31
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	34
3.1 วัตถุดิบ	34
3.2 อุปกรณ์และ ครุภัณฑ์	34
3.3 สารเคมี	35
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	40
4.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้า	40
4.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟ	41
4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและสีของน้ำมันปาล์ม	46
4.4 วิเคราะห์คุณสมบัติของมันฝรั่งแท่ง	55
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุป	57
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	62
ก. ขั้นตอนการวิเคราะห์ Iodine Value	63
ข. ขั้นตอนการวิเคราะห์ Peroxide Value	64
ค. ขั้นตอนการวิเคราะห์ Acid Value (Free Fatty Acids)	65
ง. ขั้นตอนการวิเคราะห์สีของน้ำมันโดยวิธี Spectrophotometry	66
จ. ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโดยใช้ Soxhlet	67
ฉ. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสมันฝรั่งแท่งทอดแบบ Hedonic scale	68
ช. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Triangle test	71
ซ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288-2535)	73
ประวัติผู้เขียน	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สมบัติทางเคมีของมันและน้ำมันชนิดต่างๆ	19
2.2	กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่และเลขคี่	25
2.3	กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบในอาหาร	27
2.4	ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมันพืชบางชนิด (เปอร์เซ็นต์)	28
4.1	คะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 6 นาที, 7 นาที และ 8 นาที	41
4.2	จำนวนคำตอบของผู้ทดสอบทั้ง 25 คน โดยทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% นาน 2 นาที และ ทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% นาน 3 นาที	42
4.3	จำนวนคำตอบของผู้ทดสอบทั้ง 25 คน โดยทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% นาน 3 นาที และทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% นาน 4 นาที	44
4.4	จำนวนคำตอบของผู้ทดสอบทั้ง 25 คน โดยทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% นาน 4 นาที และทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% นาน 5 นาที	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ส่วนประกอบของไมโครเวฟ	4
2.2	โมเลกุลน้ำ	5
2.3	แผนภูมิการเกิดสารประกอบชนิดใหม่ระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร	21
4.1	ลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที,8 นาที, 9 นาทีและ 10 นาที	40
4.2	ลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที,8 นาที, 9 นาทีและ 10 นาที	41
4.3	แสดงลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที,8 นาที, 9 นาทีและ 10 นาที	43
4.4	แสดงลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที,8 นาที, 9 นาทีและ 10 นาที	45
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Iodine Value กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	47
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Iodine Value กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	48
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Peroxide Value กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Peroxide Value กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	49
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Acid Value กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	50
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Acid Value กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	50
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันอิสระ กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	52
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันอิสระ กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	52
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสง กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	53
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสง กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	53
4.15	แสดงสีของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอดด้วยเตาไฟฟ้า, เตาไมโครเวฟ ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% เป็นจำนวน 2 ซ้ำ, 4 ซ้ำ, 6 ซ้ำ, 8 ซ้ำ และ 10 ซ้ำ	54
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการอมน้ำมัน กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาพิเศษ

ในปัจจุบันนี้ อาหารทอดเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง อีกทั้งการทอดเป็นกระบวนการแปรรูปที่เก่าแก่มีความสำคัญและนิยมใช้อย่างแพร่หลาย การทอดเป็นวิธีการที่ใช้น้ำมันหรือไขมันเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดจะมีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการให้ความร้อนด้วยวิธีอื่นมีกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสที่ดี ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทอดจะมีองค์ประกอบบางอย่างเปลี่ยน ส่งผลถึงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัส ลักษณะของผลิตภัณฑ์แตกต่างจึงกันออกไปทั้งในด้านสี กลิ่น และ รสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของการทอด

ไขมันและน้ำมันจากพืชเป็นแหล่งไขมันบริโภคที่สำคัญเนื่องจากมีปริมาณการใช้สูง น้ำมันพืชที่นิยมใช้บริโภคทั่วไป ได้แก่ น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันคอกทานตะวัน น้ำมันเมล็ดฝ้าย เป็นต้น น้ำมันแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น ระดับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน ทั้งนี้ในกระบวนการทอด น้ำมันจะถูกดูดซับไว้ภายในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการเลือกชนิดของน้ำมันที่ใช้ทอดจึงมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก เช่น กลิ่นหืน และกลิ่นรสที่ผิดปกติ เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวในการทอดอาหารควรใช้น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่น้อย เพื่อให้น้ำมันสามารถทนต่อปฏิกิริยาต่างๆที่อุณหภูมิสูง สภาวะการทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงและอาหารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากจะส่งผลให้กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้นและเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมัน เช่น เกิดสารไซคลิกโมโนเมอร์ (cyclic monomer) ของกรดไขมัน เกิดฟองมีสีคล้ำและเกิดโพลิเมอร์มีผลทำให้น้ำมันมีความหนืดเพิ่มขึ้น

การทอดจะทำให้น้ำมันที่ใช้ทอดเสื่อมเสียจากการใช้ความร้อนและเกิดปฏิกิริยาต่างๆ ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดสารประกอบมากมายแล้ว ยังทำให้คุณสมบัติทางด้านกายภาพของน้ำมันเสื่อมเสียไป และทำให้อาหารที่ผ่านการทอดมีคุณภาพลดลงอีกด้วย

ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงทำการศึกษาการให้ความร้อนแก่มันฝรั่งทอดด้วยไมโครเวฟ เพื่อเป็นแนวทางในการยืดอายุการใช้งานของน้ำมันที่ใช้ทอดให้นานและคุ้มค่ามากขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมแปรรูปอาหารต่างๆที่ใช้กระบวนการทอดในการแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษากระบวนการทอดมันฝรั่งแท่งแบบน้ำมันท่วมโดยใช้ไมโครเวฟ

1.2.2 ศึกษาการเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอดโดยใช้ไมโครเวฟและวิธีโดยทั่วไป

1.2.3 ศึกษาการอมน้ำมันของมันฝรั่งแท่งที่ผ่านการทอดโดยใช้ไมโครเวฟ และการทอดโดยวิธีทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 ไมโครเวฟ

ไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งต่างจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอื่นๆ คลื่นไมโครเวฟจะอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและคลื่นอินฟราเรด โดยมีความยาวคลื่นประมาณ 0.025-0.75 นาโนเมตร จะสัมพันธ์กับช่วงความถี่ 20,000 – 400 เมกกะเฮิร์ต แต่สำหรับในอาหารจะใช้ที่ 2450 และ 915 เมกกะเฮิร์ต

อาหารที่อบด้วยคลื่นไมโครเวฟจะสุกด้วยพลังงานจากคลื่น คลื่นไมโครเวฟจะดูดความชื้นที่มีอยู่ในอาหารและแพร่กระจายเข้าไปในอาหาร ทำให้เกิดความร้อนและทำให้อาหารนั้นสุกด้วยตัวมันเอง

ไมโครเวฟจะเดินทางเป็นเส้นตรง โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. การสะท้อนกลับ (Reflection) โดยไมโครเวฟจะเกิดการสะท้อนกลับเมื่อกระทบกับโลหะ
2. การส่งผ่าน (Transmission) คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงผ่านวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าได้ เช่น แก้ว พลาสติกส่วนใหญ่ เซรามิก และกระดาษ เป็นต้น
3. การดูดซับ (Absorption) ในวัตถุที่มีประจุทางไฟฟ้าจะสามารถดูดซับคลื่นไมโครเวฟได้ เช่น น้ำ และโปรตีน เป็นต้น

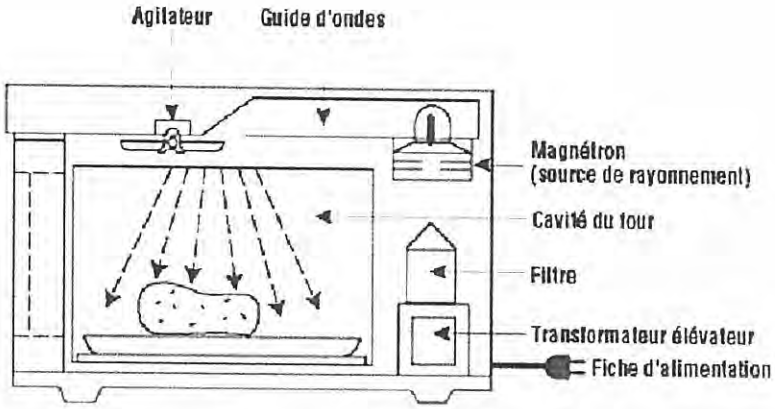
ซึ่งคุณสมบัติทั้ง 3 นี้จะเกิดขึ้นกับอาหารเมื่อให้รังสีไมโครเวฟ คือ ความร้อนถูกดูดซับในระดับต่างๆกัน พลังงานจะผ่านวัตถุไปโดยไม่มีการดูดซับ และ พลังงานถูกสะท้อนกลับ

หากคลื่นไมโครเวฟถูกสะท้อนกลับหมดหรือทะลุผ่านวัตถุโดยไม่มีการดูดซับ วัตถุนั้นหรืออาหารนั้นก็จะไม่ร้อน อาหารจะร้อนขึ้นเมื่อมีการดูดซับคลื่นหรือพลังงานไว้

การเกิดความร้อนของไมโครเวฟ

ไมโครเวฟจะทะลุทะลวงผ่านลงในอาหาร ซึ่งขณะที่ทะลุผ่านนั้น พลังงานไมโครเวฟจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยตัวอาหารเอง ซึ่งความร้อนนี้เกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่มีประจุทางไฟฟ้า

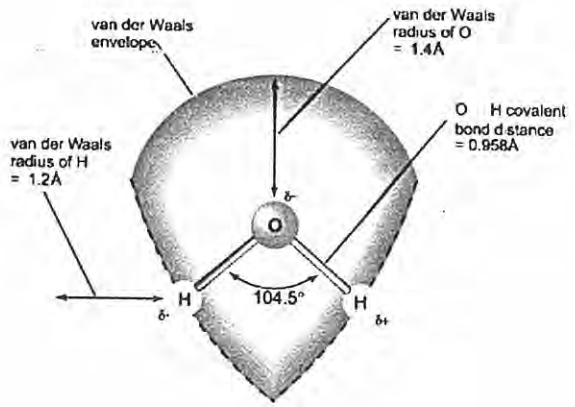
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

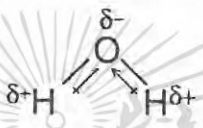


ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของไมโครเวฟ
ที่มา : "Microwave" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; http://www. starbrood.free.fr/ principe.htm

ในโมเลกุลของน้ำจะประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจนที่มีประจุลบ ซึ่งแยกออกจากอะตอมของไฮโดรเจนที่มีประจุบวก ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าไดโพลทางไฟฟ้า (electric dipole) ซึ่งจะมีบทบาทสำคัญต่อการเกิดความร้อนด้วยไมโครเวฟ เนื่องจากประจุไฟฟ้าบวกและลบของโมเลกุลน้ำวางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่สมมาตรกัน เมื่อให้รังสีไมโครเวฟหรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าสลับอย่างรวดเร็วแก่อาหาร ไดโพลในน้ำจะพยายามจัดเรียงตัวด้วยการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละครั้ง สนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะเปลี่ยนหลายล้านครั้งต่อวินาที ทำให้น้ำหรือโมเลกุลที่มีขั้วต่างๆหมุนเพื่อรักษาการจัดเรียงตัวด้วยการเปลี่ยนขั้วอย่างรวดเร็ว การหมุนของโมเลกุลต่างๆเหล่านี้ทำให้เกิดแรงเสียดทานกับตัวกลางที่อยู่รอบๆและเกิดความร้อนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 2.2 แสดงโมเลกุลน้ำ

ที่มา : "pH water" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; http://www.wiley.com/.../ reviews/pH/ph_water.htm

ปัจจัยที่มีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

1. ความถี่ของคลื่น คลื่นไมโครเวฟที่มีความถี่ต่ำ จะมีการทะลุทะลวงผ่านชิ้นอาหารได้ดีกว่า และมีความสม่ำเสมอในการให้ความร้อนมากกว่า เมื่อใช้กับอาหารที่มีขนาดเล็กหรืออาหารที่มีค่าลอสแฟกเตอร์ (Lost factor)ต่ำ

2. ความเข้มของสนามไฟฟ้า เมื่อความเข้มของสนามไฟฟ้ามากขึ้น การให้ความร้อนกับอาหารจะใช้เวลาน้อยลง ซึ่งสามารถใช้จุดนี้เป็นตัวปรับอัตราเร็วในการให้ความร้อนกับอาหาร

3. ความชื้นในอาหาร เนื่องจากน้ำมีค่าลอสแฟกเตอร์สูง อาหารที่มีความชื้นสูงจึงสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้รวดเร็ว และความชื้นที่สูงนี้จะทำให้เกิดการดูดซับไมโครเวฟได้มาก แต่จะลดระดับความลึกในการทะลุผ่าน ส่วนความชื้นต่ำก็สามารถให้ความร้อนได้ดีเช่นเดียวกันเนื่องจากมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) ต่ำ และเมื่อความชื้นลดลงยังทำให้ความลึกในการทะลุผ่านเพิ่มขึ้นอีกด้วย

4. อุณหภูมิของอาหาร มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงพลังงาน และมีผลต่อสถานะขององค์ประกอบที่ดูดกลืนพลังงานได้ดีในอาหาร เช่น น้ำ ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีผลต่อการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รูปร่างของอาหาร อาหารที่มีขนาดใหญ่มากหรือความหนามาก เมื่อใช้ไมโครเวฟที่มีความถี่สูงเกินไปอาจทำให้ไมโครเวฟไม่สามารถทะลุผ่านเข้าไปถึงกึ่งกลางชิ้นอาหารได้ ทำให้การเพิ่มอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอทั้งชิ้น ความสม่ำเสมอของรูปร่างก็มีผลต่อการให้ความร้อนเช่นกัน อาหารที่มีรูปร่างสม่ำเสมอจะถูกให้ความร้อนได้สม่ำเสมอกว่า อาหารรูปร่างทรงกลมจะถูกให้ความร้อนได้สม่ำเสมอกว่าอาหารที่มีเหลี่ยมมุม

6. การนำไฟฟ้า เนื่องจากการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่มีประจุในอาหารจึงมีความสัมพันธ์กับการนำไฟฟ้าของอาหาร เมื่อเพิ่มการนำไฟฟ้าให้กับอาหาร เช่น เติมเกลือ หรือสารอื่นที่สามารถแตกตัวให้ประจุ จะทำให้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น แต่อาจมีผลต่อการทะลุผ่านเข้าไปในเนื้ออาหารและการทำให้อัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น แต่อาจมีผลต่อการทะลุผ่านเข้าไปในเนื้ออาหารและทำให้การให้ความร้อนไม่สม่ำเสมอได้

7. การนำความร้อนของอาหาร ระหว่างการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟจะเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนในชิ้นอาหารด้วย ซึ่งเห็นได้ชัดในกรณีอาหารชิ้นใหญ่ หรือมีความหนามาก ไมโครเวฟไม่สามารถทะลุเข้าไปถึงจุดกึ่งกลางได้ แต่สำหรับอาหารชิ้นเล็ก หรือมีความหนาไม่มาก การนำความร้อนจะไม่มีผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิมากนัก

8. ความร้อนจำเพาะในอาหาร จะมีความสำคัญในกรณีที่อาหารชนิดนั้นๆมีสัมประสิทธิ์ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานต่ำ ความร้อนจำเพาะของอาหารจะมีผลต่ออัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิ การควบคุมความร้อนจำเพาะเป็นเทคนิคหนึ่งในการให้ความร้อนกับอาหารที่มีหลายองค์ประกอบ โดยจัดสัดส่วนขององค์ประกอบให้มีค่าความร้อนจำเพาะใกล้เคียงกัน

ข้อดีของไมโครเวฟ

1. การให้ความร้อนสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว โดยเร็วกว่าวิธีธรรมดาประมาณ 4 เท่า ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสูงในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ และยังทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้น
2. การกระจายความร้อนทั่วถึงทั้งผลิตภัณฑ์มากกว่าวิธีธรรมดา
3. การควบคุมความร้อนในกระบวนการผลิตที่ใช้ไมโครเวฟสามารถทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยการเดินเครื่องและหยุดเครื่องทำได้อย่างรวดเร็ว
4. ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการบรรจุแล้วสามารถใช้ไมโครเวฟในการให้ความร้อนได้
5. ลดปัญหาการไหม้ที่ผิวหน้าผลิตภัณฑ์เนื่องจากไม่มีการสัมผัสกับแผ่นให้ความร้อนโดยตรง
6. การให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูงสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการส่งผ่านความร้อนจะไม่ขัดขวางการไหลของผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เตาอบไมโครเวฟมีขนาดเล็กกว่าเครื่องมือที่ใช้ในวิธีธรรมดา จึงช่วยประหยัดพื้นที่ในโรงงาน

8. ประหยัดพลังงานเนื่องจากลดเวลาในการอุ่นเครื่อง (warmup time) และความร้อนจะเกิดขึ้นเฉพาะในอาหารเท่านั้น จึงไม่เกิดการสูญเสียพลังงานให้กับสิ่งแวดล้อม

9. ประหยัดเวลา เนื่องจากการให้ความร้อนสามารถทำได้เร็วกว่าวิธีธรรมดาถึงประมาณ 4 เท่า

2.2 การทอด

การทอดอาหารประเภทที่ต้องใช้น้ำมันมากๆ เรียกว่า การทอดแบบน้ำมันท่วม (deep-fat frying) หากใช้ความร้อนสูงมากหรือใช้น้ำมันทอดอาหารซ้ำหลายๆ ครั้ง วิตามินอีจะถูกทำลายหมด ทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวถูกออกซิไดส์และเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้ง่าย โดยเฉพาะการทอดอาหารที่มีน้ำมันมากๆ เช่นการทอดไก่ ผลของปฏิกิริยาจะมีสารประกอบชนิดใหม่เกิดขึ้น ซึ่งสารที่เกิดขึ้นใหม่เหล่านี้เป็นสารพิษต่อร่างกายและบางชนิดก็เป็นสารก่อมะเร็งด้วย ดังนั้นไม่ควรนำน้ำมันมาทอดซ้ำมากจนเกินไป

2.3 ไขมันหรือน้ำมันทอดอาหาร

ไขมันหรือน้ำมันที่ใช้สำหรับทอดอาหารที่นิยมใช้กันมาก คือ น้ำมันหมูหรือน้ำมันพืชชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับความนิยมของผู้บริโภค น้ำมันพืชที่บรรจุขวดจำหน่าย บางยี่ห้อเป็นน้ำมันพืชชนิดเดียว เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง หรือน้ำมันงา บางยี่ห้อเป็นน้ำมันพืชผสม อาจเป็นน้ำมันถั่วเหลืองผสมกับน้ำมันรำข้าว หรือผสมกับน้ำมันเมล็ดนุ่น เป็นต้น

ในการทอดอาหาร ไขมันหรือน้ำมันจะเป็นตัวนำความร้อนทำให้อาหารสุก ช่วยหล่อลื่นไม่ให้อาหารติดกับภาชนะขณะทอด ทำให้อาหารมีสีและเพิ่มรสชาติ สมบัติของไขมันหรือน้ำมันทอดอาหารที่ดีต้องมีความคงตัว มีจุดหลอมเหลวต่ำ ทนทานต่อความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 325-375 องศาฟาเรนไฮต์ และต้องมีสมบัติสัมพันธ์กับอาหารที่ใช้ทอด เพราะกลิ่นและรสชาติของไขมันหรือน้ำมันจะติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย

ไขมันหรือน้ำมันที่มีโมโนหรือไดกลีเซอไรด์ หรือกรดไขมันอิสระผสมปนอยู่ด้วย จะทำให้เกิดควันได้ง่าย และทำให้อาหารที่ทอดมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ติดไป ไขมันหรือน้ำมันที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนจะมีความคงตัวเพิ่มขึ้น แต่ทำให้จุดหลอมเหลวสูงขึ้นด้วย ในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารควรประกอบไปด้วย กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย เพื่อให้มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีความคงตัวดีโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน แต่ก็มีข้อเสีย คือ สามารถเกิดการหืน เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้ง่ายและทำให้มีกลิ่นหืนติดไปกับอาหารที่ทอดแล้วด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำมันพืชส่วนใหญ่จะมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมาก ซึ่งจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน หากไม่มีการเติมสารต้านออกซิเดชันลงไปในน้ำมันนั้นๆ อย่างไรก็ตามในน้ำมันพืชตามธรรมชาติจะมีสารต้านออกซิเดชันธรรมชาติ เช่นวิตามินอี หรือโทโคฟีรอล และ tocotrienols ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน จะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อองค์ประกอบทางเคมีในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันนั้นๆ จึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนกและชี้บ่งชนิดของไขมันและน้ำมัน รวมทั้งการนำไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์ก็จะพิจารณาจากสมบัติทางกายภาพด้วย สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมันที่สำคัญ ได้แก่

1. จุดหลอมเหลว (Melting point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวจนหมด ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ อาจเป็นช่วงกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน เช่น ไขมันที่ประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลชนิดเดียวกันทั้งหมดจะมีจุดหลอมเหลวที่แน่นอน จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุล

กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลน้อยกว่า 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เมื่อมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะเป็นของแข็งมากขึ้น ดังนั้นจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และจุดหลอมเหลวของกรดไขมันจะลดลงเมื่อมีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น ไตรเอซิลกลีเซอรอลที่มีกรดไขมันชนิดเดียวกันเป็นองค์ประกอบ แต่มีการเรียงตัวในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ก็มีผลทำให้จุดหลอมเหลวแตกต่างกันด้วย

การนำเอาไขมันหรือกรดไขมันมาทำให้ร้อนโดยการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้าๆ ไขมันจะค่อยๆ หลอมตัวกลายเป็นของเหลว เมื่อทำให้เย็นลงจะกลับเป็นของแข็งตามเดิม และถ้าทำให้หลอมเหลวใหม่อีกครั้งหนึ่ง อุณหภูมิที่ทำให้หลอมเหลวจะสูงขึ้นเล็กน้อย แต่ถ้าทำให้ไขมันเย็นลงอย่างรวดเร็วแล้วนำไปหลอมเหลวใหม่ ไขมันจะหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำกว่าครั้งแรก กรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำเมื่อทำให้ร้อนและมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะระเหยได้และให้กลิ่น

2. การเรียงตัวของรูปผลึก (Crystalline arrangements) ไขมันแตกต่างจากน้ำมัน คือ ไขมันเป็นของแข็งและน้ำมันเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ไขมันซึ่งเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องมีลักษณะการเรียงตัวเป็นรูปผลึกได้หลายรูป (polymorphism) และแต่ละรูปจะมีจุดหลอมเหลวเฉพาะ นอกจากนี้ยังมี X-ray crystallographic pattern และ infrared spectrum แตกต่างกันด้วยรูปผลึกที่พบส่วนใหญ่มี 3 รูป คือ α, β และ β'

ขนาดและจำนวนของผลึกที่เกิดขึ้นจะผันแปรไปตามชนิดของไขมันและอุณหภูมิของไขมันและน้ำมัน เมื่อทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็ง (solidification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

temperature) การทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว ผลึกที่เกิดขึ้นจะมีโครงสร้างแตกต่างจากผลึกที่เกิดขึ้นเมื่อทำให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ และการคนหรือกวนขณะที่ลดอุณหภูมิลง ก็จะทำให้ได้ผลึกที่มีโครงสร้างเปลี่ยนไป ความสามารถของไขมันและน้ำมันในการตกผลึกให้เกิดรูปร่างของผลึกที่แตกต่างกันเรียกว่า polymorphism ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของผลึกจะอยู่ในช่วง 0.1-0.5 ไมโครเมตร (μm) ทำให้มองเห็นเป็นเม็ดๆ เมื่อดูด้วยสายตาหรือสัมผัสได้ด้วยลิ้น การเกิดผลึกของไขมันเป็นแบบตาข่าย 3 มิติ (three-dimensional network) จำนวนและขนาดของผลึกจะเป็นตัวกำหนดสมบัติทางกายภาพด้วย เช่น มีผลต่อความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะของไขมันรวมทั้งความแข็งแรงของโครงสร้างแบบตาข่าย (strength of the network structure) ผลึกของไขมันจะเกาะตัวกันด้วยแรง van der Waals ซึ่งเป็น weak bond ดังนั้นระหว่างการนวดแป้งที่มีไขมันผสมอยู่ด้วย พันธะระหว่างผลึกของไขมันจะแยกออกจากกันได้ง่าย พันธะบางส่วนอาจจะกลับมาจับกันใหม่ได้ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างของผลึกแบบตาข่ายจะถูกทำลายไปบางส่วน โครงสร้างแบบตาข่ายของผลึกไขมันจะสังเกตดูได้โดยใช้ polarized light microscopy

3. **จุดแข็งตัว** (Solidifying point) คือ อุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นของแข็ง อุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวเป็นของแข็ง เรียกว่าเกิด solidification และเรียกจุดนี้ว่า solidifying point อุณหภูมินี้มักจะต่ำกว่าจุดหลอมเหลว 2-3 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วยไตรเอซิลกลีเซอรอลหลายๆชนิดแตกต่างกัน จะมีผลทำให้มีจุดแข็งตัวจะเป็นช่วงกว้าง

4. **การละลาย** (Solubility) ไขมันและน้ำมันทุกชนิดไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ คลอโรฟอร์ม เบนซีน เอทิลแอลกอฮอล์ อะซีโตน คาร์บอนไดซัลไฟด์ ไซโคลเฮกเซน และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ พวกที่เป็น unsymmetrical mixed triacylglycerol ละลายได้ดีกว่าพวกที่เป็น symmetrical mixed triacylglycerol

กรดบิวทิริกมีจำนวนคาร์บอนน้อยที่สุดเพียง 4 อะตอม จึงละลายได้ดีในน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายชนิดไฮโดรฟิลิก ส่วนเอทิลอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับกรดไขมัน เนื่องจากในโมเลกุลมีหมู่โพลาร์ที่จะจับกับหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลของกรดไขมันได้ แต่ปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีหมู่โพลาร์ จึงไม่เหมาะที่จะเป็นตัวทำละลายของกรดไขมัน การที่กรดไขมันมีการละลายในตัวทำละลายได้แตกต่างกัน ทำให้แยกกรดไขมันชนิดอิ่มตัวออกจากกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้ การละลายของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นในตัวทำละลายที่มีความเป็นไฮโดรโฟบิกมากขึ้นและเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การละลายในตัวทำละลายชนิดไฮโดรโฟบิกจะเพิ่มขึ้น เมื่อโมเลกุลของกรดไขมันมีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น เมื่อมีพันธะคู่เป็นซิส-ไอโซเมอร์มากขึ้น

5. **ความถ่วงจำเพาะ** (Specific gravity) ความถ่วงจำเพาะของไขมันหรือน้ำมันนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ยกเว้นกรณีที่ไขมันเป็นของแข็งและมีจุดหลอมเหลวสูง อาจวัดที่อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ที่โมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น หรือมีจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย ไขมันที่อยู่ในสภาพของแข็งจะมีค่าความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วย ไขมันที่อยู่ในสภาพของแข็งจะมีค่าความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะแตกต่างไปจากเมื่อได้รับความร้อนแล้วหลอมตัวกลายเป็นของเหลว เพราะขณะที่เป็นของเหลวจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

6. การหักเหของแสง (Refractive index) เป็นการวัดองศาการหักเหของลำแสงที่เกิดขึ้น เมื่อให้แสงผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง เช่น การหักเหของแสงจากอากาศผ่านทะลุน้ำมัน ตัวอย่าง จะเกิดการหักเหของแสงที่วัดเป็นองศาได้ ค่าการหักเหของแสงมีประโยชน์ในการชี้บ่งและตรวจสอบชนิด คุณภาพ และความบริสุทธิ์ของไขมันและน้ำมัน การวัดค่าการหักเหของแสงนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าไขมันมีจุดหลอมเหลวสูงจะวัดที่อุณหภูมิ 40 หรือ 60 องศาเซลเซียส ค่าการหักเหของแสงของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ จะขึ้นอยู่กับความยาวของสายคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน จำนวนพันธะคู่ และชนิดของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่เป็นส่วนประกอบ ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น หรือมีจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้น จะมีค่าการหักเหของแสงเพิ่มขึ้น ค่าไอโอดีนของน้ำมันที่เป็นตัวบ่งชี้ปริมาณของพันธะคู่ จะมีความสัมพันธ์กับค่าการหักเหของแสงด้วย และถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าการหักเหของแสงลดลง

นอกจากนั้นค่าการหักเหของแสง ยังใช้ติดตามปฏิกิริยาในกระบวนการเติมไฮโดรเจนว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ค่าการหักเหของแสงวัดได้โดยใช้ Refractometer เช่น Abbe Refractometer

7. ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของไขมันและน้ำมัน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบระบบการขนถ่ายไขมันและน้ำมัน ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น

8. Smoke point, Flash point และ Fire point

Smoke point คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนจนเกิดเป็นควันขึ้น

Flash point คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นไอแล้วรวมตัวกับอากาศเกิดติดไฟขึ้น

Fire point คือ อุณหภูมิที่ไขมันหรือน้ำมันเกิดการเผาไหม้

Smoke point หรือจุดที่เป็นควันของไขมันและน้ำมัน เป็นสมบัติที่สำคัญของไขมันและน้ำมันในการทอดอาหาร น้ำมันหรือไขมันสำหรับใช้ทอดอาหารที่ดีต้องทนความร้อน ไม่สลายตัวเป็นควันที่อุณหภูมิต่ำ เพราะถ้าเกิดควันขณะทอดจะทำให้อาหารมีกลิ่นควันติดไปด้วย จุดที่เป็นควันของน้ำมันและไขมันแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันเวลาที่ใช้ทอด ผิวหน้าของไขมันหรือน้ำมันที่สัมผัสถูกอากาศขณะทอด และเศษผงหรือสารอื่นๆ ที่ปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณกรดไขมันอิสระที่มีปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน มีความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิที่ทำให้เกิดควัน หากไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันอิสระต่ำจะทำให้เกิด smoke point สูง แต่ถ้ามีปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น smoke point จะต่ำลง รวมทั้ง Flash point และ Fire point ด้วย

9. สี (Colour) สีเป็นตัวชี้บ่งคุณภาพของน้ำมันได้ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสารสีที่มีปนอยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดน้ำมันและวิธีการกำจัดสีโดยการฟอกสี น้ำมันที่มีสีเหลืองอ่อนจะมีคุณภาพดีกว่าน้ำมันที่มีสีเหลืองเข้ม

10. Solid Fat Index เป็นการวัดเปอร์เซ็นต์ของไขมันหรือน้ำมันที่เปลี่ยนเป็นของแข็งหรืออยู่ในสภาพแข็งตัวเป็นผลึกที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ซึ่งการเกิดผลึกวัดได้จากปริมาตรที่เปลี่ยนแปลงไป วิธีการวัดเรียกว่า dilatometry

สมบัติทางเคมีของลิพิด

เนื่องจากลิพิดแต่ละชนิดมีองค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแตกต่างกัน ทำให้มีสมบัติทางเคมีและการเกิดปฏิกิริยากับสารต่างๆแตกต่างกัน สมบัติทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่

1. ไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ลิพิดบางชนิดจะถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรด ด่าง และเอนไซม์ การไฮโดรไลซ์ลิพิดด้วยด่าง เรียกว่า Saponification ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมัน เรียกว่า สบู่ ลิพิดที่ถูกไฮโดรไลซ์ได้ด้วยด่าง เรียกว่า Saponifiable matter เช่น ไตรเอซิลกลีเซอรอลฟอสโฟลิพิด และแวกซ์ ส่วนลิพิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง เรียกว่า Unsaponifiable matter หรือ Non- saponifiable matter เช่น ไฮโดรคาร์บอน และสเตอรอล ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสของลิพิดชนิดต่างๆด้วยด่างสรุปได้ดังนี้

ไขมัน ด่าง → สบู่ + กลีเซอรอล
แวกซ์ → สบู่ + แอลกอฮอล์
ฟอสโฟลิพิด → สบู่ + กลีเซอรอล + เอมีน + ฟอสเฟต

สเตอรอยด์ ด่าง
ไฮโดรคาร์บอน → ไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น
สารสี (Non-saponification)

ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสไขมันด้วยด่าง เป็นดังนี้

$$\begin{array}{l} CH_2\text{-}O\text{-}O\text{-}C\text{-}R_1 \\ | \\ CH\text{-}O\text{-}O\text{-}C\text{-}R_2 \\ | \\ CH_2\text{-}O\text{-}O\text{-}C\text{-}R_3 \end{array} + 3KOH \longrightarrow \begin{array}{ll} CH_2\text{-}OH & R_1COOK \\ | & \\ CH\text{-}OH + & R_2COOK \\ | & \\ CH_2\text{-}OH & R_3COOK \end{array}$$

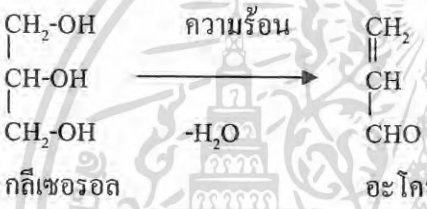
ไตรเอซิลกลีเซอรอล ด่าง → กลีเซอรอล สบู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด่างที่ใช้ เช่น โซเดียมหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สบู่ที่เกิดขึ้นจะละลายในน้ำ ถ้าเป็นเกลือของแคลเซียม แมกนีเซียม หรือแบเรียมจะไม่ละลายในน้ำ

Unsaponifiable matter หมายถึง สารที่ปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน ซึ่งจะเหลืออยู่ภายหลัง การทำ saponification ได้แก่ สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน คีโตน แอลกอฮอล์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และสเตอรอล (คอแลสเตอรอล และไฟโตสเตอรอล เป็นต้น) โดยปกติไขมันหรือน้ำมันจะมี Unsaponifiable matter ปนอยู่ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณ Unsaponifiable matter ที่มีอยู่ในไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ ดังแสดงใน ตาราง 2.1

ปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส อาจเกิดขึ้นจากการที่ไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนสูง เช่นขณะการทอดอาหารที่มีปริมาณน้ำมาก ไขมันหรือน้ำมันจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น กลีเซอรอลจะสลายตัวได้สารพวกอะโครเลอิน (acrolein) ซึ่งระเหยกลายเป็นควันและมีกลิ่นเหม็นคาวปลา



ในไขมันและน้ำมันที่ได้จากพืชหรือสัตว์แต่ละชนิด มักมีไตรเอซิลกลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่ค่อนข้างแน่นอน ดังนั้นปริมาณด่างที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสไขมันหรือน้ำมันจำนวนหนึ่งจะมีค่าแน่นอนและเป็นค่าเฉพาะ ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งสมบัติเฉพาะของไขมันหรือน้ำมันแต่ละชนิดได้ เรียกว่า Saponification Number หรือ Saponification Value (S.N. หรือ S.V.)

Saponification Number คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไฮโดรไลซ์ไขมันหรือน้ำมันอย่างสมบูรณ์ จำนวน 1 กรัม ได้เป็นสบู่และกลีเซอรอล

ค่า S.N. ใช้เป็นตัวชี้บ่งขนาดของโมเลกุล หรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันหรือน้ำมันนั้นๆ ไขมันหรือน้ำมันที่มีค่า S.N. สูง แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลต่อหน่วยน้ำหนักเป็นจำนวนมาก จึงต้องใช้ด่างเป็นจำนวนมากในการไฮโดรไลซิส ในทำนองเดียวกัน ถ้าค่า S.N. ต่ำ แสดงว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลมีน้ำหนักโมเลกุลสูง จึงมีจำนวนโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลต่อหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักเป็นจำนวนน้อย ทำให้ใช้ด่างในการไฮโดรไลซิสน้อย ค่า S.N. ของไขมันและน้ำมันชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

สำหรับการไฮโดรไลซิสไขมันหรือน้ำมันด้วยกรดและเอนไซม์จะได้กรดไขมันและกลีเซอรอล ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เรียกว่า ลิโพไลซิส (lipolysis) และจะทำให้เกิด hydrolytic rancidity

2. Halogenation เป็นปฏิกิริยาการเติมสารพวกฮาโลเจน (halogen) เข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล ฮาโลเจนที่นิยมใช้เป็นตัวชี้บ่งปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว คือ ไอโอดีน ค่าที่ได้เรียกว่า Iodine Number หรือ Iodine Value (I.N. หรือ I.V.)

$$CH_3\text{-}(CH_2)_4\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH \;+\; 2I_2$$

กรดลิโนเลอิก ไอโอดีน

$$\text{-}\overset{I}{\underset{|}{CH}}\text{-}\overset{I}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_2\text{-}\overset{I}{\underset{|}{CH}}\text{-}\overset{I}{\underset{|}{CH}}\text{-}$$

Tetraiodostearic acid

Iodine Number คือ จำนวนกรัมของไอโอดีนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันหรือน้ำมันจำนวน 100 กรัม

ค่า I.N. เป็นตัวชี้บ่งว่าไขมันหรือน้ำมันมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมเลกุลมากน้อยเพียงใดถ้าค่า I.N. สูงแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบมาก และจะเกิดการหืนชนิด Oxidation rancidity ได้ง่ายด้วย

น้ำมันพืชที่มีค่า I.N. สูง ซึ่งแสดงว่ามีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวอยู่เป็นองค์ประกอบมาก นั้นยังเป็นตัวชี้บ่งคุณค่าทางโภชนาการของไขมันหรือน้ำมันชนิดนั้นๆด้วย น้ำมันที่มีค่า I.N. สูง จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวมาก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย

การหาค่า I.N. มี 2 วิธี คือ ใช้ Wijs solution ซึ่งเป็นสารละลายไอโอดีนในกรดอะซิติกและมีไอโอดีนโมโนคลอไรด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ส่วนอีกวิธีหนึ่งใช้ Hanus reagent เป็นสารละลายไอโอดีนในกรดอะซิติกและมีไอโอดีนโมโนโบรไมด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การทำปฏิกิริยาต้องเติมสารละลายไอโอดีนให้มากเกินพอ เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ ปริมาณไอโอดีนที่เหลือหาได้โดยการไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตมาตรฐานโดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_2 + R\text{-}CH{=}CH\text{-}R \longrightarrow R\text{-}\underset{I}{CH}\text{-}\underset{I}{CH}\text{-}R$$

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$$

น้ำมันที่มีค่า I.N. ต่ำกว่า 100 จัดว่าเป็น Non-drying oil

น้ำมันที่มีค่า I.N. ระหว่าง 100-130 จัดว่าเป็น semi-drying oil และน้ำมันที่มีค่า I.N. สูง กว่า 130 จัดว่าเป็น drying oil หรือเป็นน้ำมันที่แห้งเร็ว จึงนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมสีทาผนัง หรือผสมในน้ำมันเคลือบผิวชนิดต่างๆ ค่า I.N. ของไขมันและน้ำมัน ดังแสดงในตาราง 2.1

3. ไฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันและน้ำมัน โดยใช้นิกเกิลเป็นคะตะลิสต์หรือตัวเร่ง อาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า "hardening" ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมอาหารในการผลิตเนยเทียมและเนยขาว การทำไฮโดรจิเนชันจะทำให้น้ำมัน ซึ่งเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง ความแข็ง-อ่อนของไขมันที่ได้ขึ้นอยู่กับ degree of hydrogenation เช่น การทำเนยเทียม ลักษณะเนื้อ (texture) ของเนยเทียมที่ได้ต้องสามารถแผ่ออก หรือ spread ได้ เป็นต้น ตัวอย่างของปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน มีดังนี้

$$CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH{=}CH\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH + H_2$$

กรดโอเลอิก ไฮโดรเจน

$$CH_3\text{-}(CH_2)_7\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}(CH_2)_7\text{-}COOH$$

กรดสเตียริก

4. การหืน (Rancidity) การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติและสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพเปลี่ยนไป การหืนเกิดขึ้นได้ 3 แบบ ดังนี้

ก. ลิโพไลซิส (Lipolysis) เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อพันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเกิดการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์ไลเพส ความร้อน กรด ด่าง หรือปฏิกิริยาทางเคมีใดๆก็ตาม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ลิโพไลซิส หรือ lipolytic rancidity หรือ hydrolytic rancidity ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยาลิโพไลซิสของไขมันนมซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับน้ำนมดิบที่มีเอนไซม์ไลเพส ทำให้มีผลต่อกลิ่นของน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม กรดไขมันที่มีผลทำให้เกิดกลิ่นในไขมันนม คือ กรดบิวทีริก กรดไขมันที่มี2 จำนวนคาร์บอน 4-12 อะตอม เป็นกรดที่ระเหยได้ง่าย จึงทำให้เกิดกลิ่นหืน และมีผลต่อคุณภาพของไขมันหรือน้ำมันที่นำไปใช้ปรุงอาหาร หรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารด้วย ปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาลิโพไลซิสยังมีผลทำให้ smoke point ของน้ำมันลดต่ำลง น้ำมันจะเกิดควันได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะทอดอาหาร ตัวอย่างเช่น การทอดโดนัทจะได้โดนัทที่มีสีคล้ำผิวแตก และดูดน้ำมันไว้มาก ทำให้โดนัทมีคุณภาพต่ำ เป็นต้น

Hydrolytic rancidity เป็นการหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสไขมันและน้ำมันด้วยเอนไซม์ไลเพสและความชื้น สาเหตุเนื่องจากมีการเจริญของจุลินทรีย์เกิดขึ้น และจุลินทรีย์หลั่งเอนไซม์ไลเพสออกมา ทำให้ไตรเอซิลกลีเซอรอลในไขมันและน้ำมันเกิดการสลายตัวได้เป็นไดเอซิลกลีเซอรอล โมโนเอซิลกลีเซอรอล กลีเซอรอล และกรดไขมันอิสระ โดยเฉพาะกรดไขมันอิสระที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีจำนวนคาร์บอน 4-12 อะตอม จะมีกลิ่นหืนมาก เช่นการหืนของน้ำมันมะพร้าว เนย และน้ำมันหมู เป็นต้น เมื่อเกิดการหืนจะทำให้ไขมันและน้ำมันมีกลิ่นและรสชาติเปลี่ยนไป

อย่างไรก็ตาม ไขมันและน้ำมันบางชนิดเมื่อเกิด hydrolytic rancidity แล้วไม่สามารถสังเกตได้ด้วยการดมกลิ่น หรือชิมรส ต้องตรวจวิเคราะห์โดยวิธีทางเคมี คือ วิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid Value (A.V.)

ค่า A.V. ของไขมันหรือน้ำมัน คือจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจำนวน 1 กรัมเป็นกลางพอดี ซึ่งนิยมเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิก ดังนั้นจึงใช้ค่า A.V. ชี้บ่งภาวะหรือระดับการหืนของไขมันและน้ำมัน ถ้าค่า A.V. สูง แสดงว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก แสดงว่าเกิดการหืนเนื่องจาก hydrolytic rancidity มาก วิธีชะลอการเกิดไฮโดรไซลิสของไขมันและน้ำมันทำได้โดยเก็บรักษาไขมันและน้ำมันไว้ที่อุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น ทำให้ปราศจากน้ำและจุลินทรีย์

ข. Oxidation rancidity เป็นการหืนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดพันธะเพอร์ออกไซด์ (peroxide linkage) ขึ้นที่หมู่ α-methylene (-CH=CH-) ปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ การหืนด้วยปฏิกิริยานี้ยังเกิดขึ้นกับอาหารที่มีไขมันและน้ำมันผสมอยู่ด้วย โดยเฉพาะในไขมันและน้ำมันที่ปรุงอาหารจะเกิดขึ้นมากที่สุด การมีโลหะ เช่น ทองแดงและตะกั่วจะเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันได้เร็วขึ้น นอกจากนั้นความร้อนและแสงก็มีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

ปฏิกิริยาการเกิดพันธะเพอร์ออกไซด์ ดังสมการ

$$-HC{=}CH- + O_2 \longrightarrow -HC(O{-}O)-CH- \text{ หรือ } -HC-CH(OO\bullet)-$$

การเกิดการหืนโดยวิธีนี้จะทำให้กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็นต่อร่างกายถูกทำลาย มีผลทำให้คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันลดลงด้วย และยังทำลายพวกวิตามินต่างๆ ที่ละลายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันและน้ำมันอีกด้วย การหืนโดยวิธีออกซิเดชันนี้ยังเกิดขึ้นได้โดยมีเอนไซม์ไลพอกซิเดส (lipoxidase) ช่วยเร่งปฏิกิริยา ซึ่งจะเป็นการออกซิเดชันที่เร่งด้วยเอนไซม์ (enzymatic oxidation)

ไขมันและน้ำมันที่เกด oxidative rancidity จะมีค่า I.N. ลดต่ำลง การตรวจวิเคราะห์ว่า ไขมันและน้ำมันเกิด oxidative rancidity มากน้อยเท่าใด ทำได้โดยการหาค่า Peroxide Value (P.V.) คือ การหาปริมาณสารเพอร์ออกไซด์ (peroxide) ที่เกิดขึ้นในน้ำมันหรือไขมันนั้นๆ

ค่า P.V. หมายถึง จำนวนมิลลิกรัมของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.002 นอร์มัล ที่ใช้ในการไตเตรตน้ำมันหรือไขมัน 1 กรัม หรือ หมายถึง จำนวนมิลลิสมมูลของ peroxide oxygen ที่มีในน้ำมันหรือไขมัน 1 กิโลกรัม ถ้าค่า P.V. สูง แสดงว่าน้ำมันหรือไขมันเกิด oxidative rancidity มาก และค่า I.N. ที่วิเคราะห์ได้จะเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่เป็นจริง

การเกิด oxidative rancidity ยังทดสอบได้โดยใช้ Kreis reaction ไขมันหรือน้ำมันที่ถูกออกซิไดซ์ จะทำปฏิกิริยากับ phloroglucinol ในสารละลายที่เป็นกรดจะทำให้เกิดสีแดง

กลไกการเกิดออกซิเดชัน (Mechanism of oxidation)

การเกิดออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาทางเคมี ระหว่างออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของลิพิดหรืออาหารที่มีลิพิด ทำให้อาหารเสียคุณภาพ (deterioration) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เมื่อลิพิดหรืออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ อัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชันจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระอย่างต่อเนื่อง (free-radical chain reaction) ซึ่งกลไกเกิดขึ้นแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

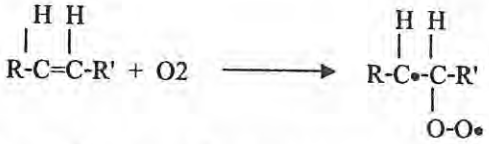
1. ขั้นเริ่มต้น (Initiation) เป็นขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ
2. ขั้นเพิ่มจำนวน (Propagation) เป็นปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระอย่างต่อเนื่อง
3. ขั้นยุติ (Termination) เป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่ทำให้เกิดสารที่ไม่เป็นอนุมูล (non-radical products)

ปฏิกิริยาเริ่มต้นของออกซิเจนกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว จะทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) โดยคาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่ จะสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ และออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาที่พันธะคู่เกิดเป็น diradical ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Initiation

$$RH \longrightarrow R\bullet + H\bullet$$



ดอท (•) หมายถึง อะตอมที่มี unpaired electron และเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งมีอายุสั้นมาก เนื่องจากมีความไวต่อปฏิกิริยา จะไปดึงอิเล็กตรอนจากสารอื่นมาให้กับ unpaired electron

Propagation

ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจน และมีปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไปเรื่อยๆดังสมการ

$$R\bullet + O_2 \longrightarrow ROO\bullet$$

$$ROO\bullet + RH \longrightarrow ROOH + R\bullet$$

$$2\,ROOH \longrightarrow RO\bullet + ROO\bullet + H_2O$$

ได้เป็นอนุมูลอีพอกซี (peroxy radical, ROO•)ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide, ROOH) และอนุมูลไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon radical, R•) อนุมูลที่เกิดขึ้นใหม่นี้ ก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป และไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH) ก็แตกตัวให้อนุมูลอิสระได้ด้วย ดังสมการ ทำให้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในน้ำมัน และดูดซึมเอาออกซิเจนจากอากาศจึงเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องไปเรื่อยๆ การสลายตัวของไฮโดรเพอร์ออกไซด์ได้เป็นอนุมูลไฮโดรอีพอกซีและแอลคอกซี (alkoxy) ดังสมการ

ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ไฮโดรอีพอกซี แอลคอกซี

Termination

เมื่อใดที่อนุมูลอิสระมีจำนวนมากและมาทำปฏิกิริยากันเองจะเกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระและมีความคงตัว ซึ่งจะส่งผลให้ปฏิกิริยาต่อเนื่องยุติลงได้ ตัวอย่างเช่น

$$R\bullet + R\bullet \longrightarrow R\text{-}R$$

$$ROO\bullet + ROO\bullet \longrightarrow ROOR + O_2$$

$$RO\bullet + R\bullet \longrightarrow ROR$$

$$ROO\bullet + R\bullet \longrightarrow ROOR$$

$$2RO\bullet + 2ROO\bullet \longrightarrow 2ROOR + O_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
97008

เมื่อไม่มีอนุมูลอิสระเหลือสำหรับทำปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนแล้ว หากยังมีออกซิเจนเหลืออยู่มากพอ ก็เริ่มต้นเกิดปฏิกิริยาขั้นต้น (initiation reaction) ได้ใหม่ เพื่อให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ปฏิกิริยาเริ่มต้นนี้น่าสนใจมาก เพราะเป็นปฏิกิริยาที่ใช้พลังงานในการทำลายพันธะระหว่างคาร์บอนและไฮโดรเจน ปริมาณพลังงานที่ใช้ประมาณ 80 กิโลแคลอรี และยังต้องใช้พลังงานอีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งน้อยกว่าในการเติมออกซิเจนเข้าไปที่พันธะคู่ เพื่อให้เกิดเป็น diradical อย่างไรก็ ตามพลังงานที่ใช้จะลดน้อยลงในภาวะที่มีโลหะ เอนไซม์ หรือแสงช่วยเร่งให้เกิดการออกซิเดชัน (photoxidation)

วิธีป้องกันไม่ให้เกิดการหืนชนิด oxidation rancidity สามารถกระทำได้โดยการใช้สารกันหืนหรือสารต้านออกซิเดชัน (antioxidation) เช่น วิตามินอี หรือ butylated hydroxy-toluene (BHT) เติมลงไปในไขมัน น้ำมัน หรืออาหารจะช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน

ค.*Ketonic rancidity* เป็นการเกิดปฏิกิริยา enzymatic oxidation ที่โมเลกุลของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว ได้เป็นสารประกอบจำพวกคีโตน ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

5. Reichert Meissl Number (R.M.N) เป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และละลายได้ในน้ำ (volatile water soluble fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 4-6 อะตอม คือ กรดบิวทีริก และกรดคาโพรอิก ตามลำดับ

ค่า R.M.N. หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของสารละลายด่าง เช่น โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันที่ระเหยได้และละลายได้ในน้ำ ซึ่งกลั่นออกมาจากไขมันหรือน้ำมัน จำนวน 5 กรัม เป็นกลางพอดี เนยมีค่า R.M.N. สูงที่สุด จึงใช้ค่า R.M.N. เพื่อทดสอบการปนปลอมน้ำมันอื่นลงในเนย เช่น การใช้น้ำมันชนิดอื่นแทนไขมันนมจะทำให้ค่า R.M.N. ของเนยลดต่ำลง ค่า R.M.N. ของไขมันหรือน้ำมันชนิดต่างๆ ดังแสดงในตาราง 2.1

6. Polenske Number (P.N.) เป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และไม่ละลายในน้ำ (volatile water insoluble fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลระหว่าง 8-14 อะตอม ได้แก่ กรดคาพริลิก คาพริก ลอริก และไมริสติก ตามลำดับ สำหรับกรดคาพริลิกและคาพริกละลายในน้ำได้บ้างเล็กน้อย ดังนั้นอาจพบอยู่ในส่วนที่ละลายได้ในน้ำด้วย ซึ่งจะมีผลต่อทั้งค่า R.M.N. และ P.N.

ค่า P.N. หมายถึงจำนวนมิลลิลิตรของสารละลายด่างความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันระเหยได้แต่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่งกลั่นออกมาจากไขมันหรือน้ำมัน จำนวน 5 กรัม เป็นกลางพอดี ค่า P.N. ใช้ชี้บ่งความแตกต่างระหว่างเนยและน้ำมันมะพร้าว ค่า P.N. ของเนยประมาณ 1.5-3.5 ส่วนของน้ำมันมะพร้าวประมาณ 12-18 และน้ำมันปาล์มเคอร์เนลประมาณ 8-12 ค่า P.N. ของไขมันหรือน้ำมันบางชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางเคมีของมันและน้ำมันชนิดต่างๆ

ชนิดของไขมัน หรือน้ำมัน	Unsaponifiable Matter (เปอร์เซนต์)	S.N. (mg KOH/g)	I.N.	R.M.N.	P.N.
เนย	0.3-0.5	210-233	26-42	26-34	1.5-3.5
ไขวัว	0.2-0.3	190-199	40-48	0.5-0.6	0.5-0.6
น้ำมันหมู	0.2-0.4	190-202	53-77	0.2-0.6	0.4-0.6
น้ำมันปลาวาฬ	1-2	185-194	110-135	1-2	-
ไขแกะ	0.2-0.3	192-198	35-46	0.3	-
โคคาบัตเตอร์	0.3-0.8	192-200	32-40	0.3-1.0	0.5
น้ำมันมะพร้าว	0.2-0.5	248-265	6-11	6-8	12-18
น้ำมันปาล์มเคอร์เนล	0.2-0.8	230-254	14-21	4-7	9-12
น้ำมันปาล์ม	0.2-0.8	190-209	50-55	0.1-0.5	0.2-0.3
น้ำมันข้าวโพด	1.3-2.0	187-195	107-128	0.3-0.5	-
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	0.6-1.5	189-198	100-115	0.7-0.9	-
น้ำมันลินสีด	0.5-1.6	188-196	170-204	-	-
น้ำมันมะกอก	0.5-1.7	184-196	75-94	0.3-0.8	-
น้ำมันถั่วลิสง	0.5-0.9	187-196	86-107	0.5	0.1-0.3
น้ำมันเรพสีด	0.5-1.5	168-181	97-108	0.8	-
น้ำมันงา	0.8-1.8	188-195	103-116	1.0-2.8	-
น้ำมันถั่วเหลือง	0.7-1.5	189-195	124-139	0.4-0.7	0.2-0.6
น้ำมันเมล็ดทานตะวัน	0.3-1.5	188-194	118-145	0.3-0.6	0.3

ที่มา : TRIEBOLD & AURAND (1997) และ PIKE (1994)

2.4 การเปลี่ยนแปลงของไขมันและน้ำมันระหว่างการทอด

การใช้ไขมันหรือน้ำมันในการทอดอาหาร ระหว่างที่ไขมันและน้ำมันได้รับความร้อนและขณะทอด จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอล ทำให้เกิดการสลายตัวที่มีความซับซ้อนเกิดขึ้น เนื่องจาก Thermolytic และ Oxidative reaction ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ

ก. คุณค่าทางโภชนาการของไขมันและน้ำมัน ไขมันและน้ำมันที่ผ่านความร้อนสูงอาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ (toxin effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมันและอาหารที่ทอดในน้ำมัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมันในขณะทอดที่เห็นได้ชัดเจน คือ น้ำมันมีสีคล้ำมากขึ้น มีความหนืดเพิ่มขึ้น smoke point ลดลง และเกิดฟองมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีปฏิกิริยาของเคมีเกิดขึ้นกับไขมันและน้ำมันเมื่อได้รับความร้อน คือ

1. ไขมันและน้ำมันถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระ โมโนและไดเอซิลกลีเซอรอล

2. ไขมันถูกออกซิไดส์ ได้เป็นสารประกอบชนิดใหม่ ได้แก่ ไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) อีพอกไซด์ (epoxide) คีโตน และ conjugated dienoic acid สาร ประกอบเหล่านี้อาจเกิด fission ได้เป็นส่วนของโมเลกุลที่มีขนาดเล็กลง หรืออาจยังคงอยู่เป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุลไตรเอซิลกลีเซอรอล หรืออาจมาจับตัวรวมกัน (cross-link) ทำให้เกิดเป็นไดเมอร์ (dimeric) และ พอลิเมอร์ (polymeric triacylglycerols)

สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันดังกล่าว สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

(ก) สารประกอบที่ระเหยได้

(ข) สารประกอบที่เป็นโมโนเมอร์

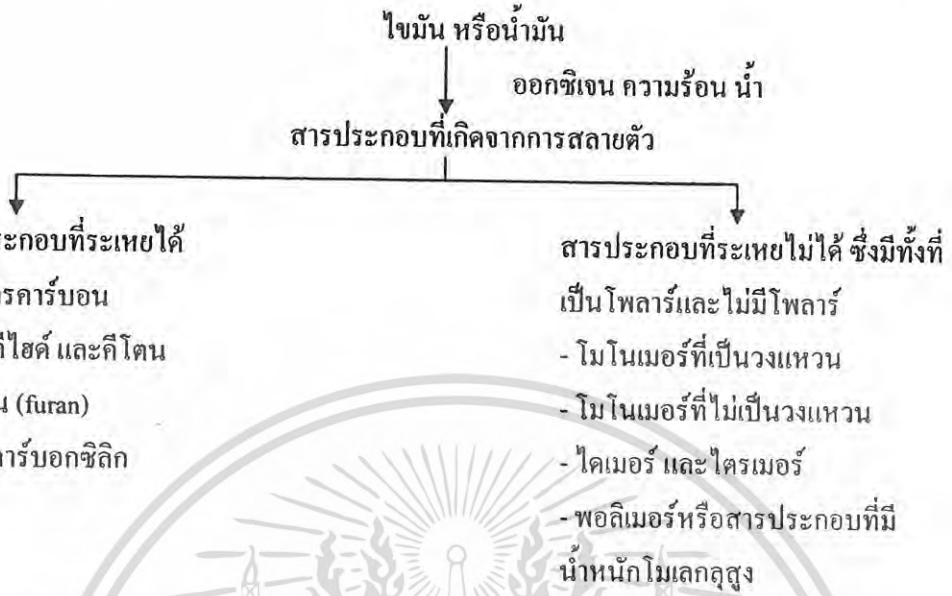
(ค) สารประกอบที่เป็นพอโนเมอร์

3. ไขมันและน้ำมันสามารถเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนในภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ ซึ่งถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนภายในโมเลกุลของกรดไขมันเดียวกันจะทำให้เกิดวงแหวน (cyclic fatty acid) ถ้าเกิดพันธะใหม่ระหว่างคาร์บอน-คาร์บอนจากกรดไขมันต่างโมเลกุลกันจะทำให้เกิดไดเมอร์ หรืออาจเกิดขึ้นได้ระหว่างกรดไขมันที่อยู่ในไตรกลีเซอไรด์เดียวกันหรือต่างโมเลกุลกันก็ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21033

ภาพที่ 2.3 แผนภูมิการเกิด สารประกอบชนิดใหม่ระหว่างการใช้ไขมันและน้ำมันทอดอาหาร มีดังนี้



2.5 มันฝรั่งแท่ง

กระบวนการผลิตมันฝรั่งแท่ง

1. การรับวัตถุดิบ

จะใช้มันฝรั่งชนิด white potato ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา มันฝรั่งที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต Frozen french fries นั้นจะเลือกใช้มันฝรั่งที่ มีปริมาณน้ำตาลน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์ ของปริมาณของแข็งทั้งหมด (have a total sugar content of less than one (1) percent of total solids.) ปริมาณน้ำตาลที่มากเกินไปเพียง 2-3 เปอร์เซนต์ จะส่งผลเสียอย่างชัดเจนเมื่อทำการทอดซึ่งใช้อุณหภูมิที่สูง คือ จะเกิดรอยดำหรือสีน้ำตาลเป็นจุดๆหรือริ้วๆ เนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลและการไหม้ของน้ำตาล

หากมันฝรั่งที่รับมานั้นมีรอยไหม้หรือมีความหวามมากเกินไป มันฝรั่งเหล่านั้นจะถูกนำไปทำการปรับสภาพ (conditioned) โดยจะถูกนำไปบ่มเป็นระยะเวลาช่วงหนึ่ง อย่างน้อย 2 อาทิตย์ ที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส ซึ่งในสภาวะนั้น มันฝรั่งจะเริ่มกระบวนการหายใจ เกิดการเปลี่ยนน้ำตาลบางส่วนกลับไปเป็นแป้ง

2. ล้างทำความสะอาด

มันฝรั่งที่คัดแล้วจะถูกลำเลียงไหลผ่านลงสู่น้ำร้อน เพื่อล้างคราบสกปรกต่างๆและช่วยทำให้เปลือกร่อนขึ้นด้วย และอาจจะมีการคัดขนาดก่อนการปอกเปลือกในขั้นตอนนี้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ปอกเปลือก (Peeling)

หลังจากทำความสะอาดแล้วมันฝรั่งเหล่านั้นก็จะถูกส่งเข้าเครื่องปอกเปลือก ซึ่งอาจจะเป็นระบบไอน้ำ, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (lye)หรือเครื่องปอกเปลือกแบบหมุน เครื่องแบบไอน้ำและ lye peelers จะทำงานอย่างรวดเร็วโดยการทำให้เปลือกร่อนออกหรือปอกเปลือกออก แต่จะไม่เจาะลึกลงไปในเนื้อมันฝรั่ง จากนั้นเปลือกจะถูกนำออกโดยการส่งมันฝรั่งนั้นเข้าสู่ลูกกลิ้งยางและการพ่นละอองน้ำ ในขณะที่เครื่องปอกเปลือกชนิดอื่นจะไม่มีขั้นตอนการผ่านความร้อนจึงทำให้การทำงานช้ากว่า

4. ตกแต่ง

เมื่อมันฝรั่งออกจากเครื่องปอกเปลือกแล้วจะถูกตัดแต่งบนสายพานเคลื่อนที่แบบแนวกว้าง ในโรงงานระดับสูงส่วนนี้จะถูกแยกออกเป็นอีกแผนกเลย ดังนั้นมันฝรั่งแต่ละหัวจะถูกตรวจหาร่องรอยข้อบกพร่อง แล้วตัดแต่งออกหากจำเป็น จากนั้นก็จะถูกโยนข้ามแผงกั้นไปบนสายพานอีกของอีกแผนกหนึ่ง วิธีนี้ให้ผลดีกว่าการที่พลิกๆมันฝรั่งบนสายพานเดี่ยว เพราะมันฝรั่งที่มีตำหนิอาจจะเล็ดลอดสายตาไปได้เนื่องจากมันฝรั่งบนสายพานมีจำนวนมาก ในขั้นตอนนี้เองที่มันฝรั่งจะถูกคัดแยกขนาด ขนาดใหญ่จะถูกส่งไปยังสายการผลิตสินค้าหลักของโรงงาน ส่วนขนาดเล็กก็ถูกส่งไปยังสายการผลิตสินค้ารายย่อย

5. หั่น

หลังจากออกจากเครื่องตัดแต่งแล้วแล้วมันฝรั่งจะถูกส่งมายังเครื่อง Slice ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะประกอบด้วยใบมีด 2 ชุด ชุดหนึ่งจะยึดติดอยู่กับที่เพื่อฝานมันฝรั่งให้มีความบางตามต้องการ อีกชุดจะเป็นใบมีดแบบหมุนใช้ตัดมันฝรั่งที่ฝานมาแล้วให้เป็นชิ้น/เส้น ตามรูปร่างและขนาดที่ต้องการซึ่งใบมีดอาจจะเป็นแบบเรียบตรงหรือเป็นรอยหยักก็ได้

6. คัดขนาด

ในกระบวนการตัดมันฝรั่งให้เป็นชิ้นๆหรือเป็นเส้นๆนั้นมักจะมีรูปแบบที่ตายตัวอยู่แล้วหรือไม่ก็มีรูปแบบที่แปลกออกไป ซึ่งจำนวนที่แน่นอนของชิ้นที่มีรูปร่างผิดแปลกไปบ้างไม่มากก็น้อยนั้นกลับเป็นที่ต้องการ และยังยินยอมให้บรรจุในเกรดมาตรฐานอีกด้วย อย่างไรก็ตามก็ยังคงจำเป็นที่จะต้องนำมันฝรั่งเส้นที่ตัดแล้วนั้นไปผ่านการเขย่าเพื่อแยกชิ้นเล็กน้อยๆออกไป ซึ่งจะมากน้อยแค่ไหนนั้นก็ขึ้นอยู่กับลูกค้า แต่สำหรับผู้ควบคุมกระบวนการแปรรูปนั้นไม่ต้องการให้มีการแยกทิ้งเกินกว่าที่ควรจะเป็นเพราะจะทำให้ตัวเลขปริมาณการผลิตลดลง

7. ปรับระดับน้ำตาล (Desugaring)

ปริมาณน้ำตาลที่มากเกินไปเป็นสาเหตุที่ทำให้ french fried มีสีคล้ำ หรือสีผิดแปลกไป ทั้งยังทำให้เนื้อสัมผัส และรสชาติแย่ลงด้วย ดังนั้นการเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม สถานที่เก็บและสภาวะการเก็บรักษาที่ดีจึงเป็นตัวช่วยควบคุมน้ำตาลได้ แต่อย่างไรก็ตาม การปรับสภาวะและการเก็บรักษาเพื่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับสภาพนั้นมีค่าใช้จ่ายที่สูงและควรหลีกเลี่ยงหากไม่จำเป็น ดังนั้นหลักการปรับระดับน้ำตาลให้มีปริมาณเท่าๆกันในมันฝรั่งแต่ละชิ้นนั้นจึงถูกคิดค้นขึ้น ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละโรงงาน แต่พื้นฐานก็คือใส่มันฝรั่งเส้นลงไปในอ่างน้ำแล้วกรองส่วนผิวน้ำตาลด้านบนออก จากนั้นก็ย้ายมันฝรั่งเส้นไปลงในอ่างที่มีสารละลายน้ำตาลที่ควบคุมปริมาณน้ำตาลไว้ เพียงเท่านี้เวลาทอดมันฝรั่งแต่ละเส้นก็จะมีสีอยู่ในระดับเดียวกัน

8. ลวก

มันฝรั่งที่ sliced แล้วจะถูกส่งลงไปลวกในน้ำร้อนเพื่อเป็นการปรุงส่วนหนึ่ง แต่ไม่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณน้ำตาลที่กล่าวถึงในหัวข้อที่แล้ว

หลังจากลวกแล้วมันฝรั่งจะไหลผ่านใต้เครื่องทำความร้อน เพื่อลดปริมาณความชื้นก่อนการทอด

9. บรรจุ

ขั้นตอนการบรรจุมักจะเป็นแบบอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจะบรรจุในปริมาณและน้ำหนักที่แน่นอนลงในแต่ละถุง ซึ่งจะถูกชั่งทีละถุงและจะถูกปรับให้ได้น้ำหนักที่ถูกต้องและแน่นอน เครื่องบรรจุอาจจะติดตั้งอยู่ก่อนการแช่แข็งหรือหากมีการใช้การแช่แข็งแบบสายพาน พอมันฝรั่งออกมาจากเครื่องแช่แข็งแล้วค่อยเข้าเครื่องบรรจุ การแช่แข็งแบบสายพานจะทำให้มันฝรั่งแต่ละชิ้นแยกตัวกันแต่ถ้าใช้การแช่แข็งแบบ plate frozen มันฝรั่งจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน

เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทอด

มีหลายปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงเวลาและอุณหภูมิที่จะใช้ในการทอด เช่น มันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะสูงจะต้องใช้เวลาน้อยกว่ามันฝรั่งที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำในการระเหยเอาความชื้นออก มันฝรั่งต่างชนิดกัน และผ่านสภาวะการลดน้ำตาลที่ต่างกัน ย่อมต้องการอุณหภูมิในการปรุงที่แตกต่างกันออกไป ตลาดรายใหญ่มักจะต้องการมันฝรั่งทอดที่สีค่อนข้างสว่าง ดังนั้นสินค้าที่ผลิตส่งลูกค้ารายใหญ่ที่จะนำไปปรุงโดยการทอด จะทอดให้มีสีสว่างกว่าสินค้าที่ส่งขายลูกค้ารายย่อย ที่จะนำไปปรุงโดยใช้เตาอบ หลังจากมันฝรั่งทอดจนได้ที่แล้วจะต้องทำให้เย็นในทันที โดยใช้ลมแรงเป่า และลมนี้จะทำให้น้ำมันที่ติดอยู่ที่ผิวมันฝรั่งหลุดออกไป

2.6 กรดไขมันอิสระ

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ (straight chain aliphatic monocarboxylic acid) มีสูตรโมเลกุลเป็น R-COOH โดย R- คือ หมู่แอลคิล (alkyl) ในโมเลกุลของกรดไขมันและหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) มีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก จึงทำให้กรดไขมันสามารถแตกตัวออกได้เป็นประจุลบ (anionic carboxylate) และหมู่ R- มีสมบัติเป็น hydrophobic alkyl chain ซึ่งชอบที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายในน้ำมันและตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดที่ไม่มีโพลาร์ จึงทำให้โมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งส่วนที่ละลายได้ในน้ำและน้ำมัน อย่างไรก็ตามจะไม่พบโมเลกุลของกรดไขมันอิสระที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในโครงสร้างของเซลล์เมมเบรน

$$RCOOH \rightarrow RCOO^- + H^+$$

ในธรรมชาติพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่อยู่ในไขมัน น้ำมัน และฟอสโฟกลีเซอไรซ์เป็นส่วนใหญ่ ที่พบอยู่ในรูปกรดไขมันอิสระมีน้อยมาก การสังเคราะห์กรดไขมันในร่างกายมีสารเริ่มต้นเป็นหมู่อะซิติล ซึ่งมีคาร์บอนในโมเลกุล 2 อะตอม มาต่อกันเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น จึงทำให้จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นเลขคู่เสมอ พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมัน มีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว (saturated fatty acids) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่ 1 อัน หรือมากกว่า 1 อัน เรียกว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

กรดไขมันสามารถแบ่งออกตามจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. กรดไขมันชนิดสายสั้น หรือมีจำนวนคาร์บอนน้อย (short-chain low molecular weight fatty acids) คือ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 4-10 อะตอม กรดไขมันกลุ่มนี้ละลายน้ำได้บ้าง ระเหยได้และเป็นสารที่ให้กลิ่น
2. กรดไขมันชนิดสายกลาง (medium-chain fatty acids) มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 12-14 อะตอม
3. กรดไขมันชนิดสายยาว (long-chain fatty acids) มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่า 16 อะตอม ขึ้นไป กรดไขมันกลุ่มนี้ไม่มีกลิ่นและรสชาติ

สำหรับไขมันและน้ำมันแต่ละชนิด จะแตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมัน กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลของไขมัน มักเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตรงกันข้ามกับน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรเอซิลกลีเซอรอลเป็นส่วนใหญ่ จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันจะเป็นเลขคู่เสมอและเป็นสายตรงแต่มีกรดไขมันบางชนิดซึ่งมีจำนวนน้อยที่เป็นเลขคี่ หรือเป็นสายแขนง (branched chain acid) หรือเป็นกรดไฮดรอกซี (hydroxyl acid) ซึ่งพบได้ทั้งในธรรมชาติและไขไขมันที่ผ่านกระบวนการแปรรูป (processed fats) และไตรเอซิลกลีเซอรอลที่ผ่านกระบวนการยังอาจเกิดพวกไอโซเมอร์ (isomeric fatty acid) ได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กรดไขมันชนิดอิ่มตัว

กรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีสูตรทั่วๆไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ เป็นกรดไขมันที่พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงไม่สามารถรับไฮโดรเจนอะตอมได้อีก กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยที่สุด คือ กรดบิวทิริก (คาร์บอน 4 อะตอม) เป็นกรดไขมันที่ละลายได้ดีในน้ำและระเหยได้ง่าย กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 6-10 อะตอม ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยและยังระเหยได้ ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 12 อะตอมขึ้นไปไม่ละลายน้ำ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนต่ำ 10 อะตอม จะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนตั้งแต่ 10 อะตอมขึ้นไป จะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลเป็นเลขคู่และเลขคี่ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่และเลขคี่

ชื่อทางเคมี	ชื่อสามัญ	สูตรเคมี	การเขียนย่อ
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่			
n –Butanoic	กรดบิวทิริก (Butyric acid)	$CH_3(CH_2)_2COOH$	4:0
n –Hexanoic	กรดคาโพรอิก (Caproic acid)	$CH_3(CH_2)_4COOH$	6:0
n –Octanoic	กรดคาไพรลิก (Caprylic acid)	$CH_3(CH_2)_6COOH$	8:0
n –Decanoic	กรดกาพริก (Capric acid)	$CH_3(CH_2)_8COOH$	10:0
n –Dodecanoic	กรดลอริก (Lauric acid)	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	12:0
n –Tetradecanoic	กรดไมริสติก (Myristic acid)	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	14:0
n –Hexadecanoic	กรดปาล์มิติก (Palmitic acid)	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	16:0
n –Octadecanoic	กรดสเตียริก (Stearic acid)	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	18:0
n –Eicosanoic	กรดอะราคิดิก (Arachidic acid)	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	20:0
n –Docosanoic	กรดบีฮีนิก (Behenic acid)	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	22:0
กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคี่			
n –Pentanoic	กรดวาลีริก (Valeric acid)	$CH_3(CH_2)_3COOH$	5:0
n –Heptanoic	กรดอีแนนทิก (Enanthic acid)	$CH_3(CH_2)_5COOH$	7:0
n –Nonanoic	กรดพีลาร์โกนิก (Pelargonic acid)	$CH_3(CH_2)_7COOH$	9:0
n –Undecanoic	-	$CH_3(CH_2)_9COOH$	11:0
n –Tridecanoic	-	$CH_3(CH_2)_{11}COOH$	13:0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) กรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนเป็นเลขคู่และเลขคี่

ชื่อทางเคมี	ชื่อสามัญ	สูตรเคมี	การเขียนย่อ
n –Pentadecanoic	-	$CH_3(CH_2)_{13}COOH$	15:0
n –Heptadecanoic	กรดมาร์การิก (Margaric acid)	$CH_3(CH_2)_{15}COOH$	17:0

2. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่งและมีการเรียงตัวเป็น *cis*-configuration การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้อีก กรดไขมันไม่อิ่มตัวแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆตามจำนวนของพันธะคู่ได้ดังนี้

Monounsaturated (Monoethenoid) Fatty Acids (MUFA)

เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อัน มีสูตรทางเคมีทั่วๆไปเป็น $C_nH_{2n-1}COOH$ ตัวอย่างเช่นกรดโอเลอิก (oleic acid, CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH) กรดปาล์มิโตเลอิก (palmitoleic acid, CH_3-$(CH_2)_5$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH) กรดไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้พบได้ในไขมันและน้ำมันทั่วๆไป

Polyunsaturated (Polyethenoid) Fatty Acids (PUFA)

เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 อัน ส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 18-22 อะตอม และมีพันธะคู่ 2-6 อัน พบมากในน้ำมันพืชและน้ำมันปลา ตัวอย่างของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ได้แก่

ก. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 2 อัน มีสูตรทางเคมีทั่วๆไปเป็น $C_nH_{2n-3}COOH$ เช่น กรดลิโนเลอิก มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 18 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 12 มีสูตรดังนี้

9, 12-octadecadienoic acid (18:2)

กรดลิโนเลอิก พบมากในน้ำมันพืช เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย และน้ำมันทานตะวัน

ข. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่3อันมีสูตรทางเคมีทั่วๆไปเป็น$C_nH_{2n-5}COOH$ เช่นกรดลิโนเลนิก มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 18 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คอนบอนตำแหน่งที่ 9,12 และ15 มีสูตรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15 12

CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2–CH=CH-CH_2–CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH

9, 12 ,15-octadecadienoic acid (18:3)

กรดลิโนเลนิก พบมากที่สุดในน้ำมันถั่วเหลือง และพบเล็กน้อยในน้ำมันลินสีด น้ำมันตับปลาและน้ำมันจากปลาและน้ำมันจากปลาทะเลต่างๆ

ค. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่4อันมีสูตรเคมีทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-7}COOH$ เช่น กรดอะราคิโดนิก มีจำนวนคาร์บอนในคาร์บอนในโมเลกุล 20 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5,8,11และ14 มีสูตรดังนี้

CH_3-$(CH_2)_4$-(CH=CH-CH_2)$_4$-$(CH_2)_2$-COOH

5,8,11,14 – EICOSATETRAENOIC ACID (20:4)

กรดอะราคิโดนิก พบเป็นจำนวนน้อยในถั่วลิสง แต่พบมากในน้ำมันตับปลาและน้ำมันจากปลาทะเลต่างๆตัวอย่างชนิดกรดไขมันต่างๆไม่อิ่มตัวตัวอย่างแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบในอาหาร

ชื่อทางเคมี	ชื่อสามัญ	สูตรเคมี	การเขียนย่อ
Dec-9-enoic acid	-	CH_2=CH-$(CH_2)_7$-COOH	10:1
Dodec-9-enoic acid	-	CH_3-CH_2=CH-$(CH_2)_7$-COOH	12:1
Tetradec-9-enoic acid	Myristoleic acid	CH_3-$(CH_2)_3$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH	14:1
Hexadec-9-enoic acid	Plamitoleic acid	CH_3-$(CH_2)_5$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH	16:1 ω -7
Octadec-6-enoic acid	Petroselinic acid	CH_3-$(CH_2)_{10}$-CH=CH-$(CH_2)_4$-COOH	18:1
Octadec-9-enoic acid	Oleic acid	CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH	18:1 ω -9
Octadec-11-enoic acid	Vaccenic acid	CH_3-$(CH_2)_5$-CH=CH-$(CH_2)_9$-COOH	18:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พบในอาหาร

ชื่อทางเคมี	ชื่อสามัญ	สูตรเคมี	การเขียนย่อ
Octadec-9:12-dienoic acid	Linoleic acid	CH_3-$(CH_2)_4$-(CH=CH-$CH_2)_2$-$(CH_2)_6$-COOH	18:2 ω -6
Octadec-9:12:15-trienoic acid	α-Linolenic acid	CH_3-CH_2-(CH=CH-$CH_2)_3$-$(CH_2)_6$-COOH	18:3 ω -3
Octadec-6:9:12-trienoic acid	ɣ -Linolenic acid	CH_3-$(CH_2)_4$-(CH=CH-$CH_2)_3$-$(CH_2)_3$-COOH	18:3 ω -6
Octadec-9:11:13-trienoic acid	Elaeostearic acid	CH_3-$(CH_2)_5$-$(CH=CH)_3$-$(CH_2)_7$-COOH	20:3
Eicos-9-enoic acid	Gadoleic acid	CH_3-$(CH_2)_9$-(CH=CH)-$(CH_2)_7$-COOH	20:1
Eicosa-5:8:11:14-tetraenoic acid	Arachidonic acid	CH_3-$(CH_2)_4$-(CH=CH-$CH_2)_4$-$(CH_2)_2$-COOH	20:4 ω -6
Eicosa-5:8:11:14:17-pentaenoic acid	EPA	CH_3-CH_2-(CH=CH-$CH_2)_5$-$(CH_2)_2$-COOH	20:5 ω -3
Docos-13-enoic acid	Erucic acid	CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_{11}$-COOH	22:1
Docosa-4:7:10:13:16:19-hexaenoic acid	DHA	CH_3-CH_2-(CH=CH-$CH_2)_6$-CH_2-COOH	22:6 ω -3

ตารางที่ 2.4 ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมันพืชบางชนิด (เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน	น้ำมันปาล์ม
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว		
กรดคาโพรอิก	6	-
กรดคาไพรลิก	8	-
กรดคาพริก	10	-
กรดลอริก	12	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรเอซิลกลีเซอรอลในน้ำมันชบางชนิด (เปอร์เซ็นต์)

ชนิดของกรดไขมัน	จำนวนคาร์บอน	น้ำมันปาล์ม
กรดไมริสติก	14	2.5
กรดปาล์มิติก	16	4.8
กรดสเตียริก	18	3.6
กรดอะราคิดิก	20	-
กรดบีฮีนิก	22	-
กรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด		*49.6*
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว		
กรดโอเลอิก	18:1	45.2
กรดลิโนเลอิก	18:2	7.9
กรดลิโนเลนิก	18:3	-
กรดกาโดเลอิก	20:1	-
กรดอีรูซิก	20:1	-
กรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด		53.1

เมื่อไขมันหรือน้ำมันเกิด Hydrolytic rancidity จะไม่สามารถสังเกตได้จากการดมกลิ่นหรือชิมจะต้องทำการตรวจวิเคราะห์โดยวิธีทางเคมี คือการหาปริมาณกรดไขมันอิสระที่เกิดขึ้น ค่าที่ได้เรียกว่า Acid value คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจำนวน 1 กรัม เป็นกลางพอดี ซึ่งนิยมคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของกรดโอเลอิก ค่า Acid value ถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้การหืนของไขมันหรือน้ำมัน ถ้าไขมันหรือน้ำมันมีค่า Acid value สูง แสดงว่าไตรเอซิลกลีเซอรอลถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดไขมันอิสระมาก บ่งบอกได้ว่าไขมันหรือน้ำมันนั้นหืนมาก

การวัดปริมาณกลุ่มกรดไขมันอิสระ (free fatty acid group) ที่มีอยู่ในไขมันหรือน้ำมันจะเป็นค่าที่สะท้อนถึงค่า Acid value (A.V.) และค่า free fatty acid (FFA) ซึ่งค่า FFA เป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของกลุ่มของกรดไขมันอิสระในไขมัน สามารถที่จะเปลี่ยนเป็นค่า Acid value ได้โดยการคำนวณโดยคูณกับค่าคงที่ของกลุ่มกรดไขมันนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 น้ำมันปาล์ม

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชน้ำมันที่ให้ปริมารน้ำมันสูงถึง 0.6 - 0.8 ตัน/ไร่/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่น สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหารและใช้ในการประกอบอาหาร เนื่องจากมีคุณสมบัติทนความร้อนได้สูงไม่ทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง น้ำมันปาล์มมีราคาต่ำกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น นอกจากนี้ปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ปลอดจากสารตัดแต่งพันธุกรรม (GMOs) น้ำมันปาล์มผลิตได้เองในประเทศ การใช้ประโยชน์จากปาล์มน้ำมันจะก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มและรายได้โดยรวมของประเทศ

น้ำมันปาล์ม แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil) สกัดได้จากส่วนเปลือกสดของผลปาล์มน้ำมัน
2. น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (rude Palm Kernel Oil) สกัดได้จากเมล็ดในของผลปาล์มน้ำมัน

การใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย และแบ่งกลุ่มการนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1. อุตสาหกรรมด้านอาหาร

น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์มประมาณ 80 เปอร์เซนต์ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหลายประเภท เช่น น้ำมันทอด น้ำมันปรุงอาหาร มาการีน วานาสปาติ ไอศกรีม ครีมเทียม นมเทียม เนยขาว เนยโกโก้ ขนมเค้ก ขนมปัง ฯลฯ รวมถึงผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพ เช่น วิตามินอี วิตามิน

2. อุตสาหกรรมโอลิโอเคมิคอล

น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์มประมาณ 20 เปอร์เซนต์ นำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสินค้าอุปโภคโดยผ่านกระบวนการทางเคมี ดังนี้

2.1 การผลิตกรดไขมันประเภทต่างๆ ทั้งกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น

- กรดลอริก ใช้ทำเป็นเรซินในอุตสาหกรรมสี
- กรดปาล์มมิติก ใช้ในการเลี้ยงเชื้อราเพื่อสกัดเป็นยาปฏิชีวะนะ ผสมกับกรดสเตียติดเพื่อทำเทียนไข
- กรดโอเลอิก ใช้ในอุสาหกรรมสิ่งทอ
- กรดสเตียริก ใช้ในการผลิตเครื่องสำอาง สบู่เด็ก ผสมกับกรดปาล์มมิติกเพื่อทำเทียนไข
- กรดลิโนเลอิก ใช้เป็นยาฉีดสำหรับลดไขมันในเส้นเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การผลิตเมทธิลเอสเทอร์ เป็นสารที่ได้จากการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำมันปาล์มและเมทธิลอัลกอฮอล์ โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซดาไฟเป็นสารเร่งปฏิกิริยา และมีผลพลอยได้ที่สำคัญและมีมูลค่าสูงคือ กลีเซอรอล เมทธิลเอสเทอร์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ทั้งในด้านพลังงาน (ไบโอดีเซล) หรือใช้เป็นสารสำหรับผลิตอนุพันธ์ของกรดไขมันประเภทต่างๆ

- Fatty Alcohol ใช้ประโยชน์ในการผลิต Sodium Alkyl Sulphates และ Surfactant ที่ใช้ผลิตผงซักฟอก

- Fatty Acid Amides มีคุณสมบัติช่วยกันน้ำ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตกระดาษ ไม้อัด โลหะ ยางฯ

- Fatty Amines ที่มีความสำคัญนิยมใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ การผลิตพลาสติก น้ำมันหล่อลื่น สารควบคุมเชื้อราและแบคทีเรียฯ

2.8 การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมันที่มีอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์ หรือพืชน้ำมัน หรืออาหารชนิดต่างๆมีสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่นปิโตรเลียมอีเทอร์ ไดเอทิลอีเทอร์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ คลอโดฟอร์ม และเฮกเซน เป็นต้น จึงต้องสกัดไขมันออกจากอาหารด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ แล้วระเหยเอาตัวทำละลายออก ไขมันหรือน้ำมันที่สกัดได้ด้วยตัวทำละลายนี้ เรียกว่า crude fat หรือ crude oil ถ้าใช้ตัวทำละลายที่เป็นอีเทอร์ อาจเรียกว่า ether extract ก็ได้ สารที่สกัดได้ทั้งหมดนอกจากมีไขมันและน้ำมันซึ่งเป็นไตรเอซิลกลีเซอรอลแล้ว ยังอาจมีไขหรือแวกซ์ สารสรไฮโดรคาร์บอน สเตอรอยด์ และกรดไขมันอิสระปนออกมาอีกด้วย

ปริมาณไขมันและน้ำมันในอาหารแต่ละชนิดจะผันแปรเป็นช่วงกว้าง เช่นผักและผลไม้ส่วนใหญ่มีไขมันต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นอะโวกาโดมีไขมัน 26 เปอร์เซ็นต์ มะกอกมีน้ำมัน 17 เปอร์เซ็นต์ น้ำนมมีไขมัน 3.6 เปอร์เซ็นต์ เนยมีไขมันนม 82 เปอร์เซ็นต์ และพวกนัทต่างๆมีไขมันและน้ำมันประมาณ 35-70 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น วิธีการสกัดไขมันและน้ำมันทำได้ดังนี้

1. วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันและน้ำมัน โดยวิธี gravimetric มีขั้นตอนดังนี้

1. บดตัวอย่างอาหารให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน อาจร่อนผ่านตะแกรงเพื่อให้อนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้สกัดไขมันออกได้ง่ายขึ้น

2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง (ปราศจากน้ำ) มา 3 กรัม ใส่ในฟลาส์คขนาด 125 มิลลิลิตรที่มีจุกปิดได้ (ถ้าตัวอย่างอาหารเป็นของเหลวใช้ separation flask) เติมตัวทำละลาย เช่น อีเทอร์ลงไป 30 มิลลิลิตรปิดจุก เขย่าให้เข้ากันประมาณ 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรองของเหลวผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่พับเป็นจีบ (pleated) ใส่ลงในถ้วยระเหย (evaporation disk) ที่สะอาด ผ่านการอบแห้งและทราบน้ำหนักแล้ว

4. นำกากที่เหลือบนกระดาษกรองใส่คืนลงในฟลาส์ค สกัดซ้ำอีก 2-3 ครั้ง และล้างฟลาส์ด้วยตัวทำละลายเพียงเล็กน้อย

5. นำถ้วยระเหยไปวางบนอ่างน้ำ (water bath) หรือปล่อยไว้ที่อุณหภูมิห้องให้ตัวทำละลายระเหยออกไป แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 98-105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 30 นาที ปล่อยให้เย็นใน desiccator

6. ชั่งน้ำหนักไขมันหรือน้ำมันที่สกัดได้ เท่ากับ a กรัม

7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ crude fat หรือ crude oil ในตัวอย่างอาหาร

วิธีคำนวณ

ตัวอย่างอาหาร 3 กรัม มี crude fat = a กรัม

ตัวอย่างอาหาร 100 กรัม มี crude fat = $\frac{a \times 100 \text{ กรัม}}{3}$

$$\text{เปอร์เซนต์ crude fat} = \frac{\text{น้ำหนักของไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างอาหารแห้งที่ใช้ (กรัม)}}$$

2. วิธีการสกัดโดยใช้ Soxhlet

1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดและผ่านการอบแห้งจำนวน 10 กรัม ใส่ลงใน Soxhlet thimble ปิดด้านบนด้วยสำลี (หรืออาจใช้วิธีการห่อตัวอย่างอาหารด้วยกระดาษกรองก็ได้)

2. ชั่งน้ำหนัก thimble ทั้งหมด

3. นำ thimble ใส่ลงในชุดสกัดแบบ Soxhlet

4. นำฟลาส์คสกัดไปชั่งน้ำหนักก่อนเติมตัวทำละลายลงไป

5. เติมตัวทำละลายลงไปประมาณ 30-50 มิลลิลิตร (ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 50-70 องศาเซลเซียส)

6. สกัดนาน 2 ชั่วโมง แล้วกลั่นไล่เอาตัวทำละลายออกจนหมด นำฟลาส์คไปชั่งหาน้ำหนักของไขมันหรือน้ำมันที่สกัดได้ ส่วน thimble นำไปอบให้แห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักที่หายไป ซึ่งเท่ากับน้ำหนักของไขมันหรือน้ำมันที่ถูกสกัดออกมาด้วยตัวทำละลาย

7. เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของไขมันและน้ำมันในตัวอย่างอาหารดังกล่าวในข้อ 1

การใช้ตัวทำละลายชนิดที่ไม่มีโพลาร์หรือมีโพลาร์ต่ำ เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์และไดเอทิลอีเทอร์จะสกัดได้เฉพาะลิพิดอิสระเท่านั้น ส่วนลิพิดที่จับอยู่กับโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เช่น ฟอสโฟลิพิด หรือไกลโคลิพิด ต้องสกัดด้วยตัวทำละลายที่เป็นโพลาร์ เช่น แอลกอฮอล์ หรือ อาจไฮโดรไลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสารเคมีชนิดอื่นเพื่อทำลายพันธะเสียก่อนก็ได้ ดังนั้นปริมาณของลิพิดที่สกัดได้อาจผันแปรไปตามวิธีการสกัดไขมันและน้ำมันที่ใช้ และรูปของไขมันและน้ำมันที่อยู่ในอาหารที่นำมาวิเคราะห์

วิธีการที่ดี คือใช้ตัวทำละลายชนิดโพลาร์ผสมกับชนิดที่ไม่มีโพลาร์ เช่น ใช้คลอโรฟอร์มผสมกับเมทานอลในอัตราส่วน 2:1 เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือจะสกัดได้น้ำและสารที่ละลายได้ในน้ำมันออกมาด้วย ดังนั้นเมื่อระเหยไล่ตัวทำละลายออกไปหมดแล้ว ต้องเติมแอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟตลงไปช่วยดูดน้ำออกและสกัดไขมันและน้ำมันซ้ำด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์อีกครั้งหนึ่ง เมทิลีนคลอไรด์สามารถนำมาใช้ผสมกับเมทานอลแทนการใช้คลอโรฟอร์มก็ให้ผลในการสกัดไขมันและน้ำมันในอาหารได้ดีเช่นเดียวกัน

ในกรณีที่อาหารมีน้ำปนอยู่ อาจกำจัดออกได้โดยการบดตัวอย่างอาหารด้วยแคลเซียมซัลเฟตหรือแอนไฮดรัสโซเดียมซัลเฟต แล้วจึงนำไปใส่ใน soxhlet thimble

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้สกัดไขมันได้รวดเร็วและให้ถูกต้องออกมาจำหน่าย ตัวอย่างเช่น

ก. Foss-Let Fat Analyser เป็นเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้สกัดน้ำมันจากพืชน้ำมัน

ข. Tecator Soxtec Apparatus เป็นเครื่องมือสกัดชนิด semi-autom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัตถุดิบ อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

1. มันฝรั่งแท่งทอด Tesco Lotus เกรด A
2. น้ำมันปาล์มโอลีน หยก

3.2 อุปกรณ์ และ ครุภัณฑ์

1. ไมโครเวฟ SHARP รุ่น perfection R-988P (900 วัตต์)
2. เตาไฟฟ้า (hot plate)
3. ตู้แช่แข็ง
4. เทอร์โมมิเตอร์ 200 องศาเซลเซียส
5. สมุดเทียบสี (munsell book)
6. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง
7. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
8. ชุดสกัดไขมัน รุ่น Gerhatt และอุปกรณ์สกัดไขมัน
9. อุปกรณ์สำหรับการไตเตรตหาปริมาณกรด, ไอโอดีน, เปอร์ออกไซด์
10. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
11. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectophotometer)
12. คิวเวตแก้ว (cuvett)
13. ถ้วยอะลูมิเนียม (aluminium can)
14. เดซิคเคเตอร์ (dessicator)
15. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
16. บีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร
17. กระดาษกรอง ตรา whatman เบอร์ 4
18. กรวยแก้วขนาดกลาง
19. เครื่องแก้ว
20. อะลูมิเนียมฟอยล์
21. ถุงพลาสติกใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สารเคมี

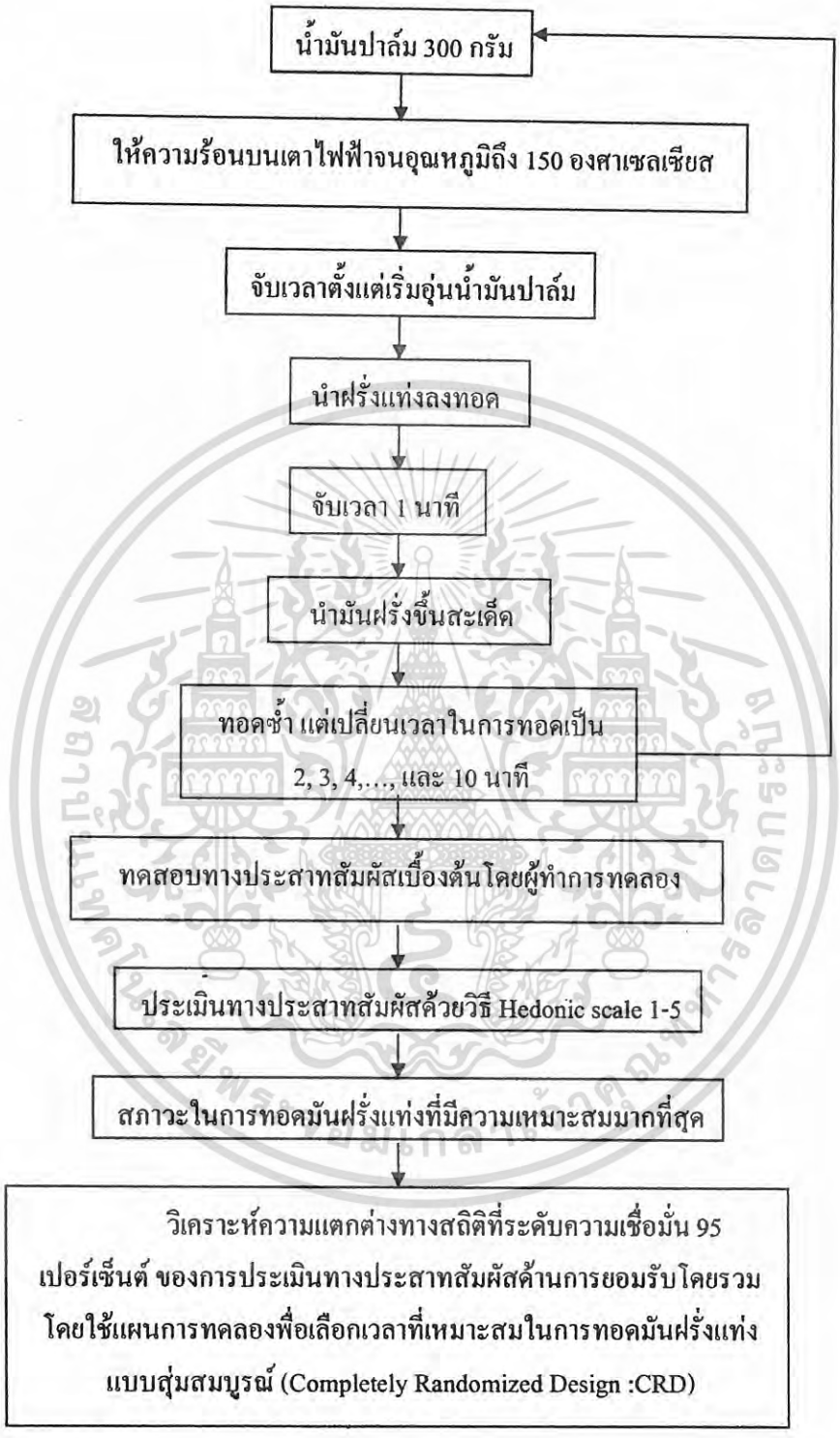
1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มัล
2. ฟีนอล์ฟทาลีน 1เปอร์เซนต์
3. แอลกอฮอล์ 95เปอร์เซนต์
4. ไซโคลเอกเซน
5. สารละลายวิจส์
6. โพแทสเซียมไอโอไดด์ 15เปอร์เซนต์
7. โซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล
8. สารละลายกรดอะซิติกและคลอโรฟอร์ม 3:2 ปริมาตร/ปริมาตร
9. โพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว
10. น้ำแป้งอินดิเคเตอร์ 0.5เปอร์เซนต์
11. น้ำแป้งอินดิเคเตอร์ 1เปอร์เซนต์
12. คลอโรฟอร์ม
13. ปิโตรเลียมอีเธอร์
14. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต
15. โพแทสเซียมไดโครเมต

3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมมันฝรั่งแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้า

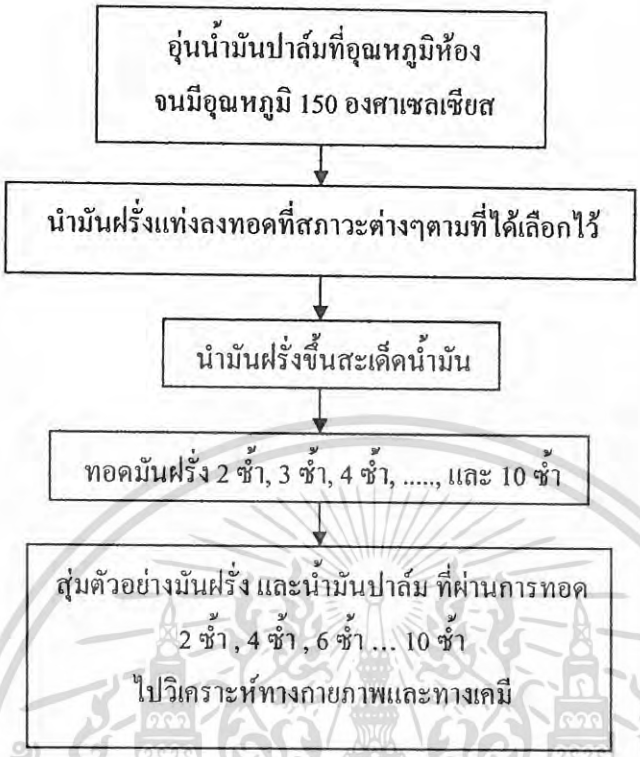


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4. การทอดซ้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและสีของน้ำมันปาล์ม

3.4.5.1 วิเคราะห์ความอิ่มตัวของน้ำมันปาล์มก่อนทอดและหลังทอดด้วยการวิเคราะห์ค่า Iodine Value

3.4.4.2 วิเคราะห์การหืนของน้ำมันปาล์มก่อนทอดและหลังทอดด้วยการวิเคราะห์ค่า Peroxide Value

3.4.5.3 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันอิสระของน้ำมันปาล์มก่อนทอดและหลังทอดด้วยการวิเคราะห์ค่า Acid Value

3.4.5.4 วิเคราะห์สีของน้ำมันปาล์มก่อนทอดและหลังทอด

3.5.6 วิเคราะห์คุณสมบัติของมันฝรั่งแท่ง

3.5.6.1 วัดสีมันฝรั่งแท่งก่อนทอดและหลังทอดโดยเทียบกับสมุดเทียบสี

3.5.6.2 วิเคราะห์ปริมาณการอมน้ำมันของมันฝรั่งแท่งก่อนทอดและหลังทอดด้วยชุดสกัดไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้า

จากการทอดมันฝรั่งแท่งตรา Tesco Lotus เกรด A จำนวน 30 กรัมในน้ำมันปาล์มโอเลอีนตรา หยกอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสด้วยเตาไฟฟ้า เป็นเวลา 10 นาที แล้วสุ่มตัวอย่างมันฝรั่งแท่งทอดทุกๆ 1 นาที เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นโดยผู้ทำการทดลอง 3 คนซึ่งถือเป็นผู้ชิมที่ได้รับการฝึกแล้ว (Trained panelist) พบว่ามันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้า นาทีที่ 1 ถึงนาทีที่ 5 มีลักษณะ นิ่ม และมีกลิ่นดิบ ส่วนนาทีที่ 6 ถึงนาทีที่ 8 มีลักษณะที่ดี นาทีที่ 9 ถึงนาทีที่ 10 มีลักษณะแข็ง ดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที, 8 นาที, 9 นาที และ 10 นาที

ดังนั้นจึงนำมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 6 นาที, 7 นาที และ 8 นาทีมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic Scale 1-5 ด้วยผู้ทดสอบ (panelist) 25 คน เพื่อเลือกเวลาที่เหมาะสมแก่การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าที่ผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด ผลการประเมินพบว่า การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที และ 8 นาที มันฝรั่งแท่งทอดมีการยอมรับลักษณะโดยรวมของผู้บริโภคแตกต่างจากการทอดเป็นเวลา 6 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% อีกทั้งการทอดเป็นเวลา 7 นาทียังมีค่าเฉลี่ยมากกว่าการทอดเป็นเวลา 8 นาทีและใช้เวลาในการทอดน้อยกว่าอีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 6นาที, 7นาที และ 8นาที

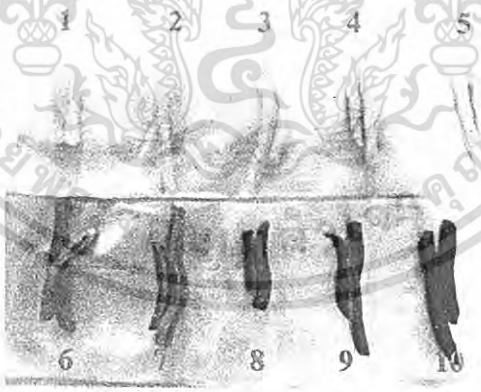
	เวลาที่ใช้ทอด (นาที)		
	6	7	8
คะแนน	1.6024 ± 0.4812^{a}	3.4864 ± 0.7588^{b}	3.3208 ± 0.7908^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 การหาเวลาที่เหมาะสมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟ

4.2.1 การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%

การทอดมันฝรั่งแท่งจำนวน 30 กรัมด้วยเตาไมโครเวฟตรา Sharp รุ่น perfection R-988P ซึ่งมีกำลังไฟเท่ากับ 900 วัตต์ โดย.ให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% ใช้เวลาประมาณ 5 นาที แล้วทอดมันฝรั่งแท่งด้วยระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นสุ่มตัวอย่างมันฝรั่งแท่งทอดทุกๆ 1 นาที เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นโดยผู้ทำการทดลอง 3 คนซึ่งถือเป็นผู้ชิมที่ได้รับการฝึกแล้ว (Trained panelist) พบว่ามันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% นาทีที่ 1 มีลักษณะ นิ่ม มีกลิ่นดิบ นาทีที่ 2 และนาทีที่ 3 มีลักษณะที่ดี นาทีที่ 4 ถึงนาทีที่ 10 มีลักษณะแข็งและไหม้ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที, 8 นาที, 9 นาที และ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงนำมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100 % เป็นเวลา 2 นาที และ 3 นาที มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบ 25 คนด้วยวิธี Triangle test เพื่อเลือกเวลาที่เหมาะสมแก่การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%ที่มีลักษณะไม่แตกต่างกับการทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาทีซึ่งผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด ผลการประเมินเมื่อเทียบกับตาราง Critical Number of Correct Responses in a Triangle test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีผู้ทดสอบ 25 คน หากมีผู้จับคู่ตัวอย่างซึ่งเหมือนกัน 2 ตัวอย่างใน 3 ตัวอย่างถูกมากกว่า 13 คน หมายถึงตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test ระหว่างมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเวลา 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 2 นาที มีผู้ทดสอบสามารถจับคู่ตัวอย่างได้ถูกต้อง 9 คนซึ่งน้อยกว่า 13 คน ดังนั้น การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 2 นาทีมีลักษณะไม่แตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test ระหว่างมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเวลา 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 3 นาที มีผู้ทดสอบสามารถจับคู่ตัวอย่างได้ถูกต้อง 18 คนซึ่งมากกว่า 13 คน ดังนั้น การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลา 3 นาทีมีลักษณะแตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนคำตอบของผู้ทดสอบทั้ง 25 คน โดยทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% นาน 2 นาที และ ทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% นาน 3 นาที

เวลาที่ใช้ทอด	ตอบถูก	ตอบผิด
2 นาที	9	16
3 นาที	18	7

4.2.2 การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50%

การทอดมันฝรั่งแท่งจำนวน 30 กรัมด้วยเตาไมโครเวฟตรา Sharp รุ่น perfection R-988P ซึ่งมีกำลังไฟเท่ากับ 900 วัตต์ โดยให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% ใช้เวลาประมาณ 5 นาที แล้วทอดมันฝรั่งแท่งด้วยระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงาน 50% ของกำลังไฟ 900 วัตต์ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นสุ่มตัวอย่างมันฝรั่งแท่งทอดทุกๆ 1 นาที เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นโดยผู้ทำการทดลอง 3 คนซึ่งถือเป็นผู้ชิมที่ได้รับการฝึกแล้ว (Trained panelist) พบว่ามันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% นาทีที่ 1 และนาทีที่ 2 มีลักษณะนิ่ม และมีกลิ่นดิบ นาทีที่ 3 และนาทีที่ 4 มีลักษณะที่ดี นาทีที่ 5 ถึงนาทีที่ 10 มีลักษณะแข็ง และไหม้ ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 แสดงลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที, 8 นาที, 9 นาที และ 10 นาที

ดังนั้นจึงนำมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50 % เป็นเวลา 3 นาทีและ 4 นาที มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบ 25 คนด้วยวิธี Triangle test เพื่อเลือกเวลาที่เหมาะสมแก่การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% ที่มีลักษณะไม่แตกต่างกับการทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที ซึ่งผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด ผลการประเมินเมื่อเทียบกับตาราง Critical Number of Correct Responses in a Triangle test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีผู้ทดสอบ 25 คน หากมีผู้จับคู่ตัวอย่างซึ่งเหมือนกัน 2 ตัวอย่างใน 3 ตัวอย่างถูกมากกว่า 13 คน หมายถึงตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test ระหว่างมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเวลา 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% เป็นเวลา 3 นาที มีผู้ทดสอบสามารถจับคู่ตัวอย่างได้ถูกต้อง 12 คนซึ่งน้อยกว่า 13 คน ดังนั้น การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% เป็นเวลา 3 นาทีมีลักษณะไม่แตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test ระหว่างมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเวลา 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% เป็นเวลา 4 นาที มีผู้ทดสอบสามารถจับคู่ตัวอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกต้อง 19 คนซึ่งมากกว่า 13 คน ดังนั้น การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% เป็นเวลา 4 นาทีมีลักษณะแตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

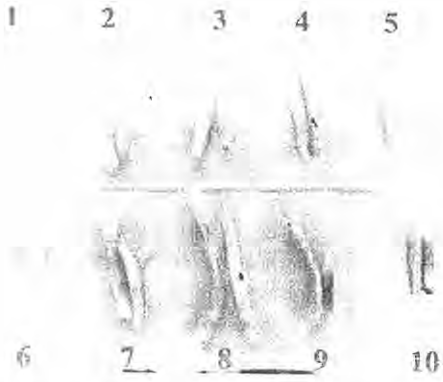
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนคำตอบของผู้ทดสอบทั้ง 25 คน โดยทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% นาน 3 นาที และทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% นาน 4 นาที

เวลาที่ใช้ทอด	ตอบถูก	ตอบผิด
3 นาที	12	13
4 นาที	19	6

4.2.3 การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30%

การทอดมันฝรั่งแท่งจำนวน 30 กรัมด้วยเตาไมโครเวฟตรา Sharp รุ่น perfection R-988P ซึ่งมีกำลังไฟเท่ากับ 900 วัตต์ โดยให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นเวลาประมาณ 5 นาที แล้วทอดมันฝรั่งแท่งด้วยระดับพลังงาน 30% ของกำลังไฟ 900 วัตต์เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นสุ่มตัวอย่างมันฝรั่งแท่งทอดทุกๆ 1 นาที เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสเบื้องต้นโดยผู้ทำการทดลอง 3 คนซึ่งถือเป็นผู้ชิมที่ได้รับการฝึกแล้ว (Trained panelist) พบว่ามันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% นาทีที่ 1 ถึงนาทีที่ 3 มีลักษณะนิ่ม และมีกลิ่นดิบ นาทีที่ 4 และนาทีที่ 5 มีลักษณะที่ดี นาทีที่ 6 ถึงนาทีที่ 10 มีลักษณะแข็งและไหม้ ดังภาพที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 1 นาที, 2 นาที, 3 นาที, 4 นาที, 5 นาที, 6 นาที, 7 นาที, 8 นาที, 9 นาที และ 10 นาที

ดังนั้นจึงนำมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟเป็นเวลา 4 นาทีและ 5 นาที มาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบ 25 คนด้วยวิธี Triangle test เพื่อเลือกเวลาที่เหมาะแก่การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% ที่มีลักษณะไม่แตกต่างกับการทอดด้วยเตาไฟฟ้าด้วยเวลา 7 นาทีซึ่งผู้บริโภคพึงพอใจมากที่สุด ผลการประเมินเมื่อเทียบกับตาราง Critical Number of Correct Responses in a Triangle test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีผู้ทดสอบ 25 คน หากมีผู้จับคู่ตัวอย่างซึ่งเหมือนกัน 2 ตัวอย่างใน 3 ตัวอย่างถูกมากกว่า 13 คนจะหมายถึงตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างกัน เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test ระหว่างมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเวลา 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 4 นาที มีผู้ทดสอบสามารถจับคู่ตัวอย่างได้ถูกต้อง 11 คนซึ่งน้อยกว่า 13 คน ดังนั้น การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 4 นาทีมีลักษณะไม่แตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Triangle test ระหว่างมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเวลา 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 5 นาที มีผู้ทดสอบสามารถจับคู่ตัวอย่างได้ถูกต้อง 10 คนซึ่งน้อยกว่า 13 คน ดังนั้น การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 5 นาทีมีลักษณะไม่แตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% เป็นเวลา 4 นาทีและ 5 นาทีมีลักษณะไม่แตกต่างจากมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 7 นาทีทั้ง 2 เวลา แต่การทอดเป็นเวลา 4 นาทีใช้เวลาน้อยกว่า ทำให้ประหยัดเวลาและพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนคำตอบของผู้ทดสอบทั้ง 25 คน โดยทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% นาน 4 นาที และทดสอบมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้านาน 7 นาทีกับมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% นาน 5 นาที

เวลาที่ใช้ทอด	ตอบถูก	ตอบผิด
4 นาที	11	14
5 นาที	10	15

นั่นคือการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100 % ควรใช้เวลาในการทอด 2 นาที, ระดับพลังงาน 50 % ควรใช้เวลาในการทอด 3 นาที และระดับพลังงาน 30 % ควรใช้เวลาในการทอด 4 นาที

4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและสีของน้ำมันปาล์ม

การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้ามีการให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 8 นาที เมื่อรวมเวลาที่ใช้ทอดมันฝรั่งแท่งอีก 7 นาที ดังนั้นเวลารวมในการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าในการทอดครั้งแรกจึงเท่ากับ 15 นาที เมื่อทอดครั้งที่ 2 จะต้องอให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มเดิมจนมีอุณหภูมิถึง 150 องศาเซลเซียสอีกครั้ง ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 5 นาทีและทำการทอดอีก 7 นาทีรวม 12 นาที การทอดครั้งที่ 3 ถึง ครั้งที่ 10 จะทำเช่นเดียวกับครั้งที่ 2 ดังนั้การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าจำนวน 10 ครั้งใช้เวลารวมเท่ากับ 123 นาที

การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟ ที่ระดับพลังงาน 100% จะมีการให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% จนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสซึ่งใช้เวลาประมาณ 5 นาที ก่อน เมื่อรวมเวลาที่ใช้ทอดอีก 2 นาที ดังนั้นเวลารวมที่ใช้ทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100 % จึงเท่ากับ 7 นาที เมื่อจะทอดครั้งที่ 2 จะต้องให้ความร้อนแก่น้ำมันปาล์มเดิมด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100 % จนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสอีกครั้ง ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1.5 นาที และทำการทอดอีก 2 นาทีรวม 3.30 นาที การทอดครั้งที่ 3 ถึงครั้งที่ 10 จะทำเช่นเดียวกับครั้งที่ 2 ดังนั้นการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟจำนวน 10 ครั้งใช้เวลารวมเท่ากับ 38.30 นาที

การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% มีขั้นตอนการปฏิบัติเช่นเดียวกับการทอดด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เพียงเปลี่ยนระยะเวลาในการทอดเป็นครั้งละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

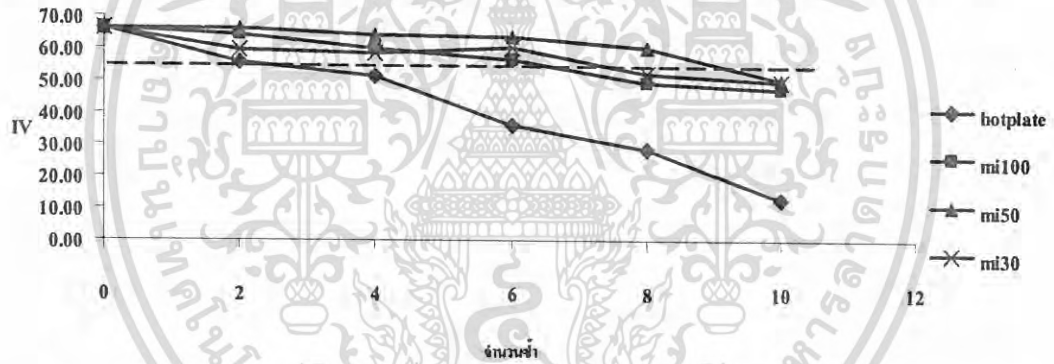
3 นาที ดังนั้นการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% ใช้เวลารวมเท่ากับ 48.30 นาที

ส่วนการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30 % มีขั้นตอนการปฏิบัติเช่นเดียวกับการทอดด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เพียงเปลี่ยนระยะเวลาในการทอดเป็นครั้งละ 4 นาที ดังนั้นการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% ใช้เวลารวมเท่ากับ 58.30 นาที

เมื่อกระบวนการทอดเสร็จสิ้นจะนำน้ำมันปาล์มที่ได้จากการทอดซ้ำครั้งที่ 2, ครั้งที่ 4,..., ครั้งที่ 10 ไปวิเคราะห์หาค่า Iodine Value, Peroxide Value, Acid Value และค่าการดูดกลืนแสง เปรียบเทียบระหว่างกาทอดมันฝรั่แท่งด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%

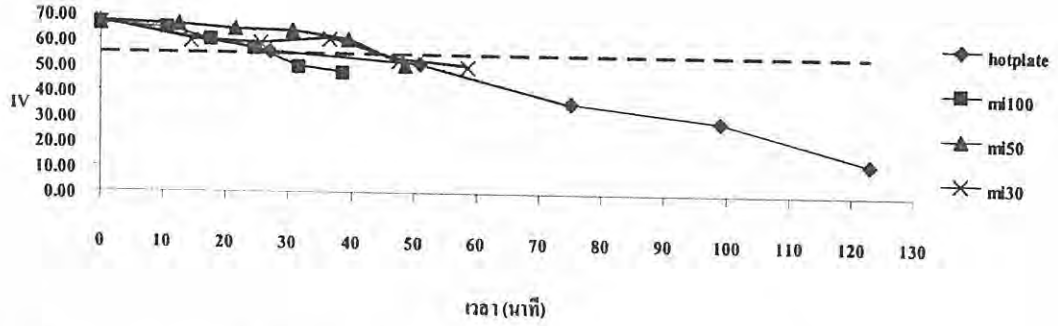
4.3.1 Iodine Value : IV

Iodine Value เป็นค่าที่แสดงถึงระดับความอิ่มตัวของน้ำมัน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288-2535) น้ำมันปาล์มควรมีค่า IV 55 – 60



ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Iodine Value กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



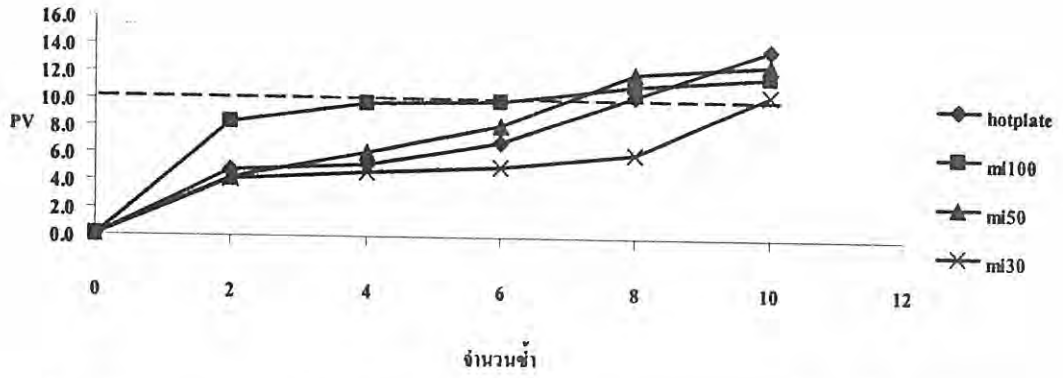
ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Iodine Value กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ 30%

การใช้น้ำมันทอดซ้ำทั้งการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% จะทำให้น้ำมันมีความอิ่มตัวมากขึ้น เห็นได้จากค่า Iodine Value มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้น้ำมันปาล์มในการทอดซ้ำเป็นจำนวนมากขึ้น โดยการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า IV ลงลงจาก 66.1860 เหลือ 12.8233 โดยค่า IV ลดลงน้อยกว่า 55 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำเพียง 2 ครั้งหรือเท่ากับ 27 นาที ในขณะที่การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าลดลงจาก 66.1860 เหลือ 47.4125 โดยค่า IV ลดลงน้อยกว่า 55 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำ 6 ครั้ง หรือเท่ากับ 24.30 นาที สำหรับการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าลดลงจาก 66.1860 เหลือ 50.3350 โดยค่า IV ลดลงน้อยกว่า 55 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำถึง 9 ครั้ง หรือเท่ากับ 43 นาที ส่วนการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าลดลงจาก 66.1860 เหลือ 49.8776 โดยค่า IV ลดลงน้อยกว่า 55 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำ 7 ครั้ง หรือเท่ากับ 43 นาที เนื่องจากการทอดด้วยเตาไฟฟ้าในแต่ละครั้งใช้เวลานานกว่าการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% ทั้งการให้ความร้อนแก่น้ำมันและการทอดมันฝรั่งแท่ง จึงทำให้น้ำมันเกิดการอิ่มตัวมากกว่า

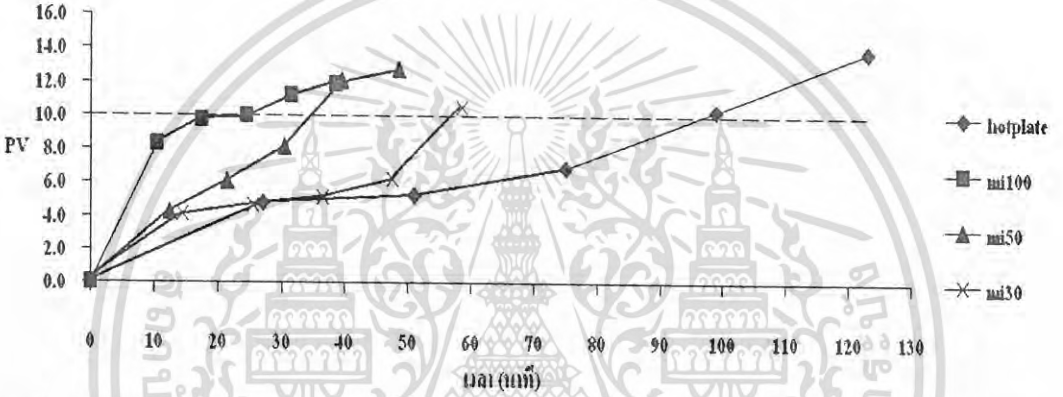
4.3.2 Peroxide Value : PV

Peroxide Value เป็นค่าที่แสดงถึงระดับความหืนของน้ำมัน หากมีค่า PV มาก หมายถึงน้ำมันมีการหืนมาก มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค (มอก. 288-2535) น้ำมันปาล์มควรมีค่า PV ไม่เกิน 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Peroxide Value กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%



ภาพที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Peroxide Value กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%

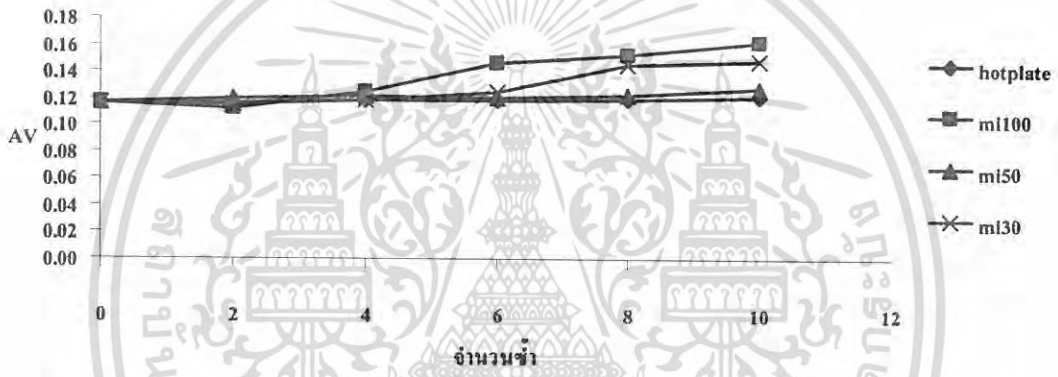
การใช้น้ำมันทอดซ้ำทั้งการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% จะทำให้น้ำมันมีการหืนมากขึ้น เห็นได้จากค่า Peroxide Value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันปาล์มในการทอดซ้ำเป็นจำนวนมากขึ้น ซึ่งการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า PV เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 13.8908 โดยค่า PV เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำได้ 7 ครั้งหรือประมาณ 96 นาที ในขณะที่การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% ค่า PV เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 11.8890 โดยค่า PV เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำได้ 6 ครั้ง หรือประมาณ 25 นาที สำหรับการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% ค่า PV เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 12.7729 โดยค่า PV เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำได้ 6 ครั้ง หรือประมาณ 34 นาที ส่วนการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% ค่า PV เพิ่มขึ้นจาก 0 เป็น 10.5547 โดยค่า PV เพิ่มขึ้นมากกว่า 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

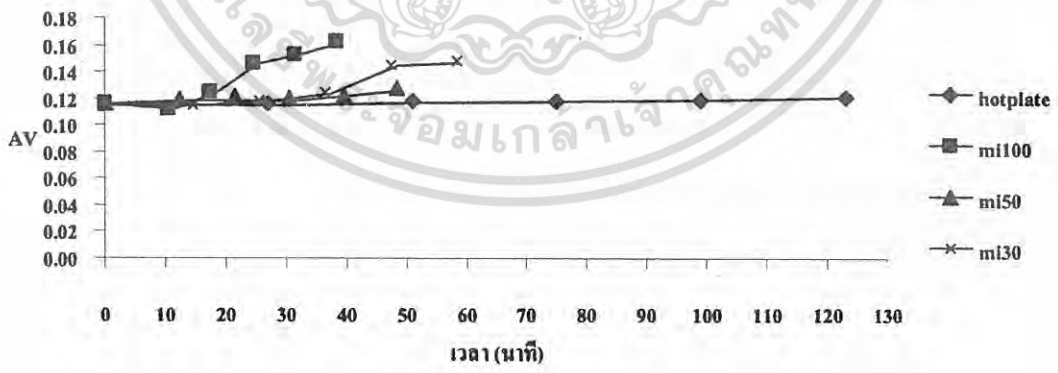
ภายในการใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำได้ 9 ครั้ง หรือประมาณ 57 นาที เนื่องจากการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100% และ 50% มีสภาวะการให้ความร้อนที่รุนแรงการทอดด้วยเตาไฟฟ้า จึงทำให้มีจำนวนการทอดซ้ำน้อยกว่า ส่วนการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% มีจำนวนการทอดซ้ำได้มากกว่าเตาไฟฟ้าเนื่องจากใช้เวลาในการทอดน้อยกว่าและอาจเกิดจากความไม่เสถียรของ Peroxide ที่เปลี่ยนไปเป็นสารมาลอนอัลดีไฮด์ (Malonaldehyde) จึงทำให้วัดปริมาณ Peroxide ที่เกิดขึ้นได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น

4.3.3 Acid Value : AV

Acid Value เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณกรดไขมันอิสระในน้ำมัน มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค(มอก. 288-2535) น้ำมันปาล์มควรมีค่า AV ไม่เกิน 0.6



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Acid Value กับ จำนวนการทอดซ้ำเปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%



ภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Acid Value กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%

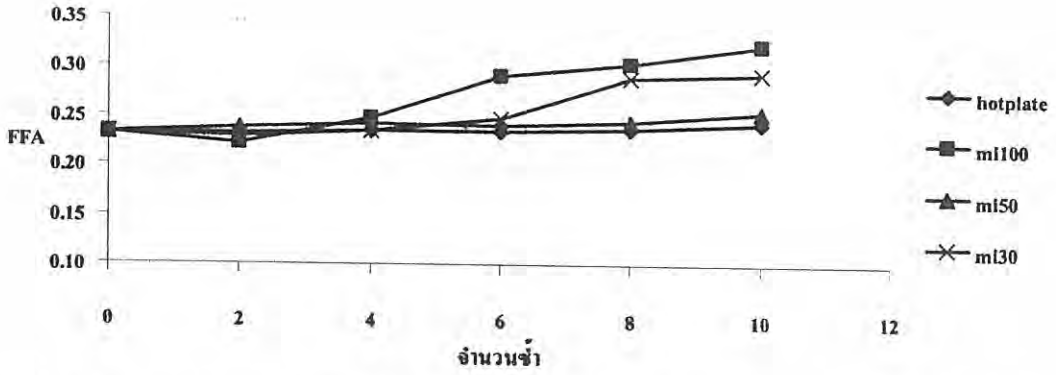
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำมันทอดซ้ำทั้งการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% จะทำให้น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้น เห็นได้จากค่า Acid Value มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใช้น้ำมันปาล์มในการทอดซ้ำเป็นจำนวนมากขึ้น โดยการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า AV เพิ่มขึ้นจาก 0.1165 เป็น 0.1222 การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า AV เพิ่มขึ้นจาก 0.1165 เป็น 0.1624 สำหรับการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า AV เพิ่มขึ้นจาก 0.1165 เป็น 0.1282 และการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า AV เพิ่มขึ้นจาก 0.1165 เป็น 0.1484 ดังนั้นการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% จึงสามารถใช้น้ำมันปาล์มทอดซ้ำได้มากกว่า 10 ครั้ง จะเห็นได้ว่าการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ30% มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้า แสดงว่าการให้ความร้อนกับน้ำมันปาล์มด้วยเตาไมโครเวฟมีผลต่อการสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นกลีเซอรอลกับกรดไขมันอิสระมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้า โดยการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระมากที่สุด เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีระดับความแรงของพลังงานมากที่สุด ส่วนการทอดด้วยเตาไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด

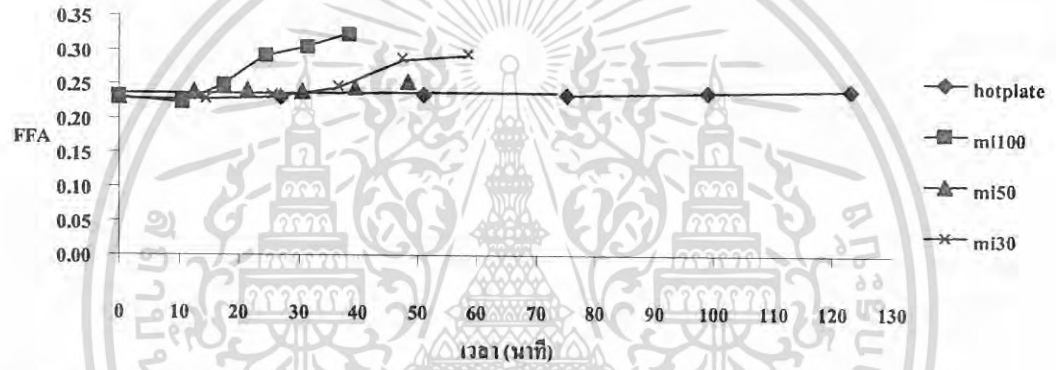
4.3.4 กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid : FFA)

ในน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันอิสระชนิดโอเลอิกมากที่สุด ดังนั้นเราจึงถือว่าปริมาณของกรดทั้งหมดที่วัดได้เป็นปริมาณของกรดโอเลอิก สามารถเปลี่ยนค่าความเป็นกรดจากข้อ 4.3.3 เป็นปริมาณกรดโอเลอิกได้โดยการคูณค่าแฟกเตอร์ 1.99 กับค่าความเป็นกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันอิสระ กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ30%



ภาพที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดไขมันอิสระ กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30%

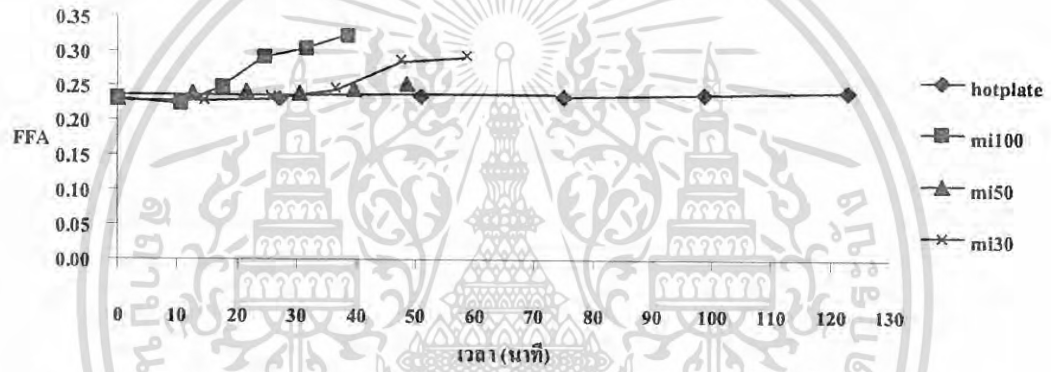
การใช้น้ำมันทอดซ้ำทั้งการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% จะทำให้น้ำมันมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้นเมื่อใช้น้ำมันปาล์มในการทอดซ้ำเป็นจำนวนมากขึ้น โดยการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า FFA เพิ่มขึ้นจาก 0.218 เป็น 0.2433 การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า FFA เพิ่มขึ้นจาก 0.218 เป็น 0.3231 สำหรับการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า FFA เพิ่มขึ้นจาก 0.218 เป็น 0.2551 และการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่า FFA เพิ่มขึ้นจาก 0.218 เป็น 0.2952 จะเห็นได้ว่าการทอดด้วยเตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

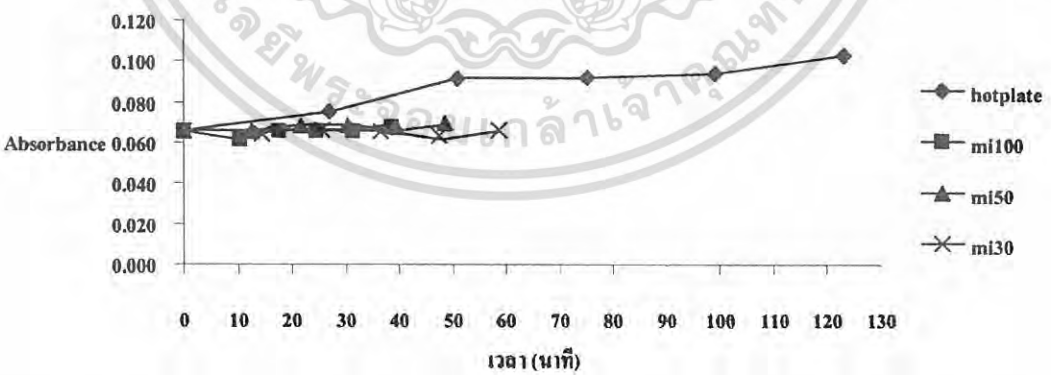
ไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ30% มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้า แสดงว่าการให้ความร้อนกับน้ำมันปาล์มด้วยเตาไมโครเวฟมีผลต่อการสลายตัวของไตรกลีเซอไรด์ไปเป็นกลีเซอรอลกับกรดไขมันอิสระมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้า โดยการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระมากที่สุด เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีระดับความแรงของพลังงานมากที่สุด ส่วนการทอดด้วยเตาไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระน้อยที่สุด

4.3.5 สี

ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณการดูดซับแสง น้ำมันปาล์มที่มีสีเข้มจะมีค่าการดูดกลืนแสงมาก ซึ่งน้ำมันปาล์มโอเลอีนที่ใช้มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตรเป็น 0.066



ภาพที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสงกับจำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ30%



ภาพที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสง กับ เวลาการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบสีของน้ำมันปาล์มก่อนทอดกับสีของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอด ด้วยเตาไฟฟ้า, เตาไมโครเวฟระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% เป็นจำนวน 2 ซ้ำ, 4 ซ้ำ, 6 ซ้ำ, 8 ซ้ำ และ 10 ซ้ำ

การใช้น้ำมันทอดซ้ำทั้งการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ 30% จะทำให้น้ำมันมีค่าการดูดกลืนแสงมากขึ้น โดยการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นจาก 0.066 เป็น 0.104 การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าการดูดกลืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

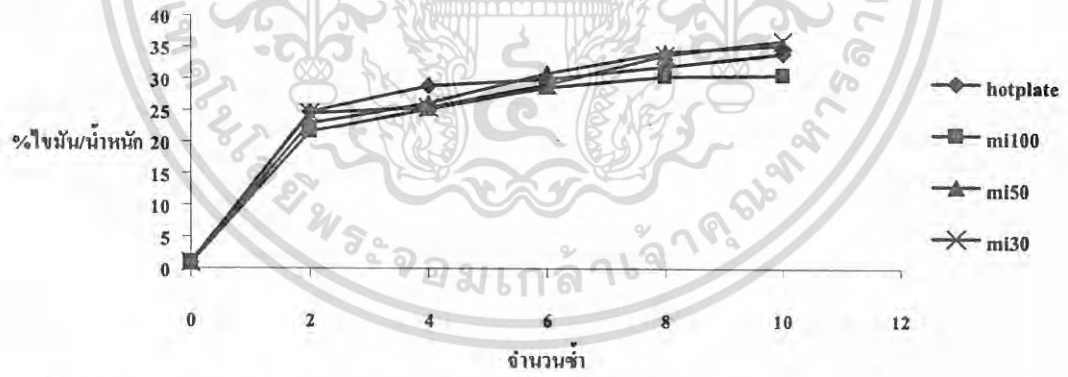
แสงเพิ่มขึ้นจาก 0.066 เป็น 0.068 ส่วนการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นจาก 0.066 เป็น 0.070 และการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ค่าการดูดกลืนแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะเห็นได้ว่าการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% ตลอดการทอดทั้ง 10 ครั้ง มีสีของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่สีของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอดการทอดด้วยเตาไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงของสีที่ชัดเจนกว่าการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% ซึ่งเป็นผลจากการทอดที่ใช้เวลานานกว่า

4.4 วิเคราะห์คุณสมบัติของมันฝรั่งแท่ง

4.4.1 สี

เมื่อวัดสีของมันฝรั่งแท่งทอดที่ได้จากการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ 30% ด้วยระบบมันเซลล์ พบว่าสีของมันฝรั่งแท่งที่ทอดด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง มีการเปลี่ยนแปลงจาก 5Y 8/2 เป็น 5Y 8/6 ส่วนการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง มีค่าสีที่ไม่แตกต่างกัน โดยเปลี่ยนจาก 5Y 8/2 เป็น 5Y 8/4

4.4.2 การอมน้ำมัน



ภาพที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการอมน้ำมัน กับ จำนวนการทอดซ้ำ เปรียบเทียบระหว่างการทอดด้วยเตาไฟฟ้ากับการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน100%, 50% และ 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้น้ำมันทอดซ้ำทั้งการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% เมื่อใช้น้ำมันปาล์มในการทอดซ้ำเป็นจำนวนมากขึ้นจะทำให้มีการดูดซับปริมาณน้ำมันของมันฝรั่งแท่งเพิ่มมากขึ้น โดยการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าโดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ เพิ่มขึ้นจาก 1.02 % โดยน้ำหนัก เป็น 33.9959% โดยน้ำหนัก การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ เพิ่มขึ้นจาก 1.02 % โดยน้ำหนัก เป็น 30.6423 % โดยน้ำหนัก สำหรับการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ เพิ่มขึ้นจาก 1.02 % โดยน้ำหนัก เป็น 35.4395 % โดยน้ำหนัก และการทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมเป็นจำนวน 10 ครั้ง ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับ เพิ่มขึ้นจาก 1.02 % โดยน้ำหนัก เป็น 36.2341 % โดยน้ำหนัก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การทอดด้วยเตาไฟฟ้า ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้องจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 8 นาที ใช้เวลาในการทอดมันฝรั่งแท่งจำนวน 30 กรัมจนมีลักษณะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค 7 นาที และ ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันหลังการทอดจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสอีกครั้ง 5 นาที ดังนั้นตลอดการทอดซ้ำ 10 ครั้งจึงใช้เวลารวม 123 นาที น้ำมันปาล์มภายหลังการทอดด้วยเตาไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (มอก. 288-2535) โดยใช้ค่า Iodine Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ 2 ครั้ง หรือเท่ากับ 27 นาที เมื่อใช้ค่า Peroxide Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 7 ครั้ง หรือประมาณ 96 นาที เมื่อใช้ค่า Acid Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้มากกว่า 10 ครั้ง หรือเท่ากับ 123 นาที สีของน้ำมันปาล์มภายหลังการทอดด้วยเตาไฟฟ้าจะมีสีเข้มขึ้นตามจำนวนการทอดซ้ำ นอกจากนี้สีของมันฝรั่งแท่งยังมีสีเข้มขึ้นเช่นเดียวกัน และมีการอมน้ำมันมากขึ้นตามจำนวนการทอดซ้ำ คือ 24.7866%, 28.8215%, 29.9083%, 31.9623% และ 33.9959% โดยน้ำหนักในการทอดซ้ำครั้งที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับ

การทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้องด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% จนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 5 นาที และใช้เวลาในการทอดครั้งละ 2 นาที และ ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% หลังการทอดจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสอีกครั้ง 1.30 นาที ดังนั้นตลอดการทอดซ้ำ 10 ครั้งจึงใช้เวลารวม 38.5 นาที น้ำมันปาล์มภายหลังการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (มอก. 288-2535) โดยใช้ค่า Iodine Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 6 ครั้ง หรือเท่ากับ 27 นาที เมื่อใช้ค่า Peroxide Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 6 ครั้ง หรือประมาณ 24 นาที เมื่อใช้ค่า Acid Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้มากกว่า 10 ครั้ง หรือเท่ากับ 38.5 นาที สีของน้ำมันปาล์มและมันฝรั่งแท่งภายหลังการทอดด้วยเตาไมโครเวฟมีการเปลี่ยนแปลงน้อย มันฝรั่งแท่งมีการอมน้ำมันมากขึ้นตามจำนวนการทอดซ้ำ คือ 21.6320%, 25.1483%, 28.6784%, 30.4408% และ 30.6423% โดยน้ำหนักในการทอดซ้ำครั้งที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับซึ่งน้อยกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 50% ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้องด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% จนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 5 นาที ใช้เวลาในการทอดครั้งละ 3 นาที และ ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% หลังการทอดจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสอีกครั้ง 1.30 นาที ดังนั้นตลอดการทอดซ้ำ 10 ครั้งจึงใช้เวลารวม 48.5 นาที น้ำมันปาล์มภายหลังการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (มอก. 288-2535) โดยใช้ค่า Iodine Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 9 ครั้ง หรือเท่ากับ 45 นาที เมื่อใช้ค่า Peroxide Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 6 ครั้ง หรือประมาณ 33 นาที เมื่อใช้ค่า Acid Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้มากกว่า 10 ครั้ง หรือเท่ากับ 48.5 นาที สีของน้ำมันปาล์มและมันฝรั่งแท่งภายหลังการทอดด้วยเตาไมโครเวฟมีการเปลี่ยนแปลงน้อย มันฝรั่งแท่งมีการอมน้ำมันมากขึ้นตามจำนวนการทอดซ้ำ คือ 23.0391%, 26.2157%, 30.8005%, 34.4201% และ 35.4395% โดยน้ำหนักในการทอดซ้ำครั้งที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับซึ่งมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%

การทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 30% ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิห้องด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% จนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส 5 นาที ใช้เวลาในการทอดครั้งละ 4 นาที และ ใช้เวลาในการให้ความร้อนน้ำมันด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% หลังการทอดจนมีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสอีกครั้ง 1.30 นาที ดังนั้นตลอดการทอดซ้ำ 10 ครั้งจึงใช้เวลารวม 58.5 นาที น้ำมันปาล์มภายหลังการทอดด้วยเตาไมโครเวฟ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (มอก. 288-2535) โดยใช้ค่า Iodine Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 7 ครั้ง หรือประมาณ 42 นาที เมื่อใช้ค่า Peroxide Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 9 ครั้ง หรือประมาณ 57 นาที เมื่อใช้ค่า Acid Value พิจารณาสามารถทอดซ้ำได้มากกว่า 10 ครั้ง หรือเท่ากับ 58.5 นาที สีของน้ำมันปาล์มและมันฝรั่งแท่งภายหลังการทอดด้วยเตาไมโครเวฟมีการเปลี่ยนแปลงน้อย มันฝรั่งแท่งมีการอมน้ำมันมากขึ้นตามจำนวนการทอดซ้ำ คือ 24.4513%, 25.4745%, 29.1200%, 33.8557% และ 36.2341% โดยน้ำหนักในการทอดซ้ำครั้งที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 ตามลำดับซึ่งมากกว่าการทอดด้วยเตาไฟฟ้าและการทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% และ 50%

การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100% เป็นวิธีที่ใช้เวลาน้อยที่สุด มีการอมน้ำมันของมันฝรั่งแท่งน้อย สีของน้ำมันเมื่อใช้ทอดซ้ำๆ ซึ่งอาจมีผลต่อสีของอาหาร มีการเปลี่ยนแปลงน้อย เมื่อใช้มาตรฐานของค่า Iodine Value, Peroxide Value และ Acid Value เป็นเกณฑ์วัดจำนวนครั้งของการทอดซ้ำพบว่าสามารถทอดซ้ำได้ไม่เกิน 6 ครั้ง, ไม่เกิน 6 ครั้ง และ มากกว่า 10 ครั้ง ตามลำดับ นั่นคือสามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ไม่เกิน 6 ครั้ง ซึ่งนับว่าเป็นการใช้น้ำมันได้คุ้มค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การทอดมันฝรั่งแท่งด้วยเตาไฟฟ้าและเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงานต่างๆ โดยใช้น้ำมันปาล์มเดิมทอดเป็นจำนวน 10 ซ้ำ จะเห็นได้ว่าใช้เวลารวมไม่เท่ากัน คือ การทอดด้วยเตาไฟฟ้าซึ่งใช้เป็นสภาวะการทอดเปรียบเทียบใช้เวลารวม 123 นาที การทอดด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 100%, 50% และ 30% ใช้เวลารวมเพียง 38.5 นาที, 48.5 นาทีและ 58.5 นาที ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากไมโครเวฟ SHARP รุ่น perfection R-988P มีการปรับระดับพลังงานไมโครเวฟแบบไม่ต่อเนื่อง คือ สามารถแบ่งเป็นเพียงค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น เช่น 100%, 50% และ 30% ไม่สามารถแบ่งย่อยได้ เช่น 33.5% ดังนั้นเวลาที่ใช้ทอดจึงไม่สามารถควบคุมให้เท่ากับการทอดด้วยเตาไฟฟ้าได้ ดังนั้นหากเป็นไปได้อาจเลือกใช้เตาไมโครเวฟที่สามารปรับระดับพลังงานแบบต่อเนื่องตามต้องการ โดยทอดด้วยระดับพลังงานนั้นเป็นเวลา 7 นาทีเพื่อสะดวกต่อการเปรียบเทียบและประมวลผล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. **วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.** โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

นิรนาม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; **http://www.nfi.or.th/filefoodlaw/pdffile/TH_น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค.pdf**

นิรนาม. น้ำมันปาล์ม [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; **http://www.doa.go.th/public/plibai/plibai_46/january%2046/palm.html**

นิรนาม. Microwave [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; **http://www. starbrood.free.fr/ principe.htm**

นิรนาม. Chemical and Nutritional Properties of Olive Oil [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; **http://www.oliveoilsource.com/ olivechemistry.htm**

นิรนาม. pH water [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; **http://www.wiley.com/.../ reviews/pH/ph_water.htm**

รุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล. 2548. **ลักษณะเฉพาะและคุณภาพในการอบแห้งแครอทด้วยกระบวนการไมโครเวฟแบบสองขั้นตอน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 5-9.

ศารกิจ โรจน์วัฒนเมธี. 2547. **การประยุกต์ใช้ไมโครเวฟในการฉวกและการอบแห้งแครอท.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 2-5.

ABRAHAM, G. and HRON, R.J. 1992. Oilseeds and Their Oils. **In Encyclopedia of Food Science and Technology.** (HUI, Y.H. ed.) John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 1901-1910

AOAC 2000. Official Methods of Analysis, 14th edn., **Association of Official Analytical Chemists**, Washington, DC

DeMan, J.M. 1992. Fats and Oils: **Chemistry, Physics, and Applications. In Encyclopedia of Food Science and Technology.** (HUI, Y.H. ed.) Vol. 2, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 818-828

Drouzas, A. E., and Schubert. H. 1996. Microwave application in vacuum drying of fruits. **Journal of Food Engineering**, 28, 203-209.

Funebo, T., and Ohlsson, T. 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. **Journal of Food Engineering**, 38, 353-356.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kostaropoulo,. A. E., & Saravacos, G. D. (1995). Microwave pretreatment for sun-dried raisins. **Journal of Food Science**, 60, 344-347.

Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. **Journal of Food Engineering**, 448, 71-78.

Oztop et al., 2006, M. H. Oztop, S. Sahin and G. Sumun. Optimization of microwave frying of potato slices by using Taguchi technique. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก; **http://www.sciencedirect.com/**

TRIEBOLD, H.O. and AURAND, L.W. 1967. **Food Composition and Analysis**. 2nd ed., pp. 95-189

Wang, J., and Chao, Y. 2002. Drying characteristics of Irradiated apple slices. **Journal of Food Engineering**, 52, 83-88.

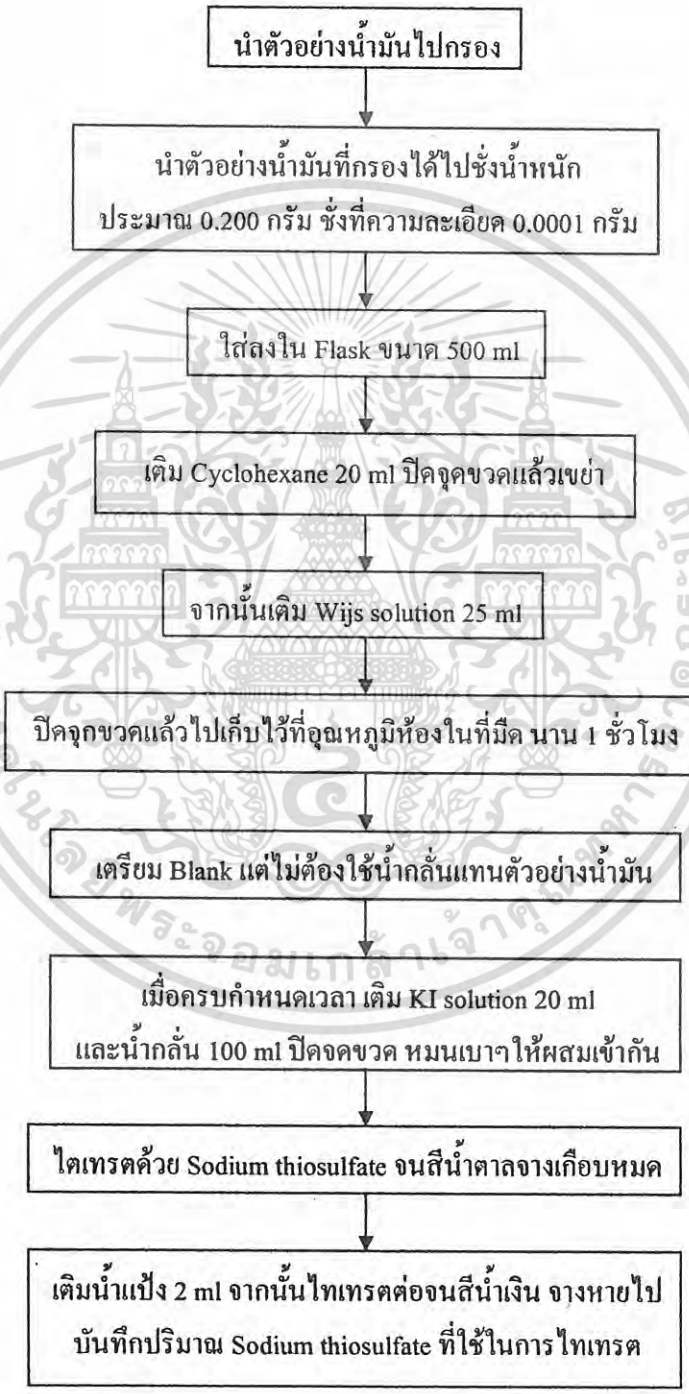
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

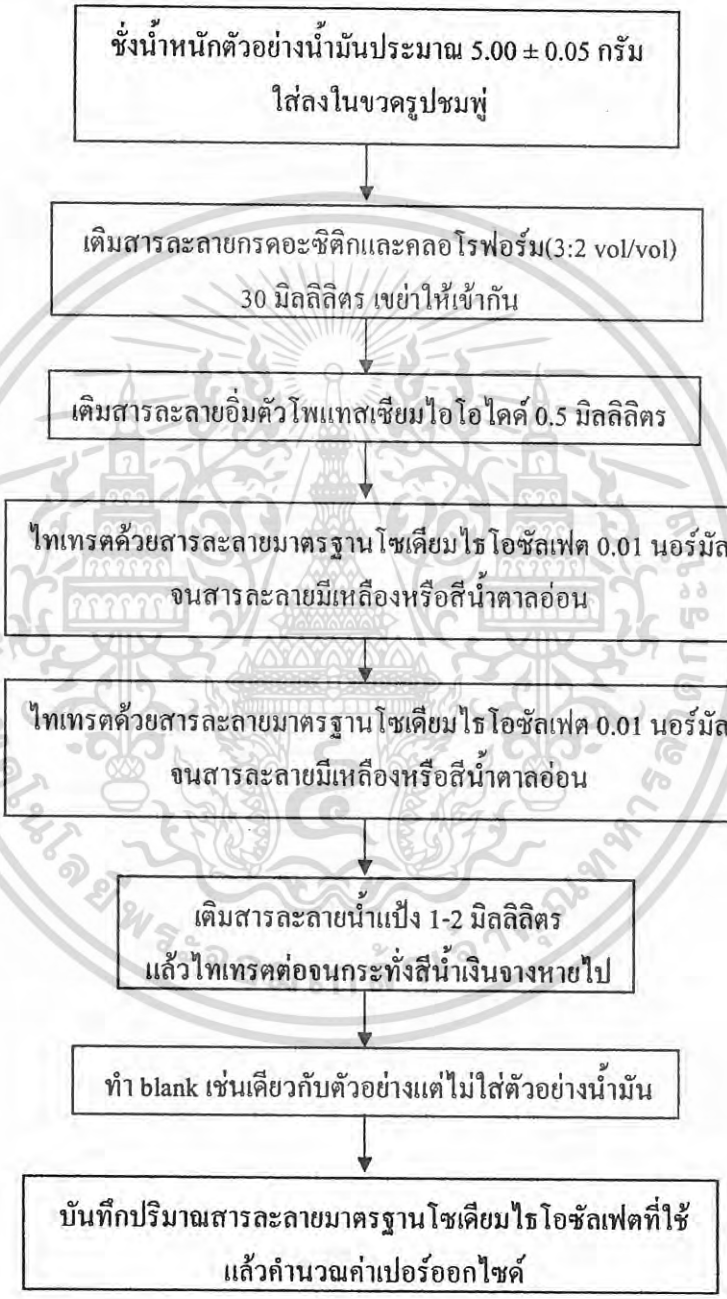
ขั้นตอนการวิเคราะห์ Iodine Value (AOAC 993.20)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

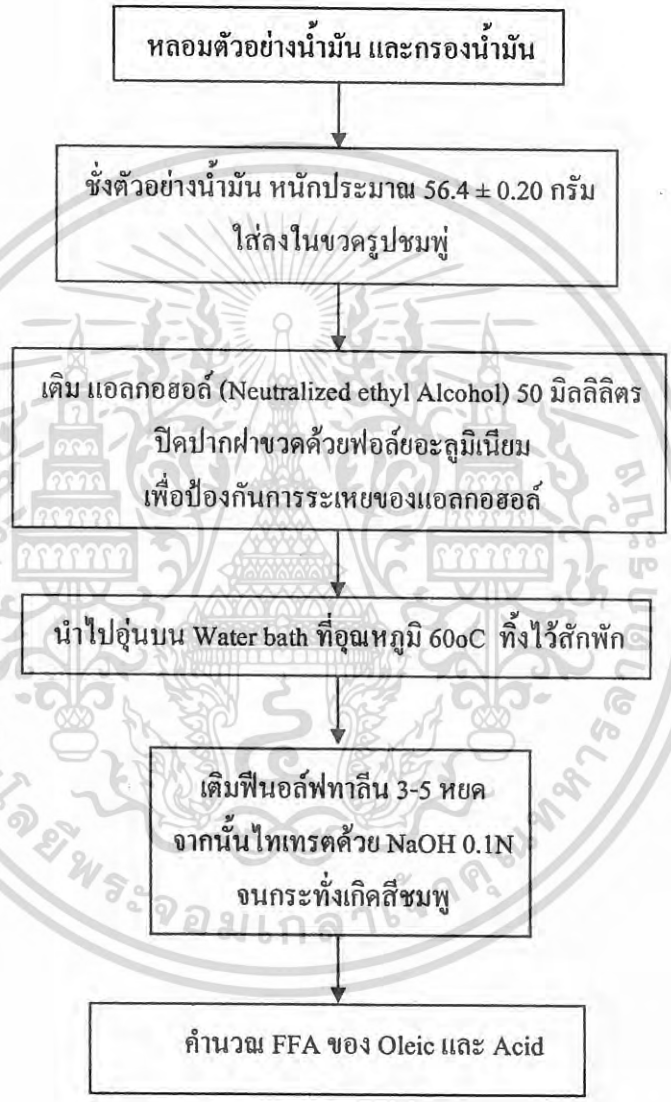
ขั้นตอนการวิเคราะห์ Peroxide Value (AOAC 965.33)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

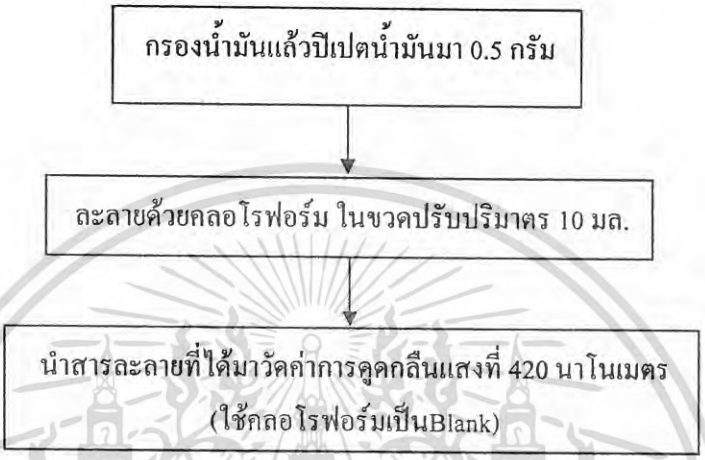
ขั้นตอนการวิเคราะห์ Acid Value (Free Fatty Acids) (AOAC 940.28)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

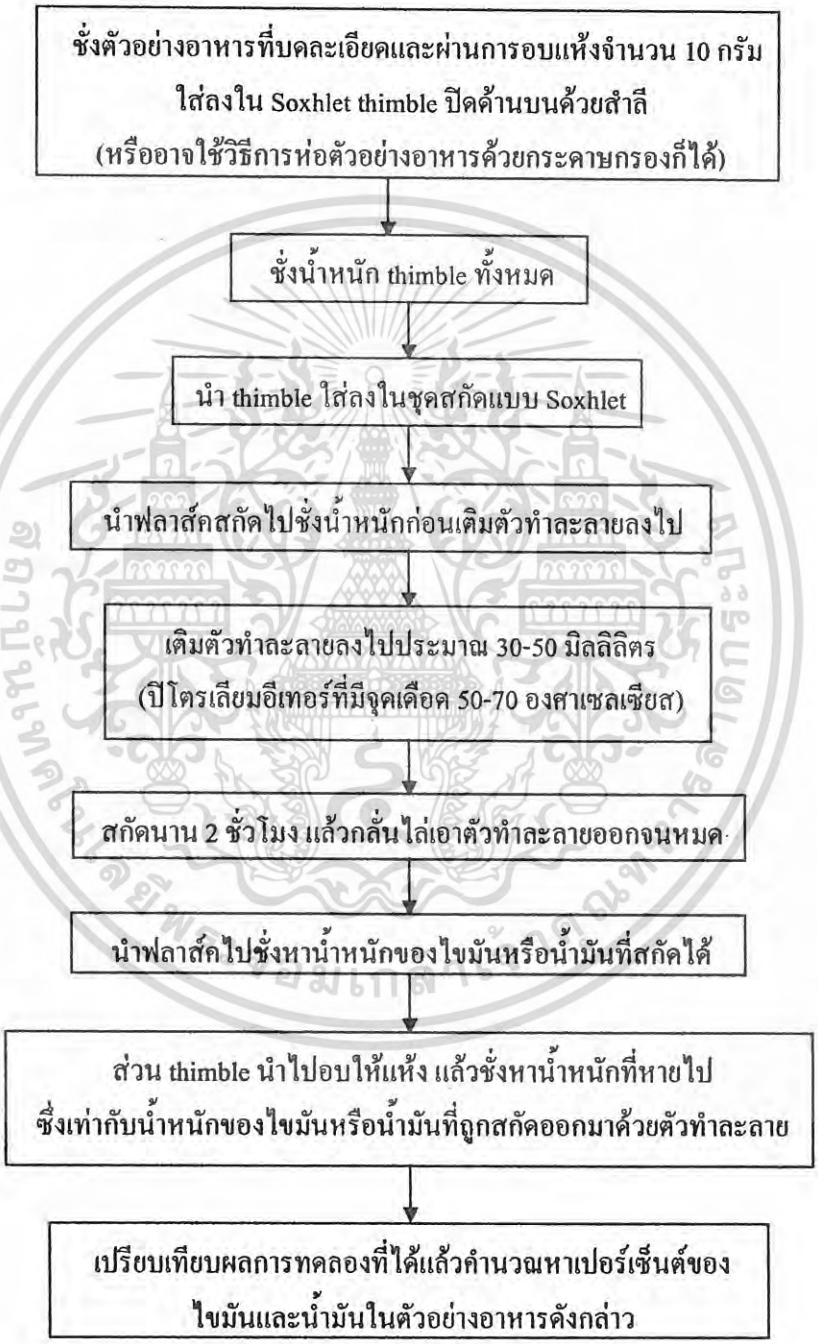
ขั้นตอนการวิเคราะห์สีของน้ำมันโดยวิธี Spectrophotometry



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโดยใช้ Soxhlet



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ.

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสมันฝรั่งแท่งทอด

แบบ Hedonic scale

ชุดที่.....วันที่ .....

ผู้ทำการทดสอบ.....

ข้อปฏิบัติในการทดลอง

1. ดูลักษณะปรากฏของมันฝรั่งแท่งทอด แล้วดมกลิ่น
2. ชิม และประเมินผล

ก่อนชิม

<u>สี</u>

ความเข้มสี

อ่อนมาก อ่อน ปานกลาง เข้ม เข้มมาก

ความชอบความเข้มสี

ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ชอบ ชอบมาก

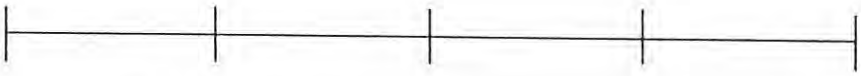
<u>กลิ่น</u>

ความแรงของกลิ่น

อ่อนมาก อ่อน ปานกลาง แรง แรงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชอบของกลิ่น



ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ชอบ ชอบมาก

หลังชิม

<u>รส</u>

ความเข้มของรส

อ่อนมาก อ่อน ปานกลาง จัด จัดมาก

ความชอบรส

ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ชอบ ชอบมาก

<u>เนื้อสัมผัส</u>

ลักษณะเนื้อสัมผัส

นิ่มมาก นิ่ม กรอบพอดี แข็ง แข็งมาก

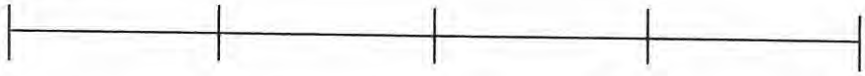
ความชอบเนื้อสัมผัส

ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ชอบ ชอบมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

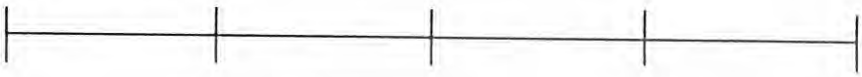
<u>การอมน้ำมัน</u>

การอมน้ำมัน



ไม่อมเลย อมเล็กน้อย ปานกลาง อมน้ำมัน อมน้ำมันมาก

ความชอบการอมน้ำมัน



ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ชอบ ชอบมาก

<u>ความชอบโดยรวม</u>

ไม่ชอบ ไม่ค่อยชอบ เฉยๆ ชอบ ชอบมาก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช.

วิธีทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Triangle Test

1. เลือกผู้ทดสอบ 25 คน และแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มที่ต้องการทดสอบ
2. ทำ Master Sheet และจัดวางตัวอย่างตาม Master Sheet
3. ให้ผู้ชิมทำการทดสอบ บนทึกและแปรผลตาม Master Sheet
4. เปรียบเทียบกับตารางมาตรฐาน (Significance in triangle Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

แบบสอบถามสำหรับการทดสอบแบบ Triangle Test

ชื่อ..... วันที่.....

1. ชิมตัวอย่างเปรียบเทียบทั้งสามชนิดด้านรสชาติ สีและกลิ่น ระหว่างชิมให้บ้วนปากระหว่างตัวอย่าง
2. ทำเครื่องหมาย ล้อมรอบหมายเลขที่แตกต่างจากกกลุ่ม

624 801 199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Master Sheet

ชื่อผลิตภัณฑ์ มันฝรั่งแท่งทอด

วันที่_____

ผู้ชิมคนที่ (1-20)

Master Sheet

Judge Number	Order	Sample code and Order of serving A	B	C
1	2 1 3 (BAC)	840	878	879
2	1 2 3 (ABC)	876	724	794
3	3 2 1 (CBA)	296	896	893
4	3 1 2 (CAB)	870	499	959
5	1 2 3 (ABC)	443	701	562
6	1 3 2 (ACB)	716	310	663
7	2 3 1 (BCA)	535	296	909
8	3 2 1 (CBA)	370	956	751
9	1 2 3 (ABC)	768	312	295
10	3 1 2 (CAB)	599	975	404
11	3 1 2 (CAB)	219	044	697
12	1 3 2 (ACB)	697	340	580
13	1 3 2 (ACB)	617	893	843
14	1 2 3 (ABC)	840	515	063
15	2 3 1 (BCA)	666	208	669
16	3 2 1 (CBA)	432	073	612
17	3 1 2 (CAB)	381	231	754
18	2 1 3 (BAC)	320	784	353
19	3 1 2 (CAB)	670	359	727
20	3 2 1 (CBA)	114	690	202
Total correct				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค
(มอก. 288-2535)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชนิด คุณลักษณะที่ต้องการ วัตถุเจือปนอาหาร สารปนเปื้อน สุขลักษณะ การบรรจุ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบน้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "น้ำมันปาล์ม" หมายถึง น้ำมันที่ได้จากเนื้อ (mesocarp) ของผลปาล์มน้ำมันที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า เอแลอิส กินเนเอนซิส (Elaeis guineensis) ใช้เพื่อการบริโภค และในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์อาหาร

2.2 น้ำมันปาล์มธรรมชาติ (virgin palm oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ได้จากวิธีทางกล ความร้อน หรือวิธีทางกลร่วมกับความร้อน อาจทำให้สะอาดขึ้นโดยการล้างด้วยน้ำ ตั้งให้ตกตะกอน กรองและหมุนเหวี่ยง (centrifuge) เท่านั้น

2.3 น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี (refined palm oil or non-virgin palm oil) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีกำจัดกรดไขมันอิสระ ฟอกสี และกำจัดกลิ่น

2.4 น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี (refined palm olein) หมายถึง น้ำมันปาล์มที่ผ่านกรรมวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.3 และแยกไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงออก มีจุดขุ่น (cloud point) ไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส

3. ประเภทและชนิด

3.1 น้ำมันปาล์มแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.1.1 น้ำมันปาล์มธรรมชาติ

3.1.2 น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี

3.1.3 น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

3.1.3.1 ชนิดที่ 1

3.1.3.2 ชนิดที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คุณลักษณะที่ต้องการ

4.1 ลักษณะทั่วไป

4.1.1 สี

มีสีตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มแต่ละประเภท

4.1.2 กลิ่นและรส

มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะของน้ำมันปาล์มแต่ละประเภท และต้องไม่มีกลิ่นหืน การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

4.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

4.3 องค์ประกอบของกรดไขมัน

ให้เป็นไปตามตารางที่ 2

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม IUPAC (1979) ข้อ 2.301 และข้อ 2.302

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี (ข้อ 4.2)

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด				วิธีทดสอบ
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติ	น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี		
				ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ตาม
1	ความหนาแน่นสัมพันธ์ (relative density) ที่ 50 / 20 องศาเซลเซียส	0.891 ถึง 0.899				CAC/RM 9
2	ดัชนีหักเห (refractive index) ที่ n_D 50 องศาเซลเซียส	1.455 ถึง 1.456				IUPAC (1979) ข้อ 2.1(
3	จุดขุ่น องศาเซลเซียส	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่เกิน 5	ไม่เกิน 10	AOCS Cc 6-25
4	น้ำและสารที่ระเหยได้ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	0.2	0.2	0.2	0.2	IUPAC (1979) ข้อ 2.6(
5	สิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (insoluble impurities) ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0.05	0.05	0.05	0.05	IUPAC (1979) ข้อ 2.2(
6	ค่าไอโอดีน แบบวิจส์ (iodine value , Wijs)	50 ถึง 55	50 ถึง 55	ไม่น้อยกว่า 60	55 ถึง 60	IUPAC (1979) ข้อ 2.2(
7	ค่าสะพอนิฟิเคชัน (saponification value) มิลลิกรัมโพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม	190 ถึง 209	190 ถึง 209	190 ถึง 209	190 ถึง 209	IUPAC (1979) ข้อ 2.2(
8	สารที่สะพอนิฟายไม่ได้ (unsaponifiable matter) กรัมต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม ไม่เกิน	12	12	8	10	IUPAC (1979) ข้อ 2.4(
9	ค่าของกรด (acid value) มิลลิกรัมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ไม่เกิน	4	0.6	0.6	0.6	IUPAC (1979) ข้อ 2.2(
10	ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ ออกซิเจนต่อตัวอย่าง 1 กิโลกรัม					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ไม่เกิน	10	10	10	10	IUPAC (1979) ข้อ 2
11	สบู่ ร้อยละโดยน้ำหนัก ไม่เกิน	0	0.005	0.005	0.005	CAC/RM 13
12	บีตาแคโรทีน (beta carotene) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	500 ถึง 2000	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	AOAC (1984) ข้อ 43.008 ถึง 43.(

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของกรดไขมัน (ข้อ 4.3)

หน่วยเป็นร้อยละ

รายการที่	กรดไขมัน	เกณฑ์ที่กำหนด	
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติและน้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธี	น้ำมันปาล์มโอลีอีนผ่านกรรมวิธี
1	กรดลอริก (lauric acid)	ไม่เกิน 1.2	ไม่เกิน 1.2
2	กรดไมริสติก (myristic acid)	0.5 ถึง 5.9	0.5 ถึง 5.9
3	กรดพาล์มิติก (palmitic acid)	32 ถึง 59	32 ถึง 59
4	กรดพาล์มิโตลีอิก (palmitoleic acid)	น้อยกว่า 0.6	น้อยกว่า 0.6
5	กรดสเตียริก (stearic acid)	1.5 ถึง 8.0	1.5 ถึง 6
6	กรดโอลีอิก (oleic acid)	27 ถึง 52	35 ถึง 52
7	กรดไลโนลีอิก (linoleic acid)	5 ถึง 14	10 ถึง 16
8	กรดอราชิติก (arachidic acid)	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.5
9	กรดอราชิติก (arachidic acid)	ไม่เกิน 1.0	ไม่เกิน 1.0

5. วัตถุเจือปนอาหาร

อาจใช้วัตถุเจือปนอาหารได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดต่อไปนี้

5.1 สี

สีตามรายชื่อต่อไปนี้ยอมให้ใช้ได้ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อความมุ่งหมายที่จะปรับสีของผลิตภัณฑ์ประเภทนั้น ๆ ให้เหมือนธรรมชาติ หรือให้สม่ำเสมอ แต่ในการเติมสีจะต้องไม่ใช้เพื่อเป็นการหลอกลวง หรือทำให้ผู้บริโภคเข้าใจผิด โดยปิดบังส่วนเสียหรือความด้อยคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น หรือทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นดูเหมือนมีคุณค่ามากกว่าที่เป็นจริง

5.1.1 บีตา-แคโรทีน (beta-carotene)

5.1.2 อันนัตโต (annatto)

5.1.3 เคอร์คิวมิน (curcumin)

5.1.4 แคนทาแซนทีน (canthaxanthine)

5.1.5 บีตา-อะโป-8-แคโรทีนัล (beta-apo-8-carotenal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 เมทิลและเอทิลเอสเตอร์ของกรดบีตา-อะโป-8-แคโรทีโนอิก (methyl and ethyl ester of beta-apo-8-carotenoic acid)

5.2 สารกันหืน (antioxidant)

ถ้าใช้สารกันหืน ให้ใช้ตามที่กำหนดข้อใดข้อหนึ่งดังต่อไปนี้

5.2.1 โพรพิล ออกทิล และโดเดซิลแกลเลต (propyl , octyl and dodecyl gallate) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2.2 บิวทิเลเตด ไฮดรอกซี โทลูอีน (butylated hydroxy roluene) หรือที่เรียกว่า บีเอชที (BST) บิวทิเลเตด ไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole) หรือที่เรียกกันว่า บีทีเอช (BTS) และเทอร์เชียร์ บิวทิล ไฮโดรควิโนน (tertiary butyl hydroquinone) หรือที่เรียกกันว่า ทีบีเอชคิว (TBHQ) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2.3 สารพวกแกลเลตรวมกับบีเอชเอหรือบีเอชที และ/หรือทีบีเอชคิวต้องไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่สารพวกแกลเลตต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2.4 อัสคอร์บิล พาล์มิเทต (ascorbyl palmitate) และอัสคอร์บิล สเตียเรต (ascorbyl stearate) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

5.2.5 โทโคฟีรอล (tocopherol) ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

5.3 สารเสริมฤทธิ์สารกันหืน (antioxdant synergist)

5.3.1 กรดซิทริกและโซเดียมซิเทรต (citric acid and sodium citrate) ให้ใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

6. สารปนเปื้อน

6.1 สารปนเปื้อนในน้ำมันปาล์มจะมีได้ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 สารปนเปื้อน (ข้อ 6.1)

รายการที่	สารปนเปื้อน	เกณฑ์ที่กำหนด		วิธีทดสอบ
		น้ำมันปาล์มธรรมชาติ	น้ำมันปาล์มผ่านกรรมวิธีและน้ำมันปาล์มโอลีอินผ่านกรรมวิธี	
1	เหล็ก	5	1.5	CAC/RM 14
2	สารหนู	0.1	0.1	AOAC (1984) ข้อ 25.048 และข้อ 25.049
3	ทองแดง	0.4	0.1	AOAC (1980) ข้อ 25.044 ถึงข้อ 25.048 AOAC (1984) ข้อ 25.066 ถึงข้อ 25.071
4	ตะกั่ว	0.1	0.1	AOAC ค1984) ข้อ 25.114 ถึงข้อ 25.129 และข้อ 25.114 ถึงข้อ 25.118

7. สุขลักษณะ

7.1 สุขลักษณะ ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดสุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก. 34

8. การบรรจุ

8.1 ให้บรรจุน้ำมันปาล์มในภาชนะที่บรรจุสะอาด ปิดได้สนิท ไม่รั่วซึม ผิวภายในของภาชนะบรรจุรวมทั้งจุกหรือฝา (ถ้ามี) ต้องปราศจากสีหรือสารอื่นใดที่ละลายได้ในน้ำมันปาล์ม

8.2 ภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติกให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะพลาสติกและฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุน้ำมันและไขมันบริโภค มาตรฐานเลขที่ มอก. 654

8.3 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของน้ำมันปาล์มในแต่ละภาชนะบรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

9. เครื่องหมายและฉลาก

9.1 ที่ภาชนะบรรจุน้ำมันปาล์มทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) คำว่า "น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคธรรมชาติ" หรือ "น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภคโอลีอีนผ่านกรรมวิธีที่ 2" แล้วแต่กรณี

(2) น้ำหนักสุทธิ เป็นกรัมหรือกิโลกรัม หรือปริมาตรสุทธิ เป็นลูกบาศก์เซนติเมตรหรือลูกบาศก์เดซิเมตร

(3) วัตถุเจือปนอาหารและปริมาณที่ใช้ (ถ้ามี)

(4) เดือน ปีที่ทำ

(5) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย จิตตภู ชิดสวน เกิดวันที่ 8 มิถุนายน 2527 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนราชดำริ เมื่อปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

น.ส. รุ่งรัตน์ อมรหัสดีกุล เกิดวันที่ 5 พฤศจิกายน 2526 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนบางปะกอกวิทยาคม เมื่อปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

นาย สมรัฐ ทิ้วสังวาลย์ เกิดวันที่ 26 เมษายน 2527 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนมัธยมวัดเบญจมบพิตร เมื่อปี พ.ศ. 2544 และสำเร็จการศึกษาศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้