

สมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวเป็น
น้ำมันพื้นฐาน

นางสาวศรุดา สถิตวรพจนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PROPERTIES AND STABILITY OF MAYONNAISE USING OIL BLENDS BETWEEN
COCONUT OIL AND RICE BRAN OIL AS OIL BASE

Miss Saruda Sathitvorapojjana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

สมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมระหว่าง
น้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพื้นฐาน

โดย

นางสาวศรดา สติตวรพจนา

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.ศศิگانต์ คุ้มพงษ์ศักดิ์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นินนาท ชินประห์ชัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.ศศิگانต์ คุ้มพงษ์ศักดิ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ธนจันทร์ มหาวนิช)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร.นัฐพล ตั้งสุภูมิ)

ศรุดา สถิตสุวรรณ : สมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพื้นฐาน (Properties and Stability of Mayonnaise Using Oil Blends between Coconut oil and Rice Bran Oil as Oil Base) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ.ดร. ศศิกานต์ กู้พงษ์ศักดิ์, 78 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีกรดไขมันชนิดสายกลาง (Medium-Chain Fatty acids, MCFAs) ปริมาณสูง ในน้ำมันรำข้าวซึ่งมีกรดไขมันชนิดสายยาว (Long-Chain Fatty acids, LCFAs) เป็นองค์ประกอบอยู่มาก ที่มีต่อสมบัติและเสถียรภาพของมายองเนส โดยขั้นแรกเป็นการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันและสมบัติทางกายภาพของน้ำมันผสมที่แปรอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าวเป็น 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 และ 40:60 (v/v) โดยวิเคราะห์ ค่าสี (CIE L^* , a^* , b^*) ความหนืด และ อุณหภูมิการเกิดผลึก (Crystallization Temperature, T_c) พบว่าน้ำมันมะพร้าวมี MCFAs และ LCFAs เป็น 61.25% และ 38.22% ตามลำดับ ส่วนน้ำมันรำข้าวประกอบด้วย LCFAs ประมาณ 99.99% เมื่อเพิ่มสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวลงในน้ำมันผสม พบว่า ปริมาณ MCFAs ในน้ำมันผสมและค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าความหนืด (cP) ของน้ำมันผสมมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่า T_c ของน้ำมันผสมทั้ง 5 สูตรข้างต้นมีค่า -12.9°C , -13.0°C , -14.6°C , -6.5°C และ -5.6°C ตามลำดับ ขั้นที่สองเป็นการผลิตมายองเนสที่มีส่วนผสมเป็นน้ำมันผสม 72% เกลือ 1% ไข่แดง 10% น้ำ 2% น้ำตาล 8% และน้ำส้มสายชู 7% (w/w) และวิเคราะห์ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชัน (Emulsion Stability Index, ESI) ค่าสี ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness ค่า index of viscosity โครงสร้างจุลภาค ค่า T_c ค่า 2-Thiobarbituric acid (TBA) และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมที่แปรอัตราส่วนตามข้างต้นเป็นน้ำมันพื้นฐาน พบว่า สัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่สามารถทดแทนน้ำมันรำข้าวได้มากที่สุด คือ 30% (อัตราส่วน 30:70) โดยมีค่า ESI ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ มีค่า L^* และ ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และค่า index of viscosity มากกว่าอัตราส่วน 40:60 แต่ค่า b^* น้อยกว่าอัตราส่วน 40:60 และค่า a^* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราส่วนอื่นๆ ($p>0.05$) ขนาดหยดน้ำมันเล็กและสม่ำเสมอกว่าอัตราส่วน 10:90 และ 20:80 และมีค่า T_c และ TBA เป็น -9.8°C และ 0.27 mg malonaldehyde / kg ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสีไม่แตกต่างกับอัตราส่วนอื่นๆ ($p>0.05$) ด้านเนื้อสัมผัสได้รับการยอมรับใกล้เคียงกับอัตราส่วน 0:100 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด ส่วนด้านรสชาติพบว่าได้รับการยอมรับไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 10:90 และ 20:80 ด้านความชอบโดยรวมได้รับการยอมรับไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับอัตราส่วน 10:90, 20:80 และ 40:60 ในขั้นสุดท้ายเป็นการศึกษาเสถียรภาพการเก็บรักษาของมายองเนสอัตราส่วน 0:100 และ 30:70 ที่ผ่านการเก็บเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ\text{C}$ พบว่า มายองเนสทั้งสองสูตรมีค่า ESI ไม่เปลี่ยนแปลง ค่า T_c ใกล้เคียงกับตอนเริ่มต้น และมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์มไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1402-2540) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า L^* และ b^* มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) แต่ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq 0.05$) ค่า TBA ของมายองเนสอัตราส่วน 30:70 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บ 4 สัปดาห์ ในขณะที่ของอัตราส่วน 0:100 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นมีค่าลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 4 หยดน้ำมันบางส่วนของมายองเนสอัตราส่วน 0:100 มีขนาดใหญ่ขึ้นจากการเกิด flocculation และ coalescence แต่ในมายองเนสอัตราส่วน 30:70 มีขนาดหยดน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหารลายมือชื่อ.....
 สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหารลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา 2554

5272728723 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS : OIL BLENDS / MEDIUM-CHAIN FATTY ACIDS / STABILITY OF OIL IN WATER EMULSION

SARUDA SATHITVORAPOJJANA : PROPERTIES AND STABILITY OF MAYONNAISE USING OIL BLENDS BETWEEN COCONUT OIL AND RICE BRAN OIL AS OIL BASE. ADVISOR: SASIKAN KUPONGSAK, Ph.D., 78 pp.

The purpose of this research was to study the effects of replacement of coconut oil (CNO) (high content of Medium-Chain Fatty acids (MCFAs)) in rice bran oil (RBO) (high content of Long-Chain Fatty acids, LCFAs), which was used as oil base, on property and stability of mayonnaise. At the first part of the study, the fatty acid profile and properties of five ratios of oil blends (0:100, 10:90, 20:80, 30:70 and 40:60 (v/v)) such as color (CIE L*, a*, b*), viscosity and crystallization temperature (T_c) were studied. It was found that CNO had 61.25% MCFAs and 38.22% LCFAs whereas RBO had 99.99% LCFAs. Increase in CNO ratio in oil blend resulted in increases in MCFAs and lightness (L*) but decreases in redness (a*), yellowness (b*) and viscosity. T_c values of five ratios of oil blends were -12.9 °C, -13.0 °C, -14.6 °C, -6.5 °C and -5.6 °C, respectively. In the second step of the study, mayonnaise was prepared using 72% oil blends (five ratios), 1% salt, 10% egg yolk, 8% sugar and 7% vinegar (w/w). The properties of mayonnaise were evaluated on Emulsion Stability Index (ESI), color, firmness, consistency, cohesiveness, index of viscosity, microstructure, T_c , 2-Thiobarbituric acid (TBA) and sensory evaluations. It was found that the highest portion of CNO replacement in RBO was 30% (30:70) supported by the results of unchanged ESI values during two weeks of storage. The lightness (L*), firmness, consistency, cohesiveness and index of viscosity values were higher than 40:60 ratio but b* value was lower than 40:60 ratio. Moreover, a* value was not significantly different ($p>0.05$) with other ratios. The size of its droplet was smaller and demonstrated lower dispersion than those of the 10:90 and 20:80 ratios. T_c and TBA values were -9.8 °C and 0.27 mg malonaldehyde / kg, respectively. For this 30:70 ratio, the sensory evaluation result of the color was not significantly different ($p>0.05$) whereas the texture was accepted similar to 0:100 ratio, which was the most acceptance. The taste was accepted not significantly different ($p>0.05$) with those of 10:90 and 20:80 ratios. Moreover, overall acceptance was not significantly different ($p>0.05$) with those of 10:90, 20:80 and 40:60 ratios. At the final step of the study, the results from stabilities of storage mayonnaise, (0:100 and 30:70 ratios), which were stored at $30 \pm 2^\circ\text{C}$ for 4 weeks, demonstrated that those of 0:100 and 30:70 ratios had unchanged ESI values during 4 weeks of storage and their T_c values were similar to the beginning values of the storage. The amount of Total Viable Plate Count, Yeasts and Molds and Coliforms were lower than the recommended microbial standard values of the Thai Industrial Standard. During 4 weeks of storage, both 0:100 and 30:70 ratios had significantly decreased in L* and b* values while a* values decreased. The TBA value of 30:70 ratio increased during storage, while the TBA value of 0:100 ratio increased during 3 weeks of storage and then decreased in the last week. Increase in some droplet sizes of 0:100 ratio could be related to flocculation and coalescence of droplets. For 30:70 ratio, less change in droplet size was observed during the time of storage.

Department : Food Technology..... Student's Signature

Field of Study : Food Technology..... Advisor's Signature

Academic Year : 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศศิกานต์ กู้พงษ์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และกำลังใจ ตลอดการทำงานวิจัย และกรุณาช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประห์ชัย อาจารย์ ดร. ธนจันทร์ มหาวนิช และ อาจารย์ ดร. นัฐพล ตั้งสุภูมิ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกๆ คน ที่ช่วยแนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณพินิติตปริญญาเอก รุ่นพินิติตปริญญาโท เพื่อนๆ ร่วมสถาบันทุกท่านและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ให้ความช่วยเหลือในรูปแบบต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ญาติ พี่ น้อง ซึ่งให้การสนับสนุนในการศึกษา เป็นกำลังใจ และช่วยเหลือในทุกด้านแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 น้ำมันและองค์ประกอบของกรดไขมัน.....	2
2.2 ชนิดและองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน.....	5
2.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของไขมันและน้ำมัน.....	6
2.4 อิมัลชัน.....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 ขอบเขตงานวิจัย.....	18
3.2 วัตถุประสงค์.....	18
3.3 อุปกรณ์.....	19
3.4 วิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันและตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของ น้ำมันชนิดเดียวและน้ำมันผสม.....	19
3.5 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประเมินลักษณะทาง ประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	20
3.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย.....	21
3.6.1 แปรสัดส่วนน้ำมันผสม วิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันและ สมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดเดียวและน้ำมันผสม.....	21
3.6.2 ผลิตมายองเนสและศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และประเมิน ลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมเป็นน้ำมัน พื้นฐาน.....	22

3.6.3	ศึกษาเสถียรภาพในการเก็บรักษามายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมสูตร ที่เลือกเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	22
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์.....	24
4.1	องค์ประกอบกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาวของน้ำมันมะพร้าว น้ำมัน รำข้าว และน้ำมันผสม.....	24
4.2	สมบัติทางกายภาพของน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ.....	24
4.3	สมบัติทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	26
4.4	เสถียรภาพในการเก็บรักษามายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมสูตรที่เลือกเป็นน้ำมัน พื้นฐาน.....	35
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	47
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	47
5.2	ข้อเสนอแนะ.....	47
	รายการอ้างอิง.....	48
	ภาคผนวก.....	52
	ภาคผนวก ก.....	53
	ภาคผนวก ข.....	55
	ภาคผนวก ค.....	60
	ภาคผนวก ง.....	62
	ภาคผนวก จ.....	69
	ภาคผนวก ฉ.....	71
	ภาคผนวก ช.....	73
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	องค์ประกอบกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาว ของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ.....	24
4.2	ค่าสีของน้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ.....	25
4.3	ค่าความหนืด (cP) ของน้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	25
4.4	อุณหภูมิการเกิดผลึก ($^{\circ}\text{C}$) ของน้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ.....	26
4.5	ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	27
4.6	ค่าสีของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	27
4.7	ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	29
4.8	อุณหภูมิการเกิดผลึก ($^{\circ}\text{C}$) ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	33
4.9	ค่า TBA ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	33
4.10	ผลการวิเคราะห์ประเภทพรรณาเชิงปริมาณด้านความหนืด และ สี ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	34
4.11	คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	34
4.12	ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	35
4.13	ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	36
4.14	ค่าสีของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	37
4.15	ค่าสีของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	37
4.16	ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	39

ตารางที่	หน้า	
4.17	ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C.....	40
4.18	อุณหภูมิการเกิดผลึก (°C) ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C.....	44
4.19	จำนวนจุลินทรีย์ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C.....	45
ค.1	ค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C	61
ง.1	ค่า MPN ต่อกรัมของตัวอย่าง (สำหรับ 3 หลอด) ที่ระดับความเจือจาง 0.1, 0.01 และ 0.001 ที่ระดับความชื้น 95%.....	68
ฉ.1	สัดส่วนกรดไขมันชนิดสายกลางและกรดไขมันชนิดสายยาวของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมที่ใช้ในการทดลอง.....	72
ช.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืด และค่าสี (L* a* b*) ของน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ.....	73
ช.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแตกต่างของความสูง (ESI) และค่าสี (L* a* b*) ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	73
ช.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	74
ช.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	74
ช.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ประเภทพรรณาเชิงปริมาณด้านความหนืดและสีของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน	74
ช.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน.....	75
ช.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี (L* a* b*) ของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C.....	75

ตารางที่		หน้า
ช.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี (L^* a^* b^*) ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	75
ช.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	76
ช.10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	76
ช.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$	77

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์.....	2
2.2	การดูดซึมของกรดไขมันชนิดสายกลางและกรดไขมันชนิดสายยาว.....	3
2.3	กระบวนการทางกายภาพที่ทำให้ไขมันชั้นเสียดีรภาพ.....	13
2.4	การเกิดชั้นครีมของไขมัน.....	14
2.5	การรวมตัวบางส่วนของอนุภาค.....	16
4.1	โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสทั้ง 5 สูตร โดย A คือ RBO, B คือ CNO:RBO (10:90), C คือ CNO:RBO (20:80), D คือ CNO:RBO (30:70) และ E คือ CNO:RBO (40:60) ด้วยกำลังขยาย 40 เท่า.....	31
4.2	โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสสูตร RBO ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยกำลังขยาย 40 เท่า โดย A คือ เริ่มต้นการเก็บ, B คือ สัปดาห์ที่ 1, C คือ สัปดาห์ที่ 2, D คือ สัปดาห์ที่ 3 และ E คือ สัปดาห์ที่ 4.....	42
4.3	โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยกำลังขยาย 40 เท่า โดย A คือ เริ่มต้นการเก็บ, B คือ สัปดาห์ที่ 1, C คือ สัปดาห์ที่ 2, D คือ สัปดาห์ที่ 3 และ E คือ สัปดาห์ที่ 4	43
4.4	ค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C.....	45
ข.1	กราฟอุณหภูมิการเกิดผลึกของน้ำมันผสมอัตราส่วน 30:70.....	57
ข.2	กราฟอุณหภูมิการเกิดผลึกของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70).....	57

บทที่ 1

บทนำ

กรดไขมันชนิดสายกลาง (Medium-Chain Fatty acids, MCFAs) เป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 6-12 อะตอม พบมากในน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม จากการศึกษาสมบัติทางโภชนาการและผลจากการบริโภคน้ำมัน Medium-Chain Triglycerides (MCTs) พบว่ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ เมื่อเทียบกับน้ำมันบริโภคทั่วไปในท้องตลาดที่เป็นน้ำมัน Long-Chain Triglycerides (LCTs) โดยการศึกษาทั้งในคนและสัตว์ทดลองแสดงให้เห็นผลของการบริโภคน้ำมัน MCT ว่าสามารถช่วยลดน้ำหนักและระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด (Marten, Pfeuffer and Schrezenmeir, 2006) เนื่องจากเมื่อเราบริโภค MCTs เข้าไป ไตรกลีเซอไรด์จะถูกไฮโดรไลส์บางส่วนโดย lingual lipase ในกระเพาะอาหาร หลังจากนั้นจะถูกย่อยโดย pancreatic lipase ที่ลำไส้เล็กโดยสมบูรณ์ (Traul et al., 2000) ได้เป็นกรดไขมัน และ 2-monoacylglycerol แล้วกรดไขมันชนิดสายสั้นและสายกลางจะถูกดูดซึมโดยเซลล์ลำไส้เล็กได้โดยตรงเข้าสู่ portal vein และถูกพาไปยังตับโดยรวมตัวกับ albumin ที่ตับ กรดไขมันจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่มีไขมันเหลือสะสมในร่างกาย ในปัจจุบันน้ำมันที่บริโภคทั่วไป หรือ น้ำมันที่เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะเป็นน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดสายยาว (Long-Chain Fatty acids, LCFAs) เป็นองค์ประกอบอยู่มาก ซึ่งกรดไขมันชนิดสายยาวจะเป็นปัญหาสำหรับผู้ป่วยที่มีภาวะการเจริญที่มากเกินไปของแบคทีเรียในลำไส้เล็ก และผู้ป่วยที่ไม่สามารถย่อยไขมันชนิดสายยาวได้ ดังนั้นการใช้น้ำมันที่มีอัตราส่วนของ กรดไขมันชนิดสายกลาง : กรดไขมันสายยาว ที่สูงเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันบริโภคที่มีอยู่ทั่วไปเป็นส่วนผสมในมายองเนส จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการย่อยและการดูดซึม และผู้บริโภคที่ต้องการรักษาระดับไตรกลีเซอไรด์ในเลือด

โดยทั่วไปน้ำมันพื้นฐานในผลิตภัณฑ์มายองเนสจะเป็นน้ำมันชนิดเดียว แต่เมื่อใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน พบว่ามายองเนสที่ได้จะมีเสถียรภาพ สมบัติทางการไหล และพฤติกรรมทางความร้อนเปลี่ยนแปลงไป (Hayati et al., 2007, 2009b) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนน้ำมันมะพร้าวที่มีกรดไขมันชนิดสายกลางสูง ในน้ำมันรำข้าวซึ่งเป็นน้ำมันพืชทั่วไปที่เป็น LCTs ที่มีต่อสมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน โดยเปรียบเทียบทั้งสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์มายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐานที่นอกจากมีคุณค่าทางโภชนาการแล้วยังมีเสถียรภาพที่ดีเมื่อผ่านการเก็บรักษาด้วย

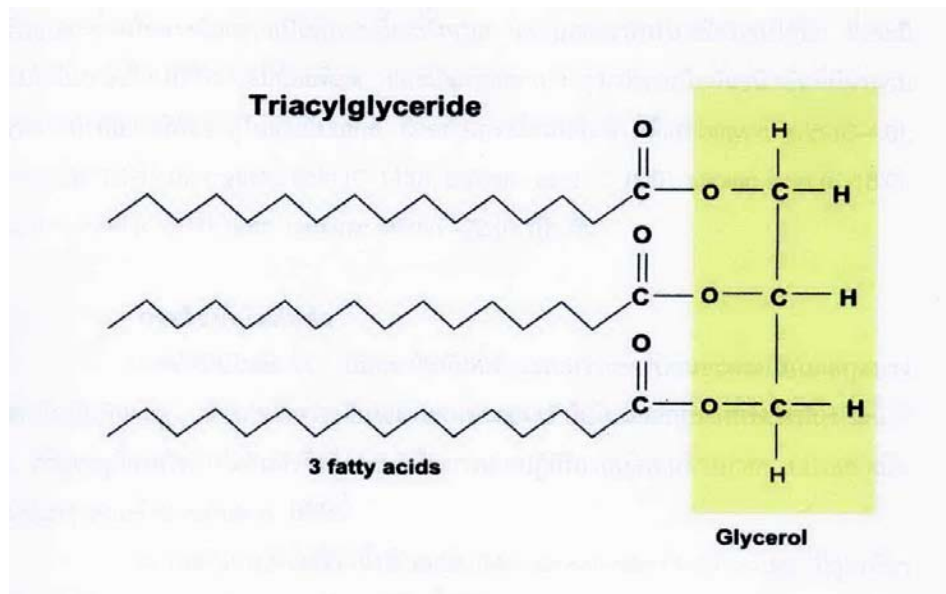
บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 น้ำมันและองค์ประกอบของกรดไขมัน

2.1.1 น้ำมันหรือไขมัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

น้ำมันหรือไขมัน หมายถึงลิปิดประเภทกลีเซอไรด์หรือเอซิลกลีเซอรอล ซึ่งมีองค์ประกอบหลักเป็นไตรกลีเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ ไตรกลีเซอไรด์ประกอบด้วยกลีเซอรอลหนึ่งโมเลกุล จับกับกรดไขมัน 3 โมเลกุล ด้วยพันธะเอสเทอร์ แสดงในรูป 2.1 โดยทั่วไปไตรกลีเซอไรด์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดเดียวกันทั้ง 3 โมเลกุล จับกับกลีเซอรอล เรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ธรรมดา ถ้ากรดไขมันที่จับกับกลีเซอรอลเป็นกรดไขมันต่างชนิดกันจะเรียกว่า ไตรกลีเซอไรด์ผสม โดยทั่วไปไตรกลีเซอไรด์ที่พบในน้ำมันพืชจะเป็นไตรกลีเซอไรด์ผสม เพราะมีกรดไขมันหลายชนิดเป็นองค์ประกอบ โดยมีทั้งกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว

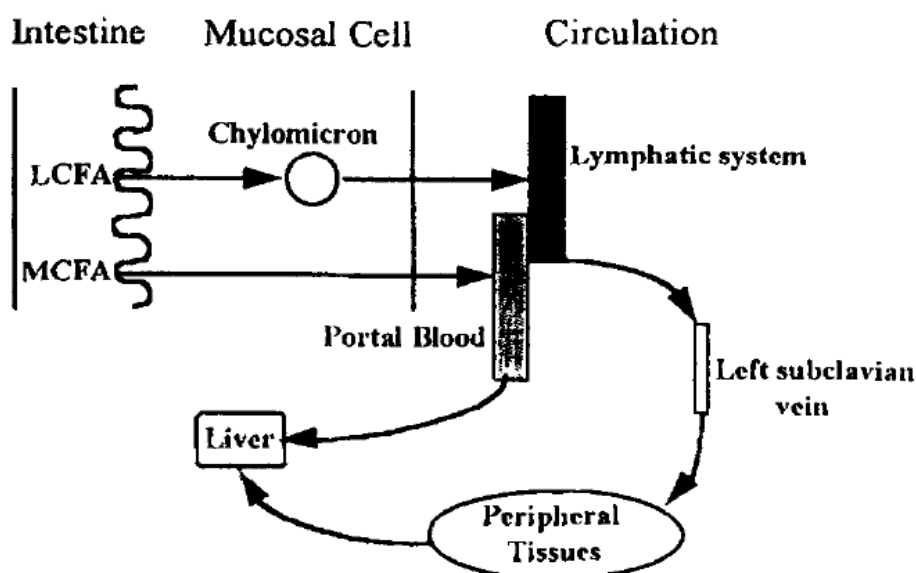


รูปที่ 2.1 โครงสร้างของโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์

ที่มา: Gunstone (2002)

2.1.2 Medium-Chain Triglycerides (MCTs)

MCTs คือ ไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 6-12 อะตอม (Marten et al., 2006) MCTs จะถูกไฮโดรไลส์อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเทียบกับ LCTs เนื่องจาก MCTs จะถูกไฮโดรไลส์บางส่วนโดย lingual lipase ในกระเพาะอาหาร หลังจากนั้นจะถูกย่อยโดย pancreatic lipase อย่างรวดเร็วที่ลำไส้เล็ก โดยสมบูรณ์ ได้เป็นกรดไขมัน และ 2-monoacylglycerol แล้วกรดไขมันชนิดสายสั้นและสายกลางจะถูกดูดซึมโดยเซลล์ลำไส้เล็กได้โดยตรงเข้าสู่ portal vein และถูกพาไปยังตับโดยรวมตัวกับ albumin ที่ตับ (Traul et al., 2000) ในขณะที่ LCFAs ถูกรวมตัวกลายเป็น chylomicron และเข้าสู่ระบบน้ำเหลือง จากนั้นผ่านเข้าสู่กระแสโลหิตไปยังตับ (Papamandjaris, MacDougall and Jones, 1998) ดังนั้นกรดไขมันชนิดสายกลางจึงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่มีไขมันสะสมในร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การดูดซึมของกรดไขมันชนิดสายกลางและกรดไขมันชนิดสายยาว
ที่มา: Papamandjaris et al. (1998)

2.1.3 กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $R-COOH$ ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิล ($-COOH$) หนึ่งหมู่ ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรฟิลิก และหมู่แอลคิล ($R-$) มีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก โดยพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ กรดไขมันที่ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวทั้งหมด เรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty

acid) ส่วนกรดไขมันที่ประกอบด้วยพันธะคู่ หนึ่งพันธะ หรือมากกว่าหนึ่งพันธะ ในสายโมเลกุล เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ในธรรมชาติจะพบกรดไขมันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในน้ำมัน ไขมัน และฟอสโฟลิเซอไรด์เป็นส่วนใหญ่ ที่พบในรูปกรดไขมันอิสระมีน้อยมาก น้ำมันและไขมันแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันที่ชนิดและปริมาณกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ พบว่ากรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ของไขมันจะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ในขณะที่กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ของน้ำมันจะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นหลัก (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

กรดไขมันสามารถแบ่งออกตามจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (Akoh and Kim, 2008)

ก. กรดไขมันชนิดสายสั้น (Short-Chain Fatty acids, SCFAs) คือ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 2-4 อะตอม

ข. กรดไขมันชนิดสายกลาง (Medium-Chain Fatty acids, MCFAs) คือ กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 6-12 อะตอม

ค. กรดไขมันชนิดสายยาว (Long-Chain Fatty acids, LCFAs) มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 14 อะตอม ขึ้นไป กรดไขมันกลุ่มนี้ไม่มีกลิ่นและรสชาติ

กรดไขมันอิ่มตัว

กรดไขมันอิ่มตัว มีสูตรทางเคมีทั่วไปเป็น $C_nH_{2n}O_2$ มีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในสายโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด จึงมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีน้อยที่สุด และมีจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันชนิดอื่นที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากันแต่มีพันธะคู่ในสายโมเลกุล ตัวอย่างได้แก่ caproic acid (C6:0) caprylic acid (C8:0) capric acid (C10:0) และ lauric acid (C12:0) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของกรดไขมันชนิดสายกลาง

กรดไขมันไม่อิ่มตัว

กรดไขมันไม่อิ่มตัว เป็นกรดไขมันที่มีพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่งเป็นพันธะคู่ จึงสามารถเติมไฮโดรเจนอะตอมเข้าไปในโมเลกุลได้อีก ด้วยเหตุนี้จึงมีความไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีค่อนข้างมาก แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆ ตามจำนวนพันธะคู่ ได้ดังนี้

ก. กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (Monounsaturated fatty acid, MUFA) มีสูตรทางเคมีทั่วไปเป็น $C_nH_{2n-1}COOH$ เช่น palmitoleic acid (C16:1) และ oleic acid (C18:1) เป็นต้น

ข. กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (Polyunsaturated fatty acid, PUFA) กรดไขมันชนิดนี้จะมีพันธะคู่ในโมเลกุลมากกว่า 1 พันธะ โดยส่วนใหญ่จะมีคาร์บอนในโมเลกุล 18-22 อะตอม และมีพันธะคู่ 2-6 พันธะ ตัวอย่างกรดไขมันชนิดนี้ได้แก่ linoleic acid (C18:2) และ linolenic acid (C18:3) เป็นต้น

2.2 ชนิดและองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน

2.2.1 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าว จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม หรือในกลุ่ม lauric acid oil สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวแห้ง ซึ่งเรียกว่า copra มีน้ำมันประมาณ 63-68% และความชื้น 4-7% ใช้วิธีการบีบแยกเอาน้ำมันออกมา (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัว 91.9% กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง 6.4% และกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง 1.6% ส่วนกรดไขมันที่พบมากที่สุด คือ lauric acid มีประมาณ 48% ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันชนิดสายกลาง (Gunstone, 2002) น้ำมันมะพร้าวมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 24-27 °C ในแง่คุณค่าทางโภชนาการ มีงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าน้ำมันมะพร้าวซึ่งมี lauric acid สูงมีผลในการต่อต้านเชื้อไวรัสแบคทีเรีย และโปรโตซัว จึงทำให้ร่างกายไม่ติดเชื้อบางอย่าง (พันธิพา และคณะ, 2548) อีกทั้งกรดไขมันชนิดสายกลางนี้จะดูดซึมง่ายในระบบทางเดินอาหาร ทำให้ไม่มีไขมันเหลือสะสมในร่างกาย ดังนั้นน้ำมัน MCTs จึงถูกนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับบุคคลที่มีภาวะลำไส้ไม่ดูดซึมอาหาร และถูกใช้เป็นส่วนผสมในอาหารทารก (Traul et al., 2000)

Hornung, Amtmann and Sauer (1994) พบว่า lauric acid (C12:0) สามารถยับยั้ง (antivirus) vesicular stomatitis virus (VSV) ได้เนื่องจากทำให้ไตรกลีเซอไรด์ของ host cell เพิ่มขึ้น 9 เท่า เป็นผลให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของไวรัส

Bergsson et al. (2001) ศึกษาการยับยั้ง *Candida albicans* โดยใช้กรดไขมันบางชนิด และ 1-โมโนกลีเซอไรด์ เช่น caprylic acid (C8:0), capric acid (C10:0), lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0), monocaprylin, monocaprin เป็นต้น พบว่า capric acid มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Candida albicans* ดีที่สุด รองลงมาคือ lauric acid

2.2.2 น้ำมันรำข้าว

รำข้าวมีลิวปีดประมาณ 9-22% (เฉลี่ยประมาณ 15-20%) น้ำมันรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 15-20% กรดไขมันไม่อิ่มตัว 80-85% โดยเป็น myristic acid 0.4-1% palmitic acid 12-16% stearic acid 1-3% oleic acid 40-50% linoleic acid 29-42% linolenic acid <1% และ palmitoleic acid 0.2-0.4% ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของกรดไขมันชนิดสายยาว (นิตยา รัตนาปนนท์, 2548) น้ำมันรำข้าวที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์แล้ว มีสเตอรอลที่มีชื่อว่าโอไรซานอล (oryzanol) ซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) มีโทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอลส์ (tocotrienols) ในปริมาณสูงด้วย โดยชนิดที่มีมากได้แก่ แอลฟา (α), แกมมา (γ) และเดลต้า (δ) นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วยังพบไฟโตสเตอรอลในน้ำมันรำข้าวอีกด้วย (พันธิพา และคณะ, 2548) นอกจากนี้ข้อดีของน้ำมันรำข้าวคือ ไม่ก่อให้เกิดการแพ้เหมือนน้ำมันพืชชนิดอื่นๆ (Ghosh, 2007)

2.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของไขมันและน้ำมัน

2.3.1 การเกิดผลึกของไขมันและน้ำมัน

ที่อุณหภูมิห้องไขมันเป็นของแข็ง และ น้ำมันเป็นของเหลว โดยไขมันซึ่งเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้องมีลักษณะการเรียงตัวเป็นรูปผลึกได้หลายรูป (polymorphism) คือ α , β , β' แต่ละรูปจะมีจุดหลอมเหลวเฉพาะ ขนาดและจำนวนของผลึกที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับชนิดของไขมัน และ อุณหภูมิของไขมันและน้ำมันเมื่อถูกทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง (นิตยา รัตนาปนนท์, 2548)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดผลึกของไขมันมีหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น องค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์ ตามธรรมชาติไขมันจะประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ที่หลากหลาย ขึ้นกับความยาวของสายโซ่คาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน ความไม่อิ่มตัวของกรดไขมัน และตำแหน่งการจัดเรียงตัวของกรดไขมันบนโมเลกุลของกลีเซอรอล (Metin and Hartel, 2005)

Tan and Man (2000) ศึกษาข้อมูลโดยรวมทางความร้อน (thermal profile) ของน้ำมันบริโภค 17 ชนิด ด้วย Differential Scanning Calorimetric (DSC) โดยแบ่งน้ำมันออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนต่ำ (9 - 65 กรัมของไอโอดีน / 100 กรัม น้ำมัน) ตัวอย่างเช่น น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม เป็นต้น มีช่วงการลดอุณหภูมิตั้งแต่ 80 ถึง -80 °C อัตราการลดอุณหภูมิ 5 °C ต่อ นาที ส่วนกลุ่มที่สอง และ กลุ่มที่สาม คือ น้ำมันที่มีค่าไอโอดีนสูง

เป็น 95 - 145 กรัมของไอโอดีน / 100กรัมน้ำมัน (มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 78-90%) และ 86 - 143 กรัมของไอโอดีน / 100กรัมน้ำมัน (มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว 83-92%) ตามลำดับ ตัวอย่างเช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันคาโนลา เป็นต้น มีช่วงการลดอุณหภูมิตั้งแต่ 50 ถึง -100 °C อัตราการลดอุณหภูมิ 5 °C ต่อ นาที พบว่า น้ำมันที่มีระดับความไม่อิ่มตัวสูง (ค่าไอโอดีน < 65) จะมีอุณหภูมิการเกิดผลึกที่สูงกว่าน้ำมันที่มีระดับความไม่อิ่มตัวสูง (ค่าไอโอดีน > 65)

2.3.2 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะขึ้นอยู่กับจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมัน และจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมัน โดยความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น และความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลกรดไขมันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิที่แตกต่างกันความหนืดของไขมันก็จะแตกต่างกันด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

Noureddini, Teoh and Clements (1992) ศึกษาความหนืดของกรดไขมัน 8 ชนิด คือ nonanoic acid (C9:0), capric acid (C10:0), lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0), oleic acid (C18:1) และ erucic acid (C22:1) โดยใช้วิธี ASTM D445 และ D446 ช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 24-110 °C พบว่า ที่อุณหภูมิเดียวกัน กรดไขมันชนิดสายกลาง (nonanoic acid, capric acid และ lauric acid) จะมีความหนืด (cP) ต่ำกว่ากรดไขมันชนิดสายยาว (myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid และ erucic acid) นอกจากนี้ที่อุณหภูมิเดียวกัน oleic acid ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง มีความหนืดต่ำกว่า stearic acid ที่เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัว

2.3.3 สี

น้ำมันแต่ละชนิดจะมีสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรงควัตถุที่อยู่ในวัตถุดิบที่นำมาใช้สกัดเป็นน้ำมัน โดยกระบวนการผลิตน้ำมันจะมีขั้นตอนการฟอกสี (Bleaching) ซึ่งเป็นการแยกเอารงควัตถุต่างๆ และสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันออกจากรังสี หรือทำให้มีปริมาณลดลง รงควัตถุเหล่านี้ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ การแยกเอารงควัตถุออกไปจะทำให้น้ำมันมีสีจางลง นอกจากนั้นยังช่วยลดปริมาณของโลหะ ฟอสฟอไรต์ กัม สบู่ และสารประกอบเพอร์ออกไซด์ลงอีกด้วย (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2548)

2.3.4 การหืน (Rancidity)

การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมัน ทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติ (กลิ่นหืน) รวมทั้งสมบัติทางกายภาพและเคมีเปลี่ยนแปลงไป การหืนเกิดขึ้นได้ 3 แบบ ได้แก่ จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และปฏิกิริยาการเกิดคีโตน (นิธิยา รัตนานพนนท์, 2548)

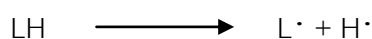
การเกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative rancidity)

เป็นการหืนแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation) โดยพันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดพันธะเพอร์ออกไซด์ ชั้นที่หมู่ α -methylene เมื่อไขมันและน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเองแบบต่อเนื่องตลอดเวลา นอกจากนี้โลหะ ความร้อน และแสงก็มีผลช่วยเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันด้วย

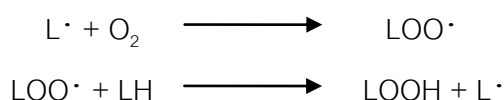
กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation)

ปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างออกซิเจนในอากาศกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไขมันและน้ำมัน ซึ่งกลไกที่เกิดขึ้นแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

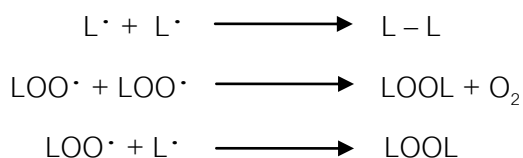
ก. ขั้นเริ่มต้น (Initiation) เป็นขั้นตอนที่คาร์บอนที่ตำแหน่งพันธะคู่ในโมเลกุลกรดไขมันไม่อิ่มตัว (LH) สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมออกไป ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ($L\cdot$)



ข. ขั้นเพิ่มจำนวน (Propagation) ขั้นตอนนี้เป็นปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระกับออกซิเจน และมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ได้ peroxy radical ($LOO\cdot$), hydroperoxide ($LOOH$) และ hydrocarbon radical ($L\cdot$) อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นใหม่จะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับออกซิเจนต่อไป



ค. ขั้นตอนยุติ (Termination) เป็นขั้นตอนที่อนุมูลอิสระมาทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารประกอบใหม่ที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระและมีความคงตัว เป็นผลให้ปฏิกิริยาต่อเนื่องที่เกิดขึ้นยุติลง



ศิริวรรณ เนติวรานนท์ (2532) ศึกษาการหืนที่เกิดขึ้นในน้ำมันมะพร้าวจาก 3 สาเหตุ คือ จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยการเติมเอนไซม์ไลเปส จากปฏิกิริยาการเกิดคีโตน โดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ในรูปเนื้อมะพร้าวเสีย และจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการเติมออกซิเจน พบว่า กลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันไม่รุนแรง และมีกลิ่นเหมือนการหืนของน้ำมันพืชทั่วไป ซึ่งมีความรุนแรงน้อยกว่ากลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส และปฏิกิริยาการเกิดคีโตนมาก นอกจากนี้ น้ำมันมะพร้าวมีความคงตัวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็น 4.8 เท่าของน้ำมันรำข้าว

2-Thiobarbituric acid value (TBA value)

เป็นวิธีการติดตามปฏิกิริยาการหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่นิยมอีกวิธีหนึ่ง โดยค่า TBA วัดจำนวน mg malonaldehyde ต่อตัวอย่าง 1 kg หรือวัดเป็น μ moles malonaldehyde ต่อตัวอย่าง 1 g 1mole ของ malonaldehyde ซึ่งเป็น secondary oxidation product ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง สามารถทำปฏิกิริยากับ 2 moles ของ TBA ให้สารละลายสีชมพูที่ดูดกลืนแสงที่ 532-535 nm (Frankel, 2005) โดยปริมาณแสงที่ดูดกลืนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของ malonaldehyde

ข้อดีและข้อจำกัดของวิธี TBA value คือวิธีการติดตามการหืนจาก secondary oxidation product จะเป็นการตรวจวัดสารที่ทำให้เกิดกลิ่นหืนในน้ำมันได้โดยตรง ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูง นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ไม่สลับซับซ้อนและไม่แพง แต่อย่างไรก็ตาม TBA สามารถทำปฏิกิริยากับสารอื่นที่ไม่ใช่ lipid carbonyl ได้ เช่น ascorbic acid, sugars และ nonenzymatic browning product ซึ่งดูดกลืนแสงในช่วง 450-540 nm ดังนั้นค่าที่ได้อาจถูกไม่แม่นยำ (McClements and Decker, 2008)

Shahidi and Wanasundara (2008) อธิบายว่า การวิเคราะห์ค่า TBA มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ วิธีกลั่น วิธีสกัด และวิธีวัดโดยตรง สำหรับวิธีกลั่น เป็นวิธีการกลั่นสารประกอบที่

ระเหยได้ (volatile compound) ออกมาพร้อมกับไอน้ำ แล้วจึงนำสารที่กลั่นได้มาทำปฏิกิริยากับ TBA reagent ส่วนวิธีสกัดทำโดยสกัด TBA-reactive substances (TBARs) จากอาหารด้วย aqueous medium เช่น สารละลาย trichloroacetic acid ก่อนที่จะนำไปทำปฏิกิริยากับ TBA reagent และวิธีวัดโดยตรงใช้กับน้ำมันและไขมัน โดยทำปฏิกิริยาโดยตรงกับ TBA reagent แล้ววัดค่า absorbance ของสารประกอบที่เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบวิธีทั้งสาม พบว่า สองวิธีแรกใช้เวลาในการวิเคราะห์นานและอาจเกิดสารประกอบอื่นที่ไม่ต้องการวัด (artifact formation) ในขณะที่วิธีสุดท้ายเป็นวิธีที่ง่ายและใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้นกว่า

2.4 อิมัลชัน

2.4.1 ความหมาย และกลไกการเกิดอิมัลชัน

อิมัลชัน (emulsion) หมายถึง ระบบที่ประกอบด้วยของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งทั่วไปคือน้ำมัน และน้ำ โดยที่ของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นอนุภาคเล็กๆในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง (ชวศรี ชุนเจริญ, ดวงมณี ปินชามัน และชฎานุตม์ ไอสระประสพ, 2539) ในอาหารส่วนใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคอยู่ระหว่าง 0.1-100 μm (McClements, 2005) อิมัลชันสามารถแบ่งได้ตามการกระจายตัวของน้ำมันและน้ำในวัฏภาค

ก. อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water, O/W emulsion) มีน้ำมันเป็นวัฏภาคกระจาย (dispersion phase) อยู่ในน้ำซึ่งเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง (continuous phase) ตัวอย่างเช่น น้ำสลัด มายองเนส และนม เป็นต้น

ข. อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in-oil, W/O emulsion) มีน้ำเป็นวัฏภาคกระจายอยู่ในน้ำมันซึ่งเป็นวัฏภาคต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น มาการีน และเนย

กลไกการเกิดอิมัลชัน

เมื่อนำของเหลว 2 ชนิดที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมัน มาเขย่ารวมกัน การเขย่าจะเป็นการเพิ่มพลังงานและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลวทั้งสอง จะทำให้ของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆในของเหลวอีกชนิด ซึ่งเกิดลักษณะอิมัลชันขึ้น แต่เป็นเพียงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นชั่วคราว หลักการทางเทอร์โมไดนามิกอธิบายได้ว่า การเขย่าเป็นการเพิ่มพลังงานอิสระที่พื้นผิว (surface free energy) ของของเหลวทั้งสองจึงเข้ากันได้ชั่วคราว (ชวศรี และคณะ, 2539) ซึ่งภาวะนี้ถือว่าไม่คงสภาพเพราะเมื่อหยุดเขย่าแรงตึงระหว่างผิวของของเหลว (interfacial tension) จะพยายามทำให้อนุภาคของของเหลวรวมตัวเข้าหากันเอง และแยกตัวออกจากของเหลวอีกชนิดหนึ่งเพื่อทำให้มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด เพราะเมื่อของเหลวมีอนุภาคใหญ่ขึ้นจะมี

พื้นที่ผิวลดลง ของเหลวใดที่มีความหนาแน่นน้อยจะแยกตัวลอยอยู่ชั้นบน ส่วนของเหลวที่มีความหนาแน่นสูงกว่าจะแยกตัวอยู่ชั้นล่าง (นริยา รัตนานนท์, 2549)

การทำอิมัลชันต้องทำให้ของเหลวที่เป็นวัฏภาคกระจายแตกตัวเป็นหยดเล็กๆ กระจายอยู่ในวัฏภาคต่อเนื่อง และทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัวโดยการเติมอิมัลซิไฟเออร์ ลงไปเป็น protective coating ให้กับอนุภาคที่เป็นวัฏภาคกระจาย โดยอิมัลซิไฟเออร์จะแทรกตัวอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคกระจายกับตัวกลางต่อเนื่อง ดังนั้นอนุภาคกระจายจึงไม่สามารถรวมตัวกันได้ (นริยา รัตนานนท์, 2549)

2.4.2 อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier)

อิมัลซิไฟเออร์ หรือ surface-active-agent เป็นตัวช่วยลดแรงตึงระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน (นริยา รัตนานนท์, 2549) และป้องกันการรวมตัวของอนุภาคกระจาย ช่วยสร้างเสถียรภาพให้ระบบอิมัลชัน โดยอิมัลซิไฟเออร์จะดูดซับอยู่ที่ระหว่างผิวของน้ำกับน้ำมัน โดยจัดเรียงส่วนที่เป็น hydrophilic ของโมเลกุลอยู่ในส่วนของน้ำ และจัดเรียงส่วนที่เป็น hydrophobic ในส่วนของน้ำมัน (McClements, 2008)

เลซิทิน เป็นฟอสโฟลิปิดชนิดหนึ่ง พบมากในไข่แดงและถั่วเหลือง โมเลกุลของเลซิทิน หรือฟอสฟาติดีลคอลลินประกอบด้วย กลีเซอรอล กรดไขมัน กรดฟอสฟอริกและคอลลิน โดยเลซิทินส่วนใหญ่มีหมู่เอซิลเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวที่ตำแหน่งที่ 1 และเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ตำแหน่งที่ 2 กรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเลซิทิน ได้แก่ palmitic acid, oleic acid และlinoleic acid เป็นต้น เลซิทินสามารถทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ เนื่องจากในโมเลกุลมีประจุลบอยู่ที่กรดฟอสฟอริก และประจุบวกอยู่ที่ไนโตรเจนของคอลลิน (นริยา รัตนานนท์, 2549)

2.4.3 สมบัติของอิมัลชัน และเสถียรภาพของอิมัลชัน (emulsion stability)

สมบัติการไหล

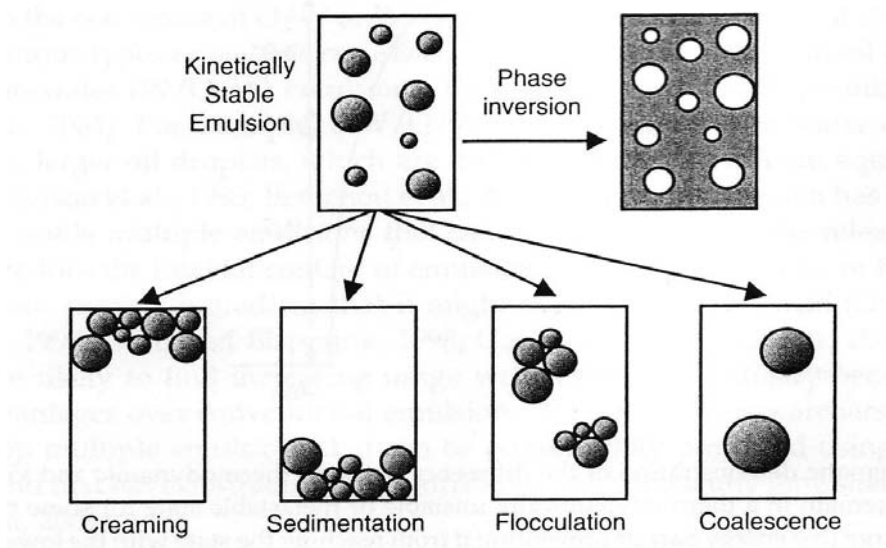
การไหล ในทางวิทยาศาสตร์ คือ การเสียดรูปร่างหรือการไหลของวัตถุ สมบัติการไหลของวัตถุเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแรงที่ใส่เข้าไปต่อผลของการเสียดรูปร่างหรือการไหล อายุการเก็บรักษาของอาหารประเภทอิมัลชันหลายชนิดจะขึ้นอยู่กับสมบัติการไหลของส่วนประกอบ เช่น การเกิดชั้นครีมของหยदन้ำมันในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ จะขึ้นอยู่กับความหนืดของวัฏภาคต่อเนื่องเป็นสำคัญ

ปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติการไหลของอิมัลชันมีหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนปริมาตรของวัฏภาคกระจาย (disperse phase volume fraction) การไหลขององค์ประกอบ (rheology of component phases) และ ขนาดอนุภาค เป็นต้น โดยขนาดอนุภาค และการกระจายตัวของขนาดอนุภาคมีผลต่อการไหลของอิมัลชัน ซึ่งอิมัลชันที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจะมีความหนืดปรากฏ (apparent viscosity) สูงกว่าอิมัลชันที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดใหญ่ ที่ระดับ shear stress เท่ากัน นอกจากนี้ถ้าเปรียบเทียบระหว่างอิมัลชันที่ประกอบด้วยอนุภาคที่เกิด floc (flocculated droplet) กับ ไม่เกิด floc (nonflocculated droplet) พบว่าที่ระดับความเข้มข้นเท่ากันอิมัลชันที่ประกอบด้วยอนุภาคที่เกิด floc จะมีความหนืดสูงกว่าอิมัลชันที่ประกอบด้วยอนุภาคที่ไม่เกิด floc เนื่องจากเมื่ออนุภาคเกิด floc จะมีการรวมวัฏภาคต่อเนื่องบางส่วนเข้าไปเป็นผลให้สัดส่วนปริมาตรของอิมัลชันเพิ่มขึ้น (McClements, 2005)

สี

ปัจจัยที่มีผลต่อสีของอิมัลชัน เช่น ความเข้มข้นและขนาดของอนุภาค และ ดัชนีหักเห (refractive index) ของอนุภาค เป็นต้น งานวิจัยของ Santipanichwong and Suphantharika (2007) ได้ศึกษาผลของการเติมแคโรทีนอยด์ (β -carotene และ lutein) ที่มีต่อความเสถียรของค่าสี (CIE L^* , a^* , b^*) ของ reduced-fat mayonnaise โดยมี full-fat และ reduced-fat mayonnaise ที่ไม่ได้เติมแคโรทีนอยด์เป็นตัวอย่างควบคุม พบว่า มายองเนสทุกตัวอย่างมีค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง นอกจากนี้มายองเนสแบบ full-fat ที่ไม่ได้เติมแคโรทีนอยด์เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 7 วันแรก หลังจากนั้นจะค่อยๆคงที่ เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นขนาดหยดน้ำมันในมายองเนสมีขนาดใหญ่มากขึ้นเป็นผลให้ประสิทธิภาพการกระเจิงแสงของหยดน้ำมันลดลง

อิมัลชันจัดเป็นระบบที่ไม่เสถียรทางเทอร์โมไดนามิก (thermodynamically unstable systems) โดยเมื่อเวลาผ่านไปอิมัลชันจะเกิดการแยกชั้นขึ้น เป็นชั้นน้ำมัน (บน) และชั้นน้ำ (ล่าง) ดังนั้น เสถียรภาพของอิมัลชันจึงเป็นความสามารถของอิมัลชันที่ต้านทานการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ เมื่อเวลาผ่านไป โดยยังมีการเปลี่ยนแปลงช้าแสดงว่าอิมัลชันยังมีความเสถียรมาก การเสถียรภาพของอิมัลชันเกิดได้ทั้งจากกระบวนการทางกายภาพ และเคมี โดยกระบวนการทางกายภาพ เช่น creaming, flocculation, coalescence และ partial coalescence เป็นต้น (ดังแสดงในรูปที่ 2.3) นอกจากนี้ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงจากกระบวนการทางเคมี เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของไบโอพอลิเมอร์ เป็นต้น (McClements, 2008)



รูปที่ 2.3 กระบวนการทางกายภาพที่ทำให้อิมัลชันเสียเสถียรภาพ
ที่มา: McClements (2005)

การเกิดชั้นครีม (Creaming)

อนุภาคในอิมัลชัน (วัฏภาคกระจาย) จะมีความหนาแน่นแตกต่างจากของเหลวที่อยู่บริเวณโดยรอบ (วัฏภาคต่อเนื่อง) อนุภาคมีความหนาแน่นต่ำกว่าจะลอยตัวขึ้นด้านบนเกิดเป็นชั้นครีม (creaming) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ในทางกลับกันถ้าอนุภาคมีความหนาแน่นสูงกว่าก็จะตกลงสู่ด้านล่าง (sedimentation) ดังนั้นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำมีแนวโน้มที่จะเกิดชั้นครีมขึ้น ส่วนอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันจะเกิดเป็น sediment อัตราการเกิดชั้นครีมของอนุภาคทรงกลมแต่ละอนุภาค คำนวณได้จาก Stoke's equation (McClements, 2008)

$$v = -\frac{2gr^2(\rho_2 - \rho_1)}{9\eta_1}$$

โดยที่ v คือ อัตราการเกิดชั้นครีม (creaming rate) โดยค่าเป็น +/- คือ เคลื่อนที่ขึ้น/ลง

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

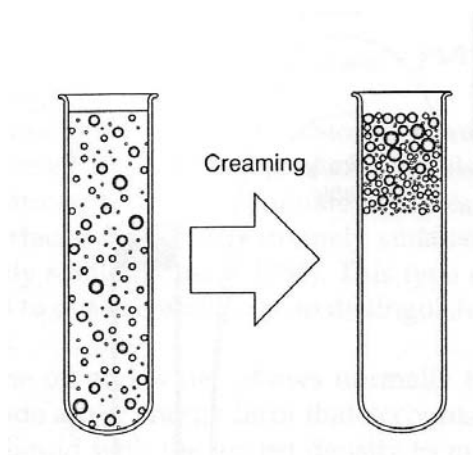
r คือ รัศมีของอนุภาค

ρ คือ ความหนาแน่น โดย 1 และ 2 หมายถึง วัฏภาคต่อเนื่องและวัฏภาคกระจายตามลำดับ

η_1 คือ ความหนืดเฉือน (shear viscosity) ของวัฏภาคต่อเนื่อง

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าอัตราการเกิดชั้นครีมขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค ดังนั้นอนุภาคขนาดใหญ่จะมีอัตราการเกิดชั้นครีมได้เร็วกว่าอนุภาคขนาดเล็ก การเกิดชั้นครีมเริ่มต้นจากอนุภาคลอยตัวขึ้นสู่ด้านบนของอิมัลชันหลังจากนั้นอนุภาคจะจัดเรียงตัวกันเกิดเป็นชั้นครีม โดยความหนาของชั้นครีมขึ้นอยู่กับความเร็วตัวของอนุภาค ถ้าอนุภาคจัดเรียงตัวกันแบบหนาแน่นชั้นครีมจะบาง แต่ถ้าอนุภาคจัดเรียงตัวแบบหลวมก็จะเกิดเป็นชั้นครีมที่หนา

วิธีการลดการเกิดชั้นครีมของอิมัลชัน ทำได้โดยการลดความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างสองวัฏภาค การลดขนาดอนุภาคของวัฏภาคกระจาย หรือการเพิ่มความหนืดของวัฏภาคต่อเนื่อง เป็นต้น



รูปที่ 2.4 การเกิดชั้นครีมของอิมัลชัน

ที่มา: McClements (2005)

Hayati et al. (2009a) ได้ศึกษาเสถียรภาพของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่ใช้ไขมันผสมระหว่างน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอินและน้ำมันถั่วเหลือง อัตราส่วน 30:70 เป็นน้ำมันพื้นฐานโดยการเติม carboxymethyl cellulose (CMC) ซึ่งเป็น polysaccharide พบว่า อิมัลชันที่มีขนาดหยดนํ้ามันเล็กและสม่ำเสมอ จะมีเสถียรภาพที่ดีไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน และเมื่อผ่านการปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm เป็นเวลา 30 นาที

การเกาะกลุ่มกันของอนุภาค (flocculation)

การเกิด flocculation ของอนุภาคเกิดจากการที่อนุภาคในอิมัลชันเคลื่อนที่แล้วมาชนกัน ถ้าแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค (attractive force) มากกว่าแรงผลักรวม (repulsive force) อนุภาคจะมาเกาะกลุ่มรวมตัวกันแต่ยังคงแยกเป็นอนุภาคอยู่ การเกิด flocculation มีผลต่อสมบัติการไหลของอิมัลชัน โดยอิมัลชันที่เกิด flocculation จะมีความหนืดสูงกว่าอิมัลชันที่ไม่เกิด flocculation ที่

ระดับความเข้มข้นของอนุภาคเดียวกัน เนื่องจากภูมิภาคต่อเนื่องบางส่วนจะถูกรวมเข้าไปในกลุ่มของอนุภาคที่เกิด floc เป็นผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางของกลุ่มอนุภาคเพิ่มขึ้น (McClements, 2008)

Hayati et al. (2007) ได้ศึกษาผลของการแปรอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอิน (PKO) ที่มีต่อเสถียรภาพของอิมัลชัน โดยแปรอัตราส่วนของ SBO:PKO เป็น 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 60:40 (w/w) เปรียบเทียบระหว่างอิมัลชันที่ผลิตแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กับ ที่เก็บเป็นเวลา 30 วัน อุณหภูมิ 25°C พบว่า เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน อิมัลชันที่ใช้ น้ำมันถั่วเหลือง 100% และอิมัลชันที่ใช้ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มทดแทน 40% เกิดการเสถียรภาพมากที่สุด เนื่องจากการเกาะกลุ่มของหยดน้ำมันอย่างแข็งแรง (strong flocculation) และมีการเปลี่ยนแปลงค่า storage modulus (G') เมื่อผ่านการเก็บไว้เป็นระยะเวลา 30 วัน สูงมากกว่าอิมัลชันที่ใช้ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มทดแทน 10-30%

การรวมตัวของอนุภาค (coalescence)

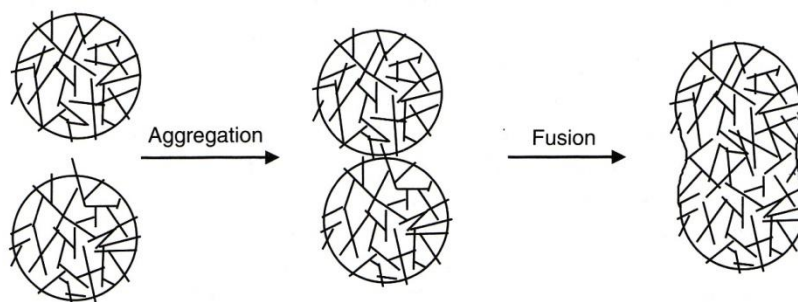
กระบวนการ coalescence คือกระบวนการที่อนุภาค 2 อนุภาคหรือมากกว่า มาเกาะกลุ่มกันแล้วฟิล์มที่อยู่รอบอนุภาคเกิดการเสียสภาพ ทำให้อนุภาคเชื่อมรวมตัวกันกลายเป็นอนุภาคหยดเดียวที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (McClements, 2008) การเกิด coalescence เป็นผลให้อิมัลชันเกิด creaming หรือ sedimentation ได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น และในท้ายที่สุดจะเกิดชั้นน้ำมันขึ้นด้านบนของอิมัลชัน (oiling off) ทำให้อิมัลชันเสถียรภาพในที่สุด

การรวมตัวบางส่วนของอนุภาค (partial coalescence)

Partial coalescence เกิดขึ้นเมื่อหยดน้ำมันที่มีผลึกไขมันบางส่วน 2 หยด หรือมากกว่ามารวมตัวกันกลายเป็นหยดน้ำมันที่มีรูปร่างผิดปกติ (irregularly shape) โดยผลึกไขมัน (ของแข็ง) ของหยดน้ำมันหนึ่งจะแทรกเข้าไปในส่วนที่เป็นน้ำมัน (ของเหลว) ของอีกหยดน้ำมันหนึ่ง (McClements, 2005) ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และเมื่อผลึกไขมันละลายหยดน้ำมันจะรวมตัวกันอย่างสมบูรณ์ (coalescence) หยดน้ำมันขนาดใหญ่จะมีแนวโน้มเกิด partial coalescence ได้มากกว่าเนื่องจากหยดน้ำมันขนาดใหญ่มีพื้นผิวสัมผัสระหว่างหยดน้ำมันสูงกว่าหยดน้ำมันขนาดเล็ก (Dickinson and McClements, 1996)

Hayati et al. (2009b) ได้ศึกษาผลของการแปรอัตราส่วนของน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอิน (PKO) และ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) ที่มีต่อเสถียรภาพทางความร้อน (thermal stability)

ของมาของเนส ด้วยเครื่อง DSC โดยมีการ cooling ทั้งหมด 4 รอบ และ heating 3 รอบ (thermal cycles 3 รอบ จากอุณหภูมิ 50 °C ถึง -70 °C) พบว่า อิมัลชันที่ใช้น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอินทดแทน 0-20% มีเสถียรภาพทางความร้อนเมื่อผ่าน thermal cycles ถึง 3 รอบ แต่อิมัลชันที่ใช้ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอินทดแทน 30-40% จะเสียเสถียรภาพเนื่องจากอิมัลชันมีขนาดหยดน้ำมันที่ใหญ่ จึงมีแนวโน้มจะเกิด partial coalescence ได้มาก



รูปที่ 2.5 การรวมตัวบางส่วนของอนุภาค

ที่มา: McClements (2005)

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบอิมัลชันมีความแตกต่างจากในไขมันหรือน้ำมันทั่วไป เนื่องจากระบบอิมัลชันมีความซับซ้อน จึงทำให้การเข้าทำปฏิกิริยาของสารประกอบแต่ละชนิดแตกต่างกันไป โดยทั่วไปอิมัลชันจะมีอิมัลซิไฟเออร์หุ้มอยู่รอบอนุภาคทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อนุภาครวมตัวกัน ผลจากการมี interfacial region รอบอนุภาคทำให้กลไกการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบอิมัลชัน แตกต่างจากของไขมันและน้ำมันทั่วไป (McClements and Decker, 2000) โดยในระบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นที่ interfacial region ของหยดน้ำมัน โดยเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่าง lipid hydroperoxides ที่อยู่บริเวณผิวหยดน้ำมันกับ transition metals ที่อยู่ในวัฏภาคต่อเนื่อง

McClements and Decker (2000) ได้อธิบายกลไกของปฏิกิริยาออกซิเดชันในระบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ไว้ว่า กลไกของปฏิกิริยาดังกล่าวนี้นั้น ส่วนใหญ่เป็นการสลายของสาร hydroperoxides (LOOH) ไปเป็น peroxy radicals (LOO \cdot) และ alkoxy radicals (LO \cdot) โดยมีไอออนของ transition metals เช่น ไอออนของเหล็ก (Fe $^{3+}$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา หลังจากนั้น

peroxy radicals และ alkoxy radicals ที่เกิดขึ้นสามารถทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของกรดไขมันอื่น เกิดเป็น hydroperoxides โมเลกุลใหญ่ และ lipid radicals (L·)

ในขั้นต่อมา lipid radicals ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระที่ไวต่อปฏิกิริยาสามารถทำปฏิกิริยากับ ออกซิเจน เกิดเป็น peroxy radicals ที่สามารถเกิดปฏิกิริยาถูกไขกับโมเลกุลของกรดไขมันอื่น ได้ hydroperoxides และ lipid radicals อีก โดยปฏิกิริยาในขั้นนี้จะเกิดซ้ำกันหลายๆ ครั้งและ ต่อเนื่อง ทำให้เกิด hydroperoxides เพิ่มขึ้นมากมาย

อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมทั้ง hydroperoxides จะเกิดปฏิกิริยาต่อไป ให้ผลผลิตเป็น hydrocarbons, ketones และ aldehydes ซึ่งมีโมเลกุลเล็กและเป็นตัวการที่ทำให้เกิดกลิ่นหืน ขึ้นในที่สุด

2.4.4 มายองเนส

มายองเนสเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยมีน้ำมันกระจายตัวอยู่ในส่วนที่เป็นวัฏภาค ต่อเนื่องของน้ำในน้ำส้มสายชู และมีเลซิทีนที่ได้จากไข่แดงทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีสภาพกึ่ง ของแข็ง (semi-solid) ส่วนผสมของมายองเนส ประกอบด้วย น้ำมันสลัด หรือ น้ำมันพืช ไข่แดง น้ำส้มสายชู เกลือ น้ำตาลทราย มัสตาร์ด เครื่องเทศ และสารปรุงแต่งกลิ่นรส โดยปกติมายองเนส มีน้ำมัน 70-80% และมีความเป็นกรดไม่น้อยกว่า 2.5% น้ำส้มสายชูและเกลือช่วยทำหน้าที่เป็น สารกันเสีย (preservative) (นิธิยา รัตนานนท์, 2548) มายองเนสจะเกิดการเสียสภาพเมื่อ อิมัลชันถูกทำลาย หรือจากการมีกลิ่นหืนของน้ำมันเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือมีการ ปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1402-2540) มายองเนสต้องมีไขมันไม่น้อยกว่า 65% โดยน้ำหนัก มีความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน 4.1 และปริมาณน้ำไม่เกิน 30% โดย น้ำหนัก อีกทั้งจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า 1000 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และโคลิฟอร์มโดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

3.1.1 แปรสัดส่วนน้ำมันผสม วิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันชนิดเดียว และสมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดเดียวและน้ำมันผสม

3.1.2 ผลิตมาของเนสและศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของมาของเนสที่ใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน

3.1.3 ศึกษาเสถียรภาพในการเก็บรักษามาของเนสที่ใช้น้ำมันผสมสูตรที่เลือกเป็นน้ำมันพื้นฐาน

3.2 วัตถุดิบ

3.2.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น ตราปาริสูทธิ ผลิตโดยบริษัท แนชเจอร์ลมายด์ จำกัด เมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2553 โดยซื้อจากบริษัท แนชเจอร์ลมายด์ จำกัด

3.2.2 น้ำมันรำข้าว ตราคิง ผลิตโดยบริษัท น้ำมันบริโภคไทย จำกัด เมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2553 โดยซื้อจาก บริษัท สยามพารากอน รีเทล จำกัด

3.2.3 ไข่ไก่ เบอร์ 1 ตราชี้พี ผลิตโดยบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ซื้อจาก บริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม สาขาจามจุรีสแควร์

3.2.4 น้ำส้มสายชู ตราคิวพี ผลิตโดยบริษัท กิวไป จำกัด ซื้อจาก บริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม สาขาจามจุรีสแควร์

3.2.5 น้ำตาลทราย ตรามิตรผล ผลิตโดยบริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด ซื้อจาก บริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม สาขาจามจุรีสแควร์

3.2.6 เกลือป่น ตรารุ่งทิพย์ ผลิตโดยบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด ซื้อจาก บริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม สาขาจามจุรีสแควร์

3.2.7 น้ำดื่ม ตรานเนสท์เล่เพียวไลฟ์ ผลิตโดยบริษัท เปอริเอ่ วิเทล (ประเทศไทย) จำกัด ซื้อจาก บริษัท เอก-ชัย ดีสทริบิวชั่น ซิสเทม สาขาจามจุรีสแควร์

3.3 อุปกรณ์

- กล้องจุลทรรศน์ (OLYMPUS รุ่น BH-2)
- เครื่องผสมอาหาร (KENWOOD รุ่น major classic)
- เครื่องวัดความหนืด (Fugilab รุ่น ALPHA series)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus)
- เครื่องวัดสี (Minolta Chroma Meter, รุ่น CR-400)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Satorius, A 200s)
- นาฬิกาจับเวลา (Alba, sw01-x002)
- เครื่อง Differential Scanning Calorimetric (Netzsch รุ่น 204 F1 Phoenix)

3.4 วิเคราะห์หาค่าประกอบของกรดไขมัน และตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดเดียวและน้ำมันผสม

3.4.1 องค์ประกอบกรดไขมัน ดัดแปลงจากวิธีของ Lepage and Roy (1986)

วิเคราะห์หาค่าประกอบกรดไขมันในน้ำมันผสม โดยใช้เครื่อง gas chromatography (SHIMADZU รุ่น GC-2010+AOC2i+s, Japan) ส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและบริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ฮาลาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

3.4.2 ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

- ค่าสีตามระบบ CIE ($L^* a^* b^*$) โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma Meter, รุ่น CR-400
- ค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง Fugilab รุ่น ALPHA series
- อุณหภูมิการเกิดผลึก (Crystallization temperature, T_c) โดยใช้เครื่อง DSC (Netzsch รุ่น 204 F1 Phoenix) ดัดแปลงจากวิธีของ Hayati et al. (2009b)

3.5 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน

3.5.1 ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ (รายละเอียดในภาคผนวก ข)

- ค่าดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชัน (Emulsion Stability Index, ESI) ตามวิธีของ Mirhosseini et al. (2008)
- ค่าสีตามระบบ CIE (L^* a^* b^*) โดยใช้เครื่อง Minolta Chroma Meter, รุ่น CR-400
- ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity โดยใช้ Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus
- โครงสร้างจุลภาค (Microstructure) โดยใช้ กล้องจุลทรรศน์ OLYMPUS รุ่น BH-2
- อุณหภูมิการเกิดผลึก (T_c) โดยใช้เครื่อง DSC (Netzsch รุ่น 204 F1 Phoenix) ดัดแปลงจากวิธีของ Hayati et al. (2009b)

3.5.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมี (รายละเอียดในภาคผนวก ค)

- วิเคราะห์ค่า 2-Thiobarbituric acid (TBA) ตามวิธีของ Pearson (1976)

3.5.3 ตรวจสอบสมบัติทางจุลชีววิทยา (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

- ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (2001) Chapter ที่ 3, 18 และ 4 ตามลำดับ ส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.4 ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยแบ่งเป็น (รายละเอียดในภาคผนวก จ)

- การวิเคราะห์ประเภทพรรณนาเชิงปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) ด้านความหนืด และ สี
- การทดสอบการยอมรับด้าน สี เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยทำการทดสอบฮีโดนิค แบบ 7 จุด (seven-points hedonic)

การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งสองประเภทใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน

3.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.6.1 แปรสัดส่วนน้ำมันผสม วิเคราะห์หาค่าประกอบของกรดไขมันและสมบัติทางกายภาพของน้ำมันชนิดเดียวและน้ำมันผสม

3.6.1.1 นำน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวมาผสมเป็นน้ำมันพื้นฐานสำหรับผลิตมายองเนส โดยพิจารณาจากการเพิ่มของปริมาณ MCFAs และคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันผสม แปรสัดส่วนของน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าว เป็น 5 สูตร ดังนี้

สูตร 1 น้ำมันรำข้าว (RBO)

สูตร 2 น้ำมันมะพร้าว : น้ำมันรำข้าว 10:90 (v/v) (CNO:RBO 10:90 (v/v))

สูตร 3 น้ำมันมะพร้าว : น้ำมันรำข้าว 20:80 (v/v) (CNO:RBO 20:80 (v/v))

สูตร 4 น้ำมันมะพร้าว : น้ำมันรำข้าว 30:70 (v/v) (CNO:RBO 30:70 (v/v))

สูตร 5 น้ำมันมะพร้าว : น้ำมันรำข้าว 40:60 (v/v) (CNO:RBO 40:60 (v/v))

ตวงน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าวด้วยกระบอกตวงพลาสติกขนาด 1000 มิลลิลิตร ตามอัตราส่วนที่กำหนด ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 1000 มิลลิลิตร ผสมน้ำมันให้เข้ากันโดยใช้เครื่อง magnetic stirrer (Fremo-Geratetechnik รุ่น M21/1, Germany) ที่ความเร็วระดับ 5 กวนน้ำมันอย่างต่อเนื่องนาน 1 นาที

3.6.1.2 วิเคราะห์หาค่าประกอบกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว ดัดแปลงจากวิธีของ Lepage และ Roy (1986) โดยใช้เครื่อง gas chromatography (SHIMADZU รุ่น GC-2010+AOC2i+s, Japan) ส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิจัยและบริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ ฮาลาด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.1.3 ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของน้ำมันผสม 5 สูตร ได้แก่ ค่าสี ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness ค่า index of viscosity และค่า T_c

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's New Multiple Range test (DNMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6.2 ผลิตมายของเนสและศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายของเนสที่ใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน

3.6.2.1 ผลิตมายของเนสโดยใช้น้ำมันตามสัดส่วนในข้อ 3.6.1.1 เป็นน้ำมันพื้นฐาน มีส่วนผสมเป็น น้ำมันผสม 72% เกลือ 1% ไข่แดง 10% น้ำ 2% น้ำตาล 8% และน้ำส้มสายชู 7% โดยในการผลิตเริ่มจากการตีไข่แดง ในเครื่องผสมอาหาร (KENWOOD รุ่น major classic) ที่ความเร็วสูง ละลายเกลือกกับน้ำตาลในน้ำ แล้วเติมส่วนผสมระหว่างเกลือกกับน้ำตาลลงไป ผสมเป็นเวลา 3 นาที เติมน้ำมันลงในเครื่องผสมอาหารอย่างช้าๆ โดยใช้เวลาทั้งหมด 12 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำส้มสายชูอย่างช้าๆขณะที่ปั่นความเร็วสูงประมาณ 1 นาที และปั่นต่ออีก 1 นาทีที่ความเร็วต่ำ จากนั้นบรรจุมายของเนสที่ได้ลงในขวดแก้วปิดด้วยฝาเกลียวขนาด 24 ออนซ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

3.6.2.2 นำมายของเนสที่ผลิตแล้วทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง มาตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่า ESI ค่าสี ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness ค่า index of viscosity โครงสร้างจุลภาค และ ค่า T_c วิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ค่า TBA และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลสมบัติทางกายภาพและเคมีโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และประเมินผลสมบัติทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DNMR T ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.6.2.3 คัดเลือกมายของเนส 2 สูตรโดยพิจารณาจากองค์ประกอบกรดไขมันชนิดสายกลาง โครงสร้างจุลภาค และการยอมรับทางประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาเสถียรภาพในการเก็บรักษา

3.6.3 ศึกษาเสถียรภาพในการเก็บรักษามายของเนสที่ใช้น้ำมันผสมสูตรที่เลือกเป็นน้ำมันพื้นฐาน

3.6.3.1 เก็บมายของเนสสูตรที่คัดเลือกจากข้อ 3.6.2.3 ในขวดแก้วปิดด้วยฝาเกลียวขนาด 24 ออนซ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิห้อง (30 ± 2 °C) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แล้วเก็บตัวอย่างมายของเนส มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของมายของเนส ทุกสัปดาห์ จนครบระยะเวลาในการเก็บรักษา

3.6.3.2 ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่า ESI ค่าสี ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness ค่า index of viscosity และ โครงสร้างจุลภาค ทุกสัปดาห์ และ ค่า T_c ในสัปดาห์ที่ 4 วิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ค่า TBA ทุกสัปดาห์ และตรวจสอบสมบัติทางจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 และ วิเคราะห์ทุกสมบัติในตอนเริ่มต้นการเก็บรักษาของมายองเนสที่ผ่านการเก็บรักษาตามข้อ 3.6.2.2

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี DNMRD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 องค์ประกอบกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาวของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสม

เมื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาวของน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าว พบว่าน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาว เป็น 61.25% และ 38.22% ตามลำดับ และพบว่าในน้ำมันรำข้าวส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดสายยาว เป็น 99.99% เมื่อนำน้ำมันทั้ง 2 ชนิดมาผสม โดยแปรอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าวเป็น 0 : 100, 10 : 90, 20 : 80, 30 : 70 และ 40 : 60 (v/v) พบว่า เมื่ออัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำมันผสมมีปริมาณกรดไขมันชนิดสายกลางสูงขึ้นตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาว ของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ

ชนิดกรดไขมัน	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันรำข้าว	อัตราส่วนระหว่างน้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าว				
			0:100	10:90	20:80	30:70	40:60
MCFAs	61.25	-	0.00	6.13	12.25	18.38	24.5
LCFAs	38.22	99.99	99.99	93.82	87.66	81.49	75.32
MCFAs: LCFAs	1:0.62	0:99.99	0:99.99	1:15.31	1:7.16	1:4.43	1:3.07

4.2 สมบัติทางกายภาพของน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ

4.2.1 ค่าสี

น้ำมันมะพร้าวมีสีขาวใส และน้ำมันรำข้าวมีสีเหลืองใส ทำให้เมื่อนำน้ำมันทั้งสองมาผสมกันในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า ทั้งค่าความสว่าง (L^*), ค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีแดง (a^*) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) และค่าสีแดง (a^*) มีค่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสีของน้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ

สูตรน้ำมันผสม (v/v)	L*	a*	b*
รำข้าว (RBO)	37.27 ^c ± 0.13	0.08 ^a ± 0.04	2.03 ^a ± 0.09
CNO:RBO (10:90)	37.56 ^b ± 0.09	0.07 ^a ± 0.02	1.90 ^b ± 0.09
CNO:RBO (20:80)	37.70 ^a ± 0.06	0.10 ^a ± 0.05	1.80 ^c ± 0.07
CNO:RBO (30:70)	37.67 ^a ± 0.05	-0.11 ^b ± 0.05	1.64 ^d ± 0.09
CNO:RBO (40:60)	37.69 ^a ± 0.11	-0.07 ^b ± 0.06	1.24 ^e ± 0.06

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ความหนืด

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ค่าความหนืดของน้ำมันผสมแต่ละสูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยความหนืดของน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในการทดลองเป็น 33.9 cP ดังนั้นเมื่อสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำมันผสมจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความหนืดของน้ำมันคือจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลกรดไขมัน โดยความหนืดของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลกรดไขมันเพิ่มขึ้น (นิธิยา รัตนปนนท์, 2548) น้ำมันรำข้าวที่มีองค์ประกอบส่วนมากเป็นกรดไขมันชนิดสายยาว จึงมีความหนืดมากกว่าน้ำมันมะพร้าวที่มีกรดไขมันชนิดสายกลางเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ซึ่งงานวิจัยของ Nouredini et al. (1992) พบว่า ที่อุณหภูมิเดียวกัน กรดไขมันชนิดสายกลาง (nonanoic acid, capric acid และ lauric acid) จะมีความหนืดต่ำกว่ากรดไขมันชนิดสายยาว (myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid และ erucic acid) เป็นต้น

ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืด (cP) ของน้ำมันรำข้าวและน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ ที่อุณหภูมิ

30 ± 2°C

สูตรน้ำมันผสม (v/v)	ความหนืด (cP)
รำข้าว (RBO)	56.64 ^a ± 1.00
CNO:RBO (10:90)	54.85 ^b ± 0.05
CNO:RBO (20:80)	51.96 ^c ± 0.58
CNO:RBO (30:70)	49.14 ^d ± 0.39
CNO:RBO (40:60)	47.13 ^e ± 0.26

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.3 อุณหภูมิการเกิดผลึกของน้ำมันรำข้าวและน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวที่ทดแทนน้ำมันรำข้าวเพิ่มขึ้น ค่า T_c ของน้ำมันผสมจะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ระดับความอิ่มตัว (degree of saturation) ของน้ำมันผสมจะสูงขึ้น เป็นผลให้อุณหภูมิในการเกิดผลึกมีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tan and Man (2000) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมทางความร้อนของน้ำมันบริโภค 17 ชนิด โดยใช้ DSC พบว่า น้ำมันที่มี degree of saturation สูง จะมีอุณหภูมิการเกิดผลึกที่สูงกว่าน้ำมันที่มีระดับความไม่อิ่มตัว (degree of unsaturation) สูง

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิการเกิดผลึก ($^{\circ}\text{C}$) ของน้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ

สูตรน้ำมันผสม (v/v)	T_c ($^{\circ}\text{C}$)
รำข้าว (RBO)	-12.9
CNO:RBO (10:90)	-13.0
CNO:RBO (20:80)	-14.6
CNO:RBO (30:70)	-6.5
CNO:RBO (40:60)	-5.6

4.3 สมบัติทางกายภาพ เคมี และลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมเป็นน้ำมันพื้นฐาน

4.3.1 ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

มายองเนสทั้ง 5 สูตร มีเสถียรภาพที่ดีเมื่อผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์โดยไม่เกิดการแยกชั้น แสดงด้วย %ESI ที่เป็น 100% ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสูง ของมายองเนสในหลอดทดลอง	% ESI
รำข้าว (RBO)	0.68	100%
CNO:RBO (10:90)	0.80	100%
CNO:RBO (20:80)	0.39	100%
CNO:RBO (30:70)	0.28	100%
CNO:RBO (40:60)	0.85	100%

4.3.2 ค่าสีของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

จากการวัดค่าสี (L^* , a^* และ b^*) ของมายองเนสทั้ง 5 สูตร พบว่าเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ของมายองเนสทุกสูตรมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b^*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสีแดง (a^*) ของมายองเนสแต่ละสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 เนื่องจากเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นมายองเนสจะมีความหนืดลดลง (ซึ่งแสดงรายละเอียดในข้อ 4.3.3) หยดน้ำมันจึงมีการเคลื่อนที่ได้มากขึ้น ไม่ได้จัดเรียงตัวกันแบบหนาแน่น ดังนั้นเมื่อแสงผ่านเข้าไปในอิมัลชันจะเกิดการกระเจิงของแสงจากหยดน้ำมันได้ลดลง และผ่านทะลุอิมัลชันได้มากขึ้น เป็นผลให้ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลงเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 ค่าสีของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	L^*	a^{*ns}	b^*
รำข้าว (RBO)	69.54 ^a ± 0.05	-3.28 ± 0.08	20.35 ^b ± 0.50
CNO:RBO (10:90)	69.38 ^a ± 0.08	-3.30 ± 0.04	20.17 ^b ± 0.05
CNO:RBO (20:80)	67.55 ^b ± 0.21	-3.23 ± 0.05	20.34 ^b ± 0.13
CNO:RBO (30:70)	67.20 ^c ± 0.23	-3.23 ± 0.08	20.30 ^b ± 0.08
CNO:RBO (40:60)	66.15 ^d ± 0.43	-3.29 ± 0.23	21.12 ^a ± 0.32

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ns หมายถึง ตัวเลขที่อยู่ในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.3.3 ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของ มายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสทั้ง 5 สูตรมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับความหนืดของน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆที่ใช้เป็นน้ำมันพื้นฐานในการผลิตมายองเนส ที่ว่าเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ความหนืดของน้ำมันผสมทั้ง 5 สูตรมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จากผลการทดลองที่เกี่ยวข้องกับสมบัติด้านต่างๆ นี้ยังสามารถแบ่งมายองเนสออกเป็นสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ มายองเนสสูตร RBO, CNO:RBO (10:90) และ CNO:RBO (20:80) ซึ่งมีค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity สูงกว่าค่าของอีกกลุ่ม คือ มายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) และ CNO:RBO (40:60) อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.7 ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g) ⁽¹⁾	Index of Viscosity (g.sec)
รำข้าว (RBO)	131.81 ^a ± 10.84	3406.67 ^a ± 421.92	-203.50 ^a ± 13.69	439.58 ^a ± 3.01
CNO:RBO (10:90)	117.31 ^b ± 2.14	3026.50 ^a ± 70.10	-186.77 ^b ± 2.92	412.60 ^b ± 2.08
CNO:RBO (20:80)	123.12 ^{ab} ± 1.34	3068.84 ^a ± 79.75	-192.91 ^{ab} ± 2.46	431.13 ^a ± 9.16
CNO:RBO (30:70)	97.60 ^c ± 1.05	2468.63 ^b ± 37.63	-148.72 ^c ± 2.00	335.70 ^c ± 2.34
CNO:RBO (40:60)	89.41 ^c ± 2.75	2337.33 ^b ± 135.44	-139.73 ^c ± 3.17	320.25 ^d ± 9.70

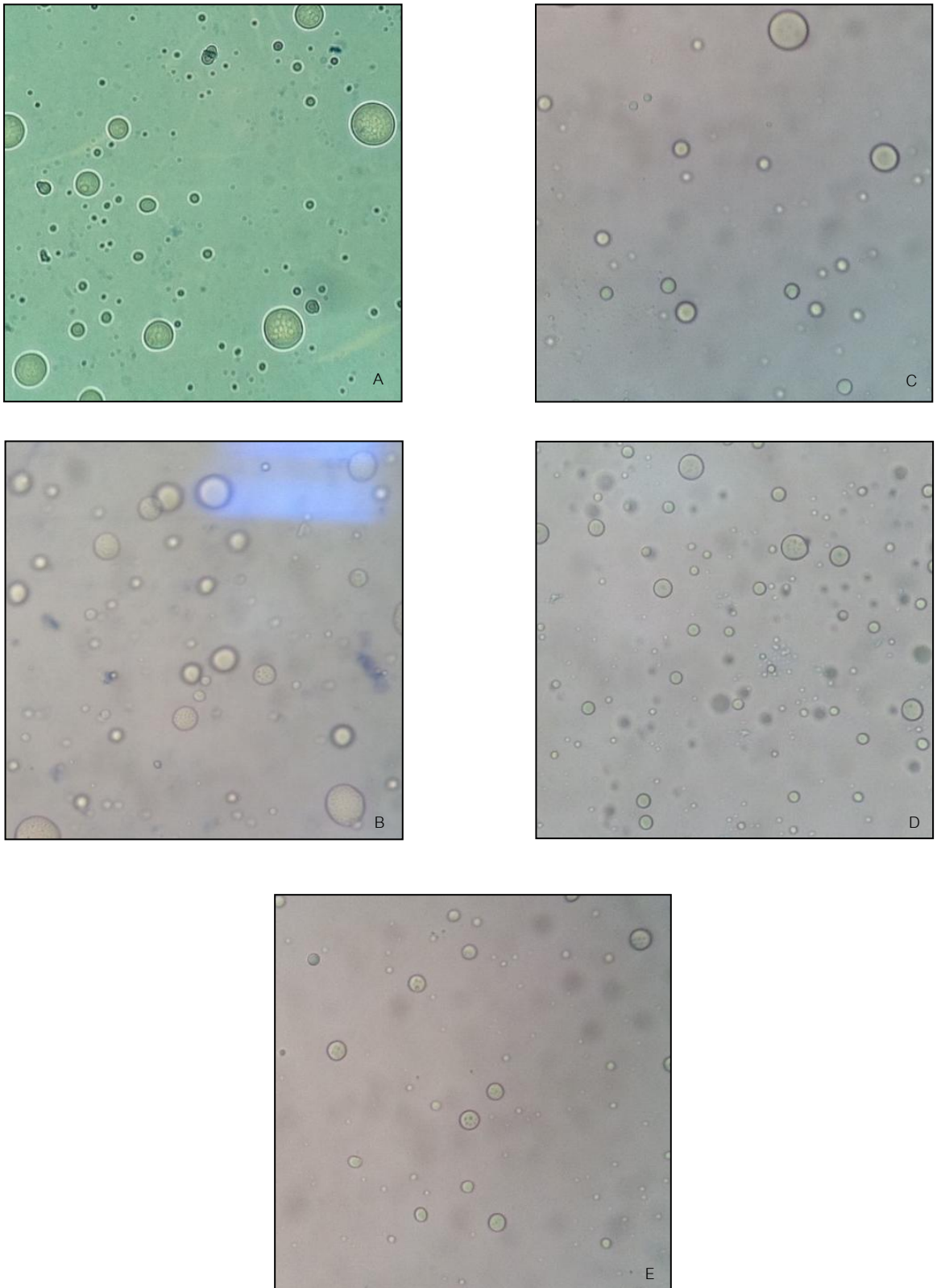
a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

1 หมายถึง วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยไมคิดเครื่องหมาย

4.3.4 โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

จากรูปที่ 4.1 พบว่ามายองเนสสูตรที่ใช้น้ำมันรำข้าว 100% มีขนาดหยदन้ำมันที่ใหญ่กว่ามายองเนสสูตรที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทน 10-40% และเมื่อเปรียบเทียบมายองเนสสูตรที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทน พบว่าเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ขนาดหยदन้ำมันจะเล็กลงและสม่ำเสมอมากขึ้น

หยदन้ำมันขนาดใหญ่จะลอยตัวได้เร็วกว่าหยदन้ำมันขนาดเล็ก ทำให้อัตราการเกิด creaming (เกิดชั้นครีม) ของหยदन้ำมันขนาดใหญ่สูงกว่าหยदन้ำมันขนาดเล็ก (McClements, 2005) ดังนั้นอิมัลชันที่มีหยदन้ำมันขนาดเล็กจะมีเสถียรภาพที่ดีกว่าอิมัลชันที่มีหยदन้ำมันขนาดใหญ่ ซึ่งงานวิจัยของ Hayati et al. (2009a) ที่ศึกษาเสถียรภาพของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่ใช้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอินและน้ำมันถั่วเหลือง อัตราส่วน 30:70 เป็นน้ำมันพื้นฐาน โดยการเติม carboxymethyl cellulose (CMC) พบว่า อิมัลชันที่มีขนาดหยदन้ำมันเล็กและสม่ำเสมอ จะมีเสถียรภาพที่ดีไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อผ่านการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3500 rpm เป็นเวลา 30 นาที ทั้งในอิมัลชันที่ไม่ผ่านและผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน



รูปที่ 4.1 โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสทั้ง 5 สูตร โดย A คือ RBO, B คือ CNO:RBO (10:90), C คือ CNO:RBO (20:80), D คือ CNO:RBO (30:70) และ E คือ CNO:RBO (40:60) ด้วยกำลังขยาย 40 เท่า

4.3.5 อุณหภูมิการเกิดผลึกของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

จากตารางที่ 4.8 พบว่า จากค่า T_c ของมายองเนสทั้ง 5 สูตร สามารถแบ่งมายองเนส ออกได้เป็นสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรก คือ มายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (10:90) พบว่าค่า T_c ของมายองเนสกลุ่มนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่า T_c ของน้ำมันผสมที่ใช้เป็นน้ำมันพื้นฐาน (ตารางที่ 4.4) เนื่องจากมายองเนสมีเลซิทินทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งโมเลกุลของเลซิทินจะประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวจึงคล้ายคลึงกับของหยदनน้ำมันในกลุ่มนี้ที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นค่า T_c ของมายองเนส จึงใกล้เคียงกับของน้ำมันผสม ส่วนกลุ่มที่สอง คือ มายองเนสสูตร CNO:RBO (20:80), CNO:RBO (30:70) และ CNO:RBO (40:60) ซึ่งพบว่ามีค่า T_c แตกต่างจากน้ำมันผสม เนื่องจากเมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนของไตรกลีเซอไรด์อิ่มตัว (saturated triglyceride) เพิ่มขึ้นด้วย โครงสร้างของอิมัลซิไฟเออร์จึงไม่คล้ายคลึงกับของหยदनน้ำมัน กระบวนการเกิดผลึกจึงเกิดได้ช้าลง

อุณหภูมิในการเกิดผลึกของน้ำมัน (oil) จะมีค่าสูงกว่าของหยदनน้ำมัน (droplet) ในอิมัลชันเนื่องจาก การเกิดนิวเคลียสของน้ำมันเป็นแบบ heterogeneous nucleation ในน้ำมันจะเริ่มเกิดผลึกบางส่วนก่อน หลังจากนั้นจะกระจายต่อไปยังส่วนต่างๆ แต่การเกิดผลึกของหยदनน้ำมันในอิมัลชันจะเกิดที่บริเวณระหว่างผิวของหยदनน้ำมันกับน้ำ และไม่กระจายไปยังหยदनน้ำมันหยदनอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจากการเกิดผลึกของน้ำมัน เป็นผลให้หยदनน้ำมันในอิมัลชันเกิดผลึกได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าของน้ำมัน และสายไฮโดรคาร์บอนของอิมัลซิไฟเออร์ที่แทรกอยู่ในหยदनน้ำมันจะทำหน้าที่เป็น templates สำหรับการเกิดนิวเคลียสที่บริเวณระหว่างผิว (Dickinson and McClements, 1996) ดังนั้นถ้าอิมัลซิไฟเออร์มี chemical structure ที่คล้ายคลึงกับของหยदनน้ำมันอัตราการเกิดนิวเคลียสจะสูง หรือใกล้เคียงกับของน้ำมัน (Hayati et al., 2009b)

ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hayati et al. (2009b) ที่ศึกษาผลของการแปรอัตราส่วนของน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอิน (PKO) และ น้ำมันถั่วเหลือง (SBO) ที่มีต่อเสถียรภาพทางความร้อน (thermal stability) ของมายองเนสด้วยเครื่อง DSC พบว่า มายองเนสที่ใช้ส่วนผสมระหว่างน้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอิน : น้ำมันถั่วเหลือง เป็น 0:100, 10:90 และ 20:80 มีค่า T_c ใกล้เคียงกับของน้ำมันผสมอัตราส่วนดังกล่าว ในขณะที่มายองเนสอัตราส่วน 30:70 และ 40:60 จะมีค่า T_c แตกต่างและต่ำกว่าของน้ำมันผสม

ตารางที่ 4.8 อุณหภูมิการเกิดผลึก (°C) ของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	T _c (°C)
รำข้าว (RBO)	-13.9
CNO:RBO (10:90)	-13.9
CNO:RBO (20:80)	-17.5
CNO:RBO (30:70)	-9.8
CNO:RBO (40:60)	-8.2

4.3.6 ค่า TBA ของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

จากการทดลองพบว่า ค่า TBA เริ่มต้นของมายองเนสที่ใช้น้ำมันรำข้าว 100% และที่ใช้ น้ำมันมะพร้าวทดแทน 10-40% เป็น 0.23 ± 0.02 , 0.19 ± 0.02 , 0.30 ± 0.02 , 0.27 ± 0.01 และ $0.16 \pm 1.6 \times 10^{-3}$ mg malonaldehyde/kg ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่า TBA ของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	TBA (mg malonaldehyde/kg)
รำข้าว (RBO)	$0.23^b \pm 0.02$
CNO:RBO (10:90)	$0.19^{bc} \pm 0.02$
CNO:RBO (20:80)	$0.30^a \pm 0.02$
CNO:RBO (30:70)	$0.27^a \pm 0.01$
CNO:RBO (40:60)	$0.16^c \pm 1.6 \times 10^{-3}$

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.7 การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผลการวิเคราะห์ประเภทพรรณนาเชิงปริมาณด้านความหนืดและสีของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันพื้นฐาน มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

นอกจากนี้คะแนนการยอมรับของมายองเนสทั้ง 5 สูตร ด้านสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยด้านเนื้อสัมผัสสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ RBO รองลงมาคือ CNO:RBO (10:90) และ CNO:RBO (30:70) สูตรที่ได้รับการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสน้อยที่สุดคือ CNO:RBO (20:80) และ CNO:RBO (40:60) ทางด้านรสชาติสูตร RBO ได้รับการยอมรับมากที่สุด รองลงมาคือ CNO:RBO (10:90), CNO:RBO (20:80) และ CNO:RBO (30:70) และสูตรที่ได้รับการยอมรับน้อยที่สุด คือ CNO:RBO (40:60) สุดท้ายด้านความชอบโดยรวม สูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ RBO นอกนั้นได้รับการยอมรับรองลงมา ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ประเภทพรรณาเชิงปริมาณด้านความหนืด และ สี ของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	ความหนืด ^{ns}	สี ^{ns}
รำข้าว (RBO)	7.13 ± 2.38	6.81 ± 1.96
CNO:RBO (10:90)	6.58 ± 2.31	5.97 ± 1.96
CNO:RBO (20:80)	7.13 ± 2.46	6.36 ± 2.03
CNO:RBO (30:70)	6.76 ± 2.43	6.21 ± 2.06
CNO:RBO (40:60)	6.46 ± 2.58	6.12 ± 1.92

ns หมายถึง ตัวเลขที่อยู่ในสมมุติเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.11 คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคต่อมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันพื้นฐาน

สูตรมายองเนส	สี ^{ns}	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
รำข้าว (RBO)	4.58 ± 1.13	4.88 ^a ± 1.10	5.28 ^a ± 1.28	5.12 ^a ± 1.15
CNO:RBO (10:90)	4.92 ± 1.16	4.70 ^{ab} ± 1.11	4.10 ^b ± 1.58	4.24 ^b ± 1.30
CNO:RBO (20:80)	4.64 ± 1.19	4.30 ^b ± 1.22	3.72 ^{bc} ± 1.37	4.10 ^b ± 1.09
CNO:RBO (30:70)	4.72 ± 1.14	4.52 ^{ab} ± 0.95	4.04 ^b ± 1.31	4.04 ^b ± 1.31
CNO:RBO (40:60)	4.76 ± 1.17	4.30 ^b ± 1.15	3.42 ^c ± 1.50	3.78 ^b ± 1.23

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสมมุติเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ตัวเลขที่อยู่ในสมมุติเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

4.4 เสถียรภาพในการเก็บรักษามายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมสูตรที่เลือกเป็นน้ำมันพื้นฐาน

เมื่อพิจารณาสมบัติทางกายภาพ และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัสของมายองเนสทั้ง 5 สูตร พบว่ามายองเนสทั้ง 5 สูตรสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่ม โดยกลุ่มแรก คือ มายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO(10:90) และกลุ่มที่สอง คือ มายองเนสสูตร CNO:RBO (20:80), CNO:RBO (30:70) และ CNO:RBO (40:60) เลือกมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) มาศึกษาเสถียรภาพในการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยพิจารณาจากองค์ประกอบของกรดไขมัน โครงสร้างจุลภาค และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ คือ ค่า ESI ค่าสี ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness ค่า index of viscosity และ โครงสร้างจุลภาค ทุกสัปดาห์ ตรวจวัดค่า T_c ตอนเริ่มต้น และสัปดาห์ที่ 4 วิเคราะห์สมบัติเคมีและ ตรวจสอบสมบัติทางจุลชีววิทยาของมายองเนสทั้งสองสูตรทุกสัปดาห์ซึ่งได้ผลจากการศึกษาดังต่อไปนี้

4.4.1 ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสระหว่างการเก็บรักษา

จากการผลการทดลองพบว่า ทั้งมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) มีเสถียรภาพที่ดีตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไม่เกิดการแยกชั้น ซึ่งแสดงด้วย %ESI เป็น 100% ดังแสดงในตารางที่ 4.12 และ 4.13

ตารางที่ 4.12 ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ\text{C}$

ระยะเวลาการเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสูงของมายองเนสในหลอดทดลอง	% ESI
เริ่มต้น	0.93	100%
สัปดาห์ที่ 1	0.51	100%
สัปดาห์ที่ 2	0.20	100%
สัปดาห์ที่ 3	0.09	100%
สัปดาห์ที่ 4	0.39	100%

ตารางที่ 4.13 ดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชันของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ระยะเวลาการเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความสูง ของมายองเนสในหลอดทดลอง	% ESI
เริ่มต้น	3.30	100%
สัปดาห์ที่ 1	0.10	100%
สัปดาห์ที่ 2	0.20	100%
สัปดาห์ที่ 3	0.28	100%
สัปดาห์ที่ 4	0.60	100%

4.4.2 ค่าสีของมายองเนสระหว่างการเก็บรักษา

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 พบว่า มายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความสว่าง (L^*) มีค่าลดลง เนื่องจากหยดน้ำมันบางส่วนจะเกิด flocculation ทำให้หยดน้ำมันมาเกาะกลุ่มรวมตัวกันใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตอนเริ่มต้น เป็นผลให้ลำแสงทะลุผ่านอิมัลชันได้มากขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) จึงลดลง นอกจากนี้มายองเนสทั้งสองสูตรมีค่าสีเหลือง (b^*) ลดลง ในขณะที่มีความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้น (a^* มีค่าลดลง) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าสีของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ระยะเวลาการเก็บรักษา	L*	a*	b*
เริ่มต้น	67.45 ^a ± 0.07	-0.91 ^a ± 0.07	19.62 ^a ± 0.09
สัปดาห์ที่ 1	66.96 ^b ± 0.08	-0.95 ^b ± 0.03	19.27 ^b ± 0.21
สัปดาห์ที่ 2	66.11 ^c ± 0.03	-1.37 ^c ± 0.01	18.63 ^c ± 0.10
สัปดาห์ที่ 3	66.15 ^c ± 0.05	-1.35 ^c ± 0.03	18.16 ^d ± 0.06
สัปดาห์ที่ 4	66.14 ^c ± 0.03	-1.44 ^d ± 0.03	18.15 ^d ± 0.07

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.15 ค่าสีของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ระยะเวลาการเก็บรักษา	L*	a*	b*
เริ่มต้น	66.65 ^a ± 0.04	-1.06 ^a ± 0.02	19.59 ^a ± 0.15
สัปดาห์ที่ 1	65.92 ^b ± 0.04	-1.25 ^b ± 0.02	18.94 ^b ± 0.21
สัปดาห์ที่ 2	65.89 ^b ± 0.06	-1.52 ^d ± 0.03	18.71 ^c ± 0.04
สัปดาห์ที่ 3	65.91 ^b ± 0.06	-1.30 ^c ± 0.03	18.29 ^d ± 0.22
สัปดาห์ที่ 4	65.88 ^b ± 0.02	-1.59 ^e ± 0.04	18.39 ^d ± 0.19

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4.3 ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสระหว่างการเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่า ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร RBO มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity จะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ดังแสดงในตารางที่ 4.16) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาหยดน้ำมันบางส่วนของมายองเนสสูตร RBO จะเกิด flocculation และ coalescence เป็นผลให้หยดน้ำมันมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งขนาดหยดน้ำมันจะมีผลต่อสมบัติการไหลของอิมัลชันความเข้มข้นสูง เช่น มายองเนส (McClements, 2005) เนื่องจาก

ขนาดหยดน้ำมันที่มีใหญ่ขึ้นจะทำให้จำนวนหยดน้ำมันต่อปริมาตรของอิมัลชันลดลง ระยะห่างระหว่างหยดน้ำมันเพิ่มขึ้น ดังนั้นหยดน้ำมันสามารถเคลื่อนที่ได้ดีขึ้นและต้านทานการไหลลดลง (Hayati et al., 2007) ซึ่งการเกิด coalescence ของหยดน้ำมัน จะมีผลให้ความหนืดของอิมัลชันมีค่าลดลง (Tadros, 2004)

จากตารางที่ 4.17 พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาหยดน้ำมันบางส่วนจะเกิด flocculation ซึ่งการเกิด flocculation ของหยดน้ำมันจะมีผลต่อสมบัติการไหลของอิมัลชัน คือ อิมัลชันที่ประกอบด้วยหยดน้ำมันที่เกิด floc จะมีความหนืดสูงกว่าอิมัลชันที่หยดน้ำมันไม่เกิด floc เนื่องจาก เมื่อหยดน้ำมันเกิด floc จะรวมวฏภาคต่อเนื่องบางส่วนเข้าไปด้วยเป็นผลให้สัดส่วนปริมาตร (volume fraction) ของอิมัลชันสูงขึ้น ความหนืดของอิมัลชันจึงเพิ่มขึ้นด้วย (McClements, 2005)

ตารางที่ 4.16 ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C

ระยะเวลา การเก็บรักษา	Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g) ⁽¹⁾	Index of Viscosity (g.sec)
เริ่มต้น	134.82 ^a ± 4.47	3615.19 ^a ± 81.83	-203.22 ^a ± 8.85	450.89 ^a ± 17.57
สัปดาห์ที่ 1	127.62 ^{ab} ± 5.98	3352.43 ^b ± 97.36	-197.53 ^{ab} ± 3.36	432.89 ^{ab} ± 5.86
สัปดาห์ที่ 2	133.76 ^a ± 6.44	3490.47 ^{ab} ± 163.76	-198.10 ^{ab} ± 7.20	427.11 ^{bc} ± 12.39
สัปดาห์ที่ 3	123.41 ^b ± 3.73	3398.19 ^b ± 42.42	-189.24 ^b ± 2.02	408.76 ^{cd} ± 5.47
สัปดาห์ที่ 4	112.44 ^c ± 9.33	3009.39 ^c ± 79.24	-175.39 ^c ± 5.01	395.34 ^d ± 9.09

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

1 หมายถึง วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยไมคิดเครื่องหมาย

ตารางที่ 4.17 ค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ 30 ± 2°C

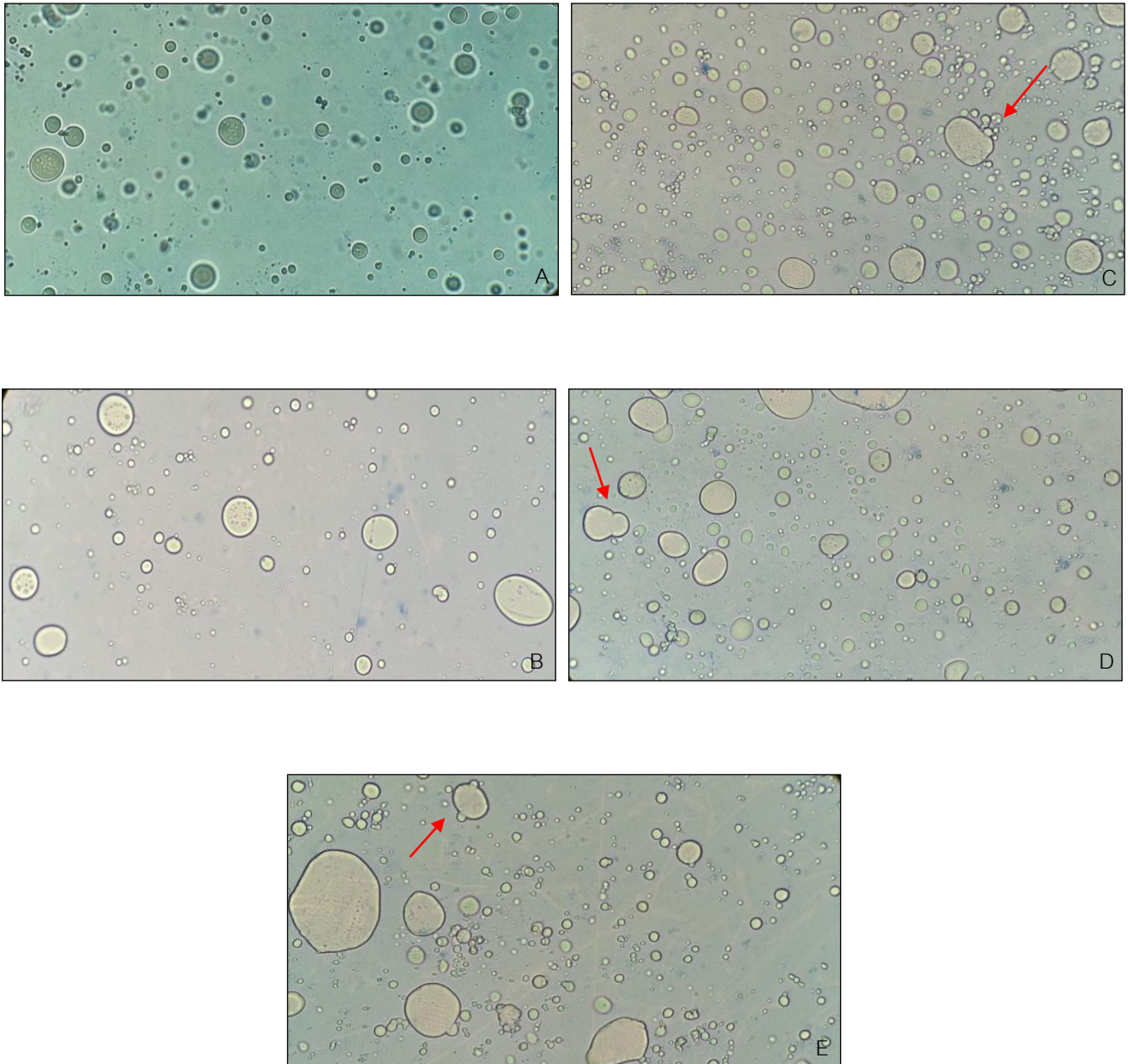
ระยะเวลา การเก็บรักษา	Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g) ⁽¹⁾	Index of Viscosity (g.sec)
เริ่มต้น	106.80 ^c ± 0.81	2906.69 ^b ± 40.84	-161.95 ^b ± 0.87	367.00 ^b ± 0.16
สัปดาห์ที่ 1	114.42 ^b ± 3.16	2980.11 ^{ab} ± 112.43	-181.18 ^a ± 3.95	400.57 ^a ± 3.96
สัปดาห์ที่ 2	118.44 ^{ab} ± 6.28	3106.68 ^a ± 87.44	-181.53 ^a ± 2.44	398.31 ^a ± 5.31
สัปดาห์ที่ 3	119.77 ^{ab} ± 0.32	3154.63 ^a ± 22.99	-176.95 ^a ± 3.35	396.46 ^a ± 8.95
สัปดาห์ที่ 4	123.69 ^a ± 3.77	3141.33 ^a ± 158.63	-181.61 ^a ± 1.56	399.78 ^a ± 6.04

a,b,c ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.05)

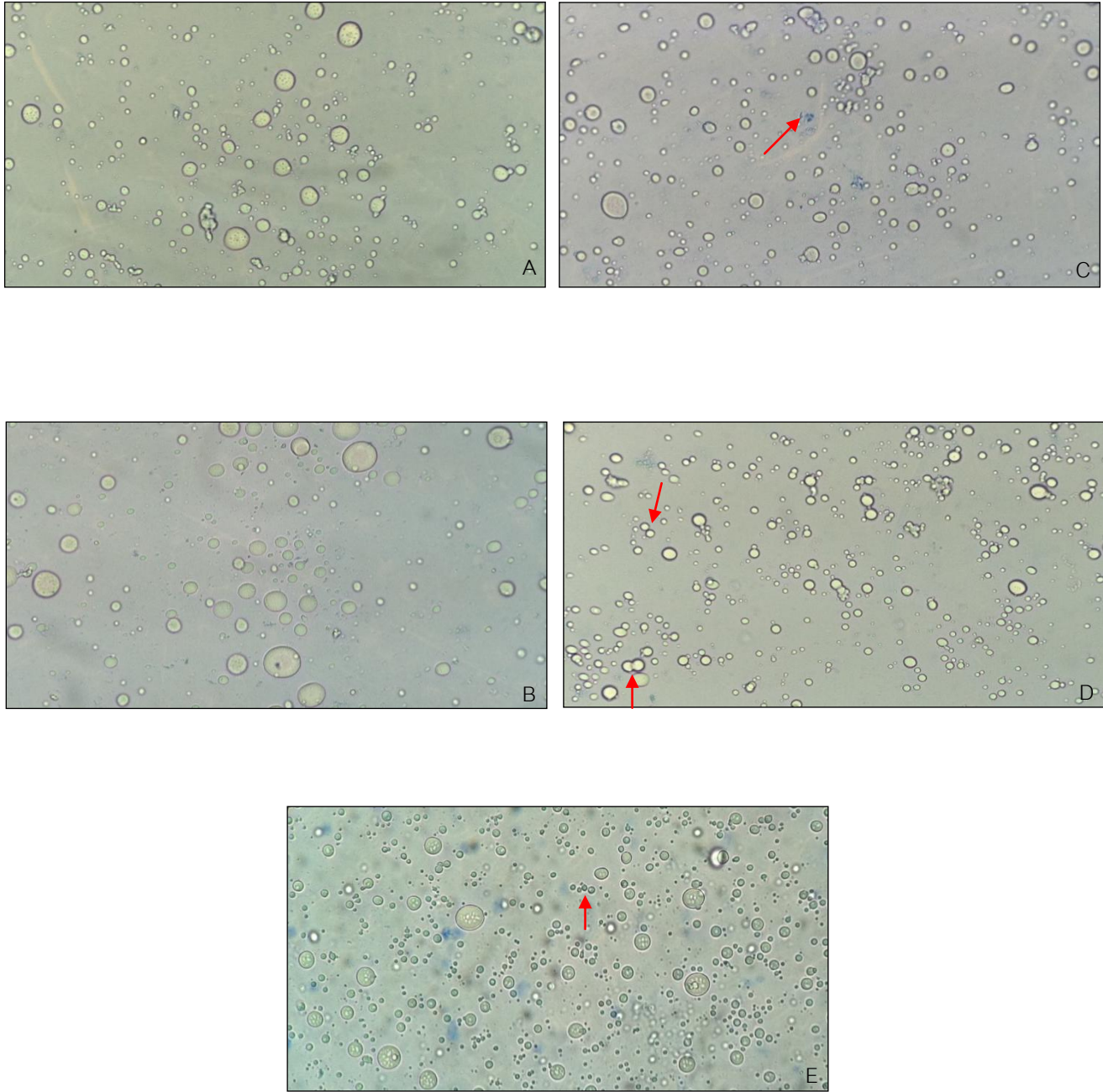
1 หมายถึง วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยไมคิดเครื่องหมาย

4.4.4 โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ หยดน้ำมันบางส่วนของมายองเนสสูตร RBO จะเกิด flocculation และ coalescence (ดังแสดงตามลูกศร) เป็นผลให้หยดน้ำมันมีขนาดใหญ่ขึ้น (รูปที่ 4.2) ในขณะที่มายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) หยดน้ำมันบางส่วนจะเกิด flocculation ขึ้น (ดังแสดงตามลูกศร) แต่ขนาดหยดน้ำมันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก (รูปที่ 4.3) จากผลการทดลองพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hayati et al. (2007) ได้ศึกษาผลของการแปรอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง (SBO) และ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์มโอเลอิน (PKO) ที่มีต่อเสถียรภาพของอิมัลชัน โดยแปรอัตราส่วนของ SBO:PKO เป็น 100:0 90:10 80:20 70:30 และ 60:40 (w/w) เปรียบเทียบระหว่างอิมัลชันที่ผลิตแล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กับ ที่เก็บเป็นเวลา 30 วัน อุณหภูมิ 25°C พบว่า อิมัลชันที่ใช้ SBO 100% เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดหยดน้ำมันมากกว่า อิมัลชันที่ใช้ PKO 10-30% โดย Hayati et al. (2007) ให้เหตุผลว่ากรดไขมันชนิดสายกลางที่มีคาร์บอน 6-12 อะตอม ซึ่งพบมากในน้ำมันมะพร้าว และ น้ำมันเนื้อในเมล็ดปาล์ม มีความมีขั้วสูงกว่ากรดไขมันชนิดสายยาวทำให้สามารถละลายในวัฏภาคต่อเนื่องได้ดีกว่าจึงทำให้ลดแรงตึงระหว่างผิวของวัฏภาคกระจาย และวัฏภาคต่อเนื่องได้



รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสสูตร RBO ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยกำลังขยาย 40 เท่า โดย A คือ เริ่มต้นการเก็บ, B คือ สัปดาห์ที่ 1, C คือ สัปดาห์ที่ 2, D คือ สัปดาห์ที่ 3 และ E คือ สัปดาห์ที่ 4



รูปที่ 4.3 โครงสร้างจุลภาคของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ด้วยกำลังขยาย 40 เท่า โดย A คือ เริ่มต้นการเก็บ, B คือ สัปดาห์ที่ 1, C คือ สัปดาห์ที่ 2, D คือ สัปดาห์ที่ 3 และ E คือ สัปดาห์ที่ 4

4.4.5 อุณหภูมิการเกิดผลึกของมายองเนสระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ค่า T_c ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) มีค่าใกล้เคียงกับตอนเริ่มต้น แสดงว่าเมื่อระหว่างการเก็บรักษามายองเนสทั้งสองสูตรมีพฤติกรรมทางความร้อน โดยเฉพาะอุณหภูมิการเกิดผลึกไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.18

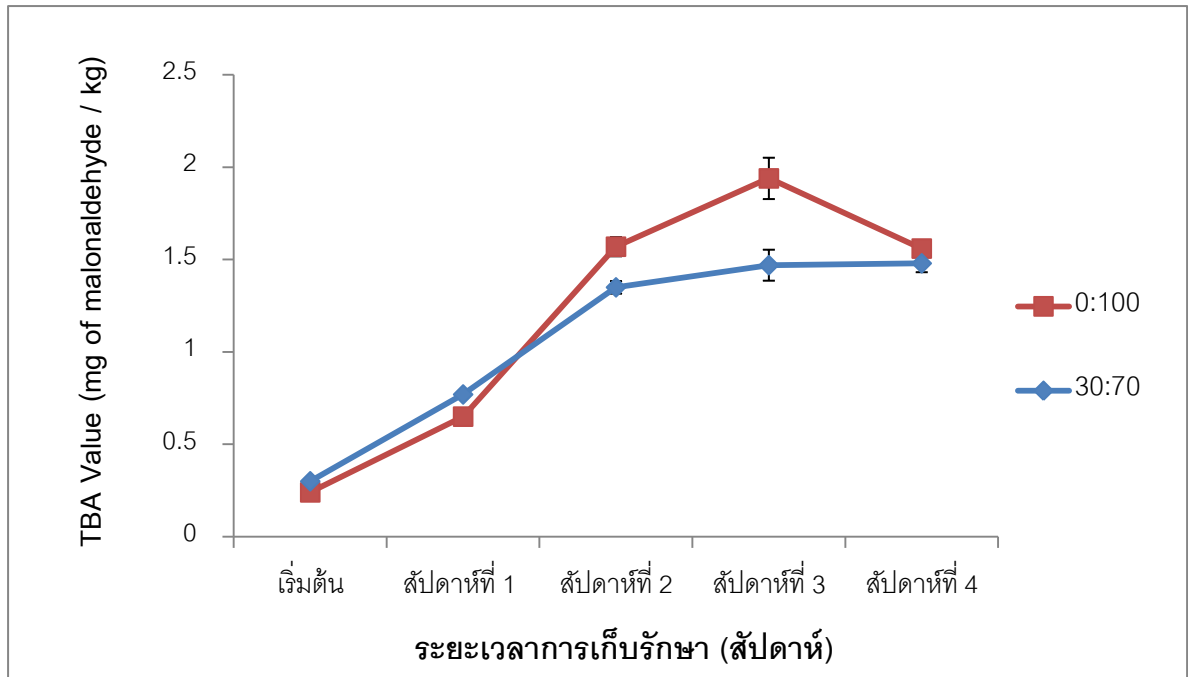
ตารางที่ 4.18 อุณหภูมิการเกิดผลึก ($^{\circ}\text{C}$) ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

สูตรมายองเนส	ระยะเวลา การเก็บรักษา	T_c ($^{\circ}\text{C}$)
รำข้าว (RBO)	เริ่มต้น	-13.6
	สัปดาห์ที่ 4	-13.2
CNO:RBO (30:70)	เริ่มต้น	-9.7
	สัปดาห์ที่ 4	-9.5

4.4.6 ค่า TBA

จากรูปที่ 4.4 ค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO จะมีค่าสูงกว่าสูตร CNO:RBO (30:70) เนื่องจากมายองเนสสูตร RBO จะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าของสูตร CNO:RBO (30:70) แต่ในช่วงเริ่มต้นถึงสัปดาห์แรกพบว่าค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO มีค่าต่ำกว่าสูตร CNO:RBO (30:70) เนื่องจากในน้ำมันรำข้าวมีโอไรซานอล (oryzanol) โทโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอลส์ (tocotrienols) ซึ่งเป็นสารต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) (พันธิพา และคณะ, 2548) จึงช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของมายองเนสสูตร RBO ได้ (ผลการทดลองดังแสดงในภาคผนวก ค)

เมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 3 จากนั้นจะมีค่าลดลง ค่า TBA ลดลง เนื่องจาก malonaldehyde ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน อาจจะทำปฏิกิริยากับ amino group ของโปรตีนได้เป็นผลให้ปริมาณ malonaldehyde ลดลง (Damodaran, 2008)



รูปที่ 4.4 ค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

4.4.7 สมบัติทางจุลชีววิทยา

จากตารางที่ 4.19 พบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ มายองเนสทั้งสองสูตรมีปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิฟอร์ม ไม่เกินที่มาตรฐานอุตสาหกรรมได้กำหนด คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1000 CFU/g ยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 10 CFU/g และโคลิฟอร์มต้องน้อยกว่า 3 MPN/g

ตารางที่ 4.19 จำนวนจุลินทรีย์ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

จุลินทรีย์	ระยะเวลาการเก็บรักษา		
	เริ่มต้น	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 4
จุลินทรีย์ทั้งหมด	< 250 CFU/g	< 250 CFU/g	< 250 CFU/g
ยีสต์และรา	< 10 CFU/g	< 10 CFU/g	< 10 CFU/g
โคลิฟอร์ม	< 3 MPN/g	< 3 MPN/g	< 3 MPN/g

เนื่องจากในงานวิจัยนี้มายองเนสที่เตรียมได้มีช่วง pH ตั้งแต่ 3.8 -4.2 ซึ่งจัดว่าเป็น acid food แยกที่เรียโดยมากไม่เจริญที่ pH ระดับนี้ และ ค่า a_w ของมายองเนสมีค่าประมาณ 0.88 ซึ่งจะเป็น ค่า a_w ต่ำสุดที่ยีสต์จะเจริญได้ (นพพร ล้ำเลิศสกุล, 2552)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาสมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพื้นฐาน เมื่อสัดส่วนน้ำมันมะพร้าวที่ทดแทนลงในน้ำมันผสมเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดไขมันชนิดสายกลางในน้ำมันผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และ ความหนืด มีค่าลดลง ($p \leq 0.05$) เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่สามารถทดแทนน้ำมันรำข้าวได้มากที่สุดคือ 30% (CNO:RBO (30:70)) แสดงด้วยค่า ESI ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ ขนาดหยดน้ำมันเล็กและสม่ำเสมอกว่าอัตราส่วน 10:90 และ 20:80 ตามลำดับ มีค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity สูงกว่าอัตราส่วน 40:60 และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมที่ระดับความชอบเล็กน้อย นอกจากนี้เมื่อผ่านการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ\text{C}$ พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า TBA มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่า L^* และ b^* มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) หยดน้ำมันบางส่วนเกิด flocculation แต่มีขนาดไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับมายองเนสสูตรที่ใช้น้ำมันรำข้าว 100% (RBO) ที่เมื่อผ่านการเก็บรักษาแล้วขนาดหยดน้ำมันใหญ่ขึ้น ทั้งนี้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา มายองเนสสูตรดังกล่าวมีดัชนีความเสถียรของอิมัลชันไม่เปลี่ยนแปลง ค่า T_c ใกล้เคียงกับตอนเริ่มต้น และมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และโคลิ-ฟอร์มไม่เกินที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.1402-2540)

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเสถียรภาพและสมบัติของมายองเนสที่ใช้ไขมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวอัตราส่วนดังที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำมันพื้นฐาน โดยผ่านการเก็บรักษาที่สภาวะต่างๆในเชิงลึกต่อไป เช่น การศึกษาพฤติกรรมทางความร้อน พฤติกรรมทางการไหล และขนาดหยดน้ำมัน เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชวศรี ชุนเจริญ, ดวงมณี บินชามัน, และ ชญานุตม์ โอสระประสพ. 2539. การศึกษาเสถียรภาพและความหนืดของ emulsion ในสไลด์น้ำชั้นลดไขมัน/ลดโคเลสเตอรอล. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพพร ล้ำเลิศสกุล. 2552. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: จรัสรัฐกิจการพิมพ์.

นิตยา รัตนานนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นิตยา รัตนานนท์. 2549. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พันธิพา จันทวัฒน์, ศศิกานต์ กุ้พงษ์ศักดิ์, สุเมธ ตันตระเธียร และ อินทาวุธ สรรพสวัสดิ์. 2548. การศึกษาข้อมูลด้านสมบัติทางกายภาพเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันบริโภค.

กรุงเทพมหานคร: ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2540. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมายองเนสและ สไลด์ครีม. เล่มที่ 114 . กรุงเทพมหานคร: กระทรวงอุตสาหกรรม.

ศิริวรรณ เนติวานนท์. 2532. การหมักหั่นของน้ำมันมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Akoh, C. C., and Kim, B. H. 2008. Structured Lipids. In C. C. Akoh and D. B. Min (eds.), Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology. pp.844-848. Boca Raton: CRC Press.

Bergsson, G., Arnfinnsson, J. H., Steingri'msson, O. L., and Thormar, H. 2001. In vitro killing of *Candida albicans* by fatty acids and monoglycerides. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 45: 3209-3212.

- Damodaran, S. 2008. Amino acids, peptides and proteins. In S. Damodaran, K. L. Parkin, and O. R. Fennema (eds.), Fennema's Food Chemistry. pp.219-323. Boca Raton: CRC Press.
- Dickinson, E., and McClements, D. J. 1996. Advances in Food Colloids. London: Blackie Academic & Professional.
- Feng, P., Weagant, S. D., and Grant, M. A. 2001. Bacteriological Analytical Manual [Online]. Available from: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm064948.htm>. [2011, June 13]
- Frankel, E. N. 2005. Lipid Oxidation. Bridgwater: The Oily Press.
- Ghosh, M. 2007. Review on recent trends in rice bran oil processing. Journal of American Oil Chemists' Society. 84: 315-324.
- Gunstone, F. D. 2002. Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. Berlin: Blackwell Publishing.
- Hayati, I. N., Man, Y. B. C., Tan, C. P., and Aini, I. N. 2007. Stability and rheology of concentrated o/w emulsions based on soybean oil/palm kernel olein blends. Food Research International. 40: 1051-1061.
- Hayati, I. N., Man, Y. B. C., Tan, C. P., and Aini, I. N. 2009a. Droplet characterization and stability of soybean oil/palm kernel olein o/w emulsions with the presence of selected polysaccharides. Food Hydrocolloids. 23: 233-243.
- Hayati, I. N., Man, Y. B. C., Tan, C. P., and Aini, I. N. 2009b. Thermal behavior of concentrated oil-in-water emulsions based on soybean oil and palm kernel olein blends. Food Research International. 42: 1223-1232.
- Homung, B., Amtmann, E., and Sauer, G. 1994. Lauric acid inhibits the maturation of vesicular stomatitis virus. Journal of General Virology. 75: 353-361.
- Lepage, G., and Roy, C. C. 1986. Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. Journal of Lipid Research. 27: 114-120.
- Marten, B., Pfeuffer, M., and Schrezenmeir, J. 2006. Medium-chain triglycerides. International Dairy Journal. 16: 1374-1382.
- Maturin, L.J. and Peeler, J.T. 2001. Bacteriological Analytical Manual [Online]. Available from: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBA/UCM063346>. [2011, June 13]

- McClements, D. J. 2005. Food Emulsions: Principles, Practices and Techniques, 2nd ed. Boca Raton: CRC Press.
- McClements, D. J. 2008. Lipid-based emulsions and emulsifiers. In C. C. Akoh and D. B. Min (eds.), Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology. pp.63-97. Boca Raton: CRC Press.
- McClements, D. J., and Decker, E. A. 2000. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: impact of molecule environments on chemical reactions in heterogeneous food systems. Journal of Food Science. 65(8): 1270-1282.
- McClements, D. J., and Decker, E. A. 2008. Lipids. In S. Damodaran, K. L. Parkin, and O. R. Fennema (eds.), Fennema's Food Chemistry. pp. 156-182. Boca Raton: CRC Press.
- Metin, S., and Hartel, R. W. 2005. Crystallization of fats and oils. In F. Shahidi (ed.), Bailey's Industrial Oil and Fat Products. pp.45-76. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Mirhosseini, H., Tan, C. P., Hamid, N. S. A., and Yusof, S. 2008. Effect of arabic gum, xanthan gum and orange oil content on ζ - potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 315: 47-56.
- Noureddini, H., Teoh, B. C., and Clements, L. D. 1992. Viscosities of vegetable oils and fatty acids. Journal of the American Oil Chemists' Society. 69: 1189-1191.
- Papamandjaris, A. A., MacDougall, D. E., and Jones, P. J. H. 1998. Medium chain fatty acid metabolism and energy expenditure: obesity treatment implications. Life Sciences. 62: 1203-1215.
- Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Foods. 7th ed. Hong Kong: Sheck Wah Tong Printing Press.
- Santipanichwong, R., and Supphantharika, M. 2007. Carotenoids as colorants in reduced-fat mayonnaise containing spent brewer's yeast β -glucan as a fat replacer. Food Hydrocolloids. 21: 565-574.
- Shahidi, F., and Wanasundara, U. N. 2008. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. In C. C. Akoh and D. B. Min (eds.), Food Lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology. pp.393-394. Boca Raton: CRC Press.

- Tan, C. P., and Man, Y. B. C. 2000. Differential scanning calorimetric analysis of edible oils: comparison of thermal properties and chemical composition. Journal of the American Oil Chemists' Society. 77: 143-155.
- Tadros, T. 2004. Application of rheology for assessment and prediction of the long-term physical stability of emulsions. Advances in Colloid and Interface Science. 108-109: 227-258.
- Tournas, V., Stack, M. E., Mislivec, P. B., Koch, H. A., and Bandler R. 2001. Bacteriological Analytical Manual [Online]. Available from: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071435.htm>. [2011, June 13]
- Traul, K. A., Driedger, A., Ingle, D. L. and Nakhasi, D. 2000. Review of the toxicologic properties of medium-chain triglycerides. Food and Chemical Toxicology. 38: 79-98.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์หาองค์ประกอบกรดไขมันในน้ำมัน

ดัดแปลงจากวิธีของ Lepage และ Roy (1986)

อุปกรณ์

เครื่อง Gas chromatography (GC-2010, SHIMADZU)

วิธีวิเคราะห์

1. การทำเมทิลเลชันและวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Gas Chromatography
 - 1.1 ทำเมทิลเลชันโดยดูดตัวอย่างน้ำมัน 20 μ l ลงในหลอดทดลองฝาเกลียว
 - 1.2 เติม methanol:hexane (4:1) 2 ml และค่อย ๆ หยด Acetyl chloride 200 μ l (เขย่าระหว่างหยด) ปิดฝาให้แน่น
 - 1.3 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง
 - 1.4 เติม 6% K_2CO_3 5 ml ปิดฝาให้แน่นและเขย่าให้เข้ากัน
 - 1.5 บั่นเหวี่ยงเพื่อให้เกิดการแยกชั้น ด้วยความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
- 25 °C
- 1.6 ดูดส่วนบนซึ่งเป็นชั้นของกรดไขมันที่ละลายใน Hexane เก็บไว้ในหลอดแก้วเก็บสาร
 - 1.7 ฉีดตัวอย่าง 1 μ l เข้าเครื่อง gas chromatography เพื่อทดสอบหาสัดส่วนของกรดไขมันในตัวอย่าง
 - 1.8 ทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

สภาวะทดสอบ

Injector : split (50:1)

Temperature : 250 °C

Capillary column : DB-23 ขนาด 30 m x 0.25 mm

Film thickness : 0.25 μ m

Initial temperature : 80 °C

Equilibration time : 0.5 นาที

Column oven temperature program :

Total program time : 42.00 นาที

Ramp1 : อัตรา 10 °C/min ถึง 180 °C คงไว้ 15 นาที

Ramp2 : อัตรา 4 °C/min

Final temperature : 220 °C คงไว้ 7 นาที

Detector : Flame Ionization Detector (FID)

Temperature : 300 °C

Makeup gas : N₂/Air

Makeup flow : 30.0 mL/min

H₂ flow : 40.0 mL/min

Carrier gas : He

Total flow rate : 62.9 mL/min

2. การคำนวณ

$$\text{สัดส่วนของกรดไขมัน (\%)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของกรดไขมันชนิดที่ต้องการหา} \times 100}{\text{พื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด}}$$

3. การรายงานผล

รายงานผลเป็นร้อยละของปริมาณกรดไขมันทั้งหมด โดยเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 2 ซ้ำ

ภาคผนวก ข

วิธีการตรวจวัดสมบัติทางกายภาพ

ข.1 การวัดความหนืดของน้ำมันผสม

อุปกรณ์

Fugilab รุ่น ALPHA series

วิธีวิเคราะห์

1. เลือกขนาดของ spindle ให้เหมาะสมกับตัวอย่างที่จะนำมาวัด ในการทดลองนี้ ใช้หัวเบอร์ L1 ใช้ความเร็วรอบในการหมุน 50 rpm ติด spindle เข้ากับแกนของเครื่องวัด จากนั้นจุ่มลงในตัวอย่างน้ำมัน (อุณหภูมิห้อง) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่ใส่ในปิเกตอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยให้ร่องของ spindle อยู่ระดับเดียวกับผิวหน้าของตัวอย่างน้ำมัน
2. ตั้งค่าเครื่องวัดความหนืด โดยตั้งค่าขนาดหัวเข็ม และความเร็วรอบในการหมุน ตามที่กำหนด
3. กดปุ่ม ON เพื่อวัดค่าความหนืด จับเวลา โดยบันทึกค่าความหนืด หน่วยเป็น cP (Centipoise) ที่ 30 60 และ 90 วินาที หรือจนกว่าค่าความหนืดจะคงที่
4. อ่านค่าความหนืดที่วัดได้บนหน้าจอแสดงผล โดยมีหน่วยเป็น cP (Centipoise)

ข.2 การวัดค่าสี

อุปกรณ์

เครื่องวัดสี (Minolta, CR-400)

วิธีวิเคราะห์

1. เลื่อนสวิตช์ Power ไปที่ตำแหน่ง ON
2. กดปุ่ม Index Set
ปรับเลือกแหล่งแสง ILLUMINANT D65 แล้วกดปุ่ม ENTER
3. กดปุ่ม Calibrate ตรวจสอบค่า Y x และ y ให้ตรงตามแผ่น CALIBRATE และแหล่งแสงที่เลือกไว้ดังนี้

$$Y = 93.8$$

$$x = 0.3158$$

$$y = 0.3328$$

4. นำหัววัดวางบนแผ่น Calibrate สีขาว กดปุ่ม Measure Enter รอจนเกิดการ reflect แสง 3 ครั้ง
5. เมื่อ Calibrate เสร็จแล้ว กดปุ่ม Color Space เพื่อเลือกกระบวนวิธีที่ต้องการใช้งาน คือ ระบบ CIE L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าสีแดง) b* (ค่าสีเหลือง)
6. ต่อหัววัดเข้ากับแท่นวางตัวอย่าง แล้วเติมตัวอย่างลงไป ใน sample cell ประมาณ 50 มิลลิลิตร วางในช่องวางตัวอย่าง จากนั้นกดปุ่ม MEASURE ENTER
7. บันทึกค่า L*, a* และ b*

ข.3 การวัดอุณหภูมิการเกิดผลึก (T_c)

ดัดแปลงจากวิธีของ Hayati et al. (2009b)

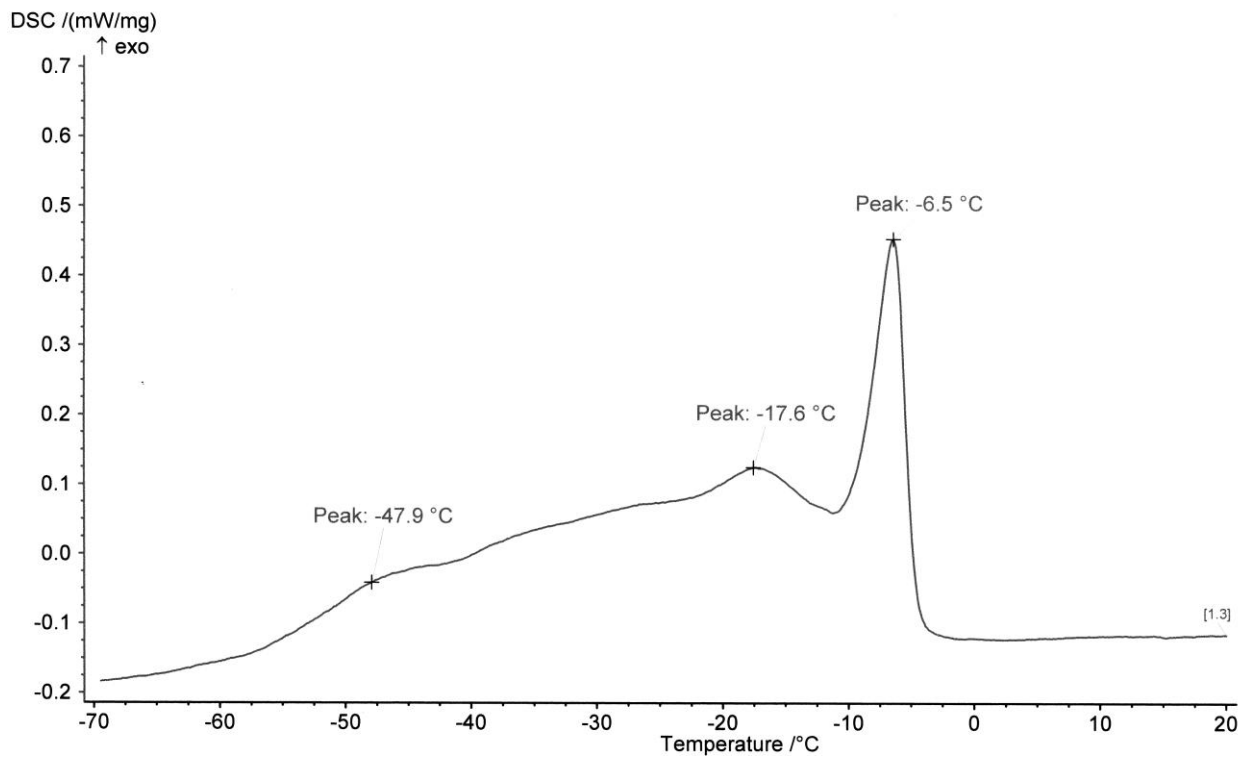
อุปกรณ์

1. เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (Netzsch รุ่น 204 F1 Phoenix, Germany)
2. เครื่องมือสำหรับปิดผนึก DSC pan (climber)
3. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Ohaus รุ่น Explorer, Switzerland)

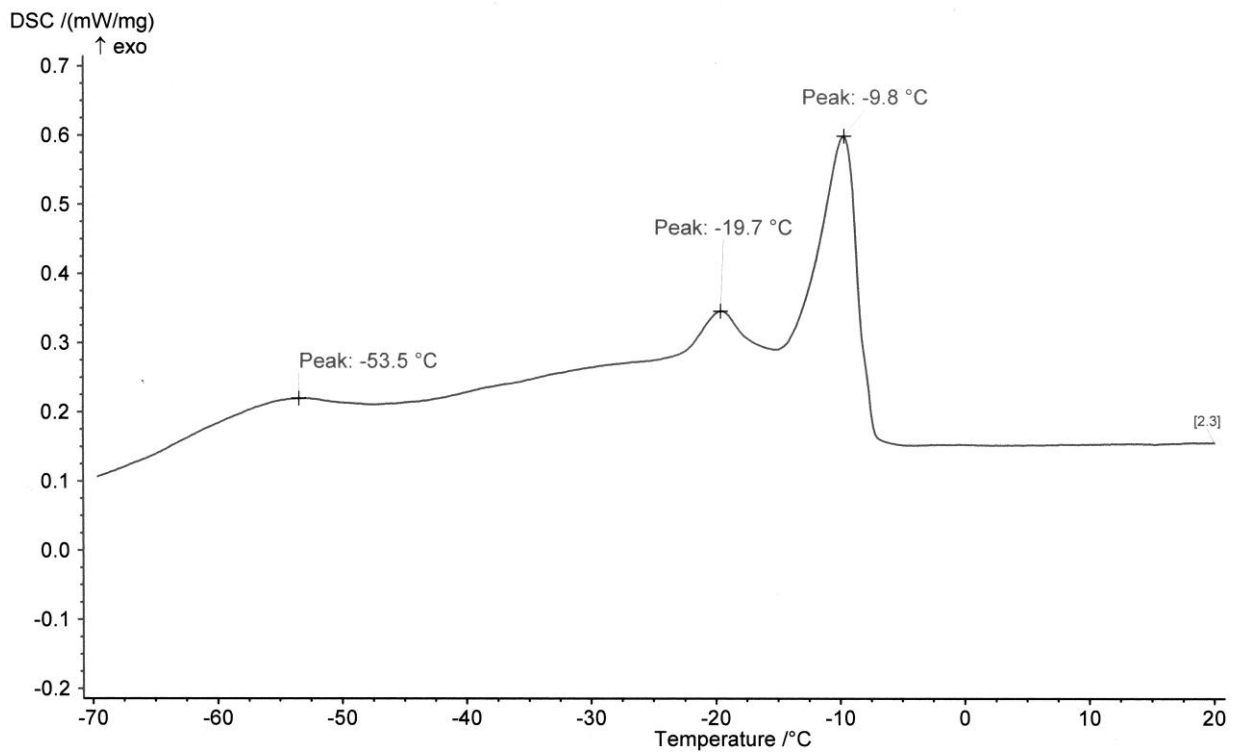
วิธีวิเคราะห์

1. เปิดเครื่อง DSC ทิ้งไว้ประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่ออุ่นเครื่อง
2. ชั่งน้ำหนักน้ำมันผสม 4-5 มิลลิกรัม หรือ มายองเนส 9-10 มิลลิกรัมลงใน aluminum pan
3. ปิดผนึกฝา pan ให้สนิทด้วยเครื่องปิดผนึก
4. ใส่ pan ในช่องใส่ตัวอย่างของเครื่อง DSC และวาง reference pan (pan เปล่า) เริ่มต้นทำให้ตัวอย่างสมดุล (equilibrated) ที่อุณหภูมิ 50°C นาน 5 นาที หลังจากนั้นลดอุณหภูมิ ตั้งแต่ 50°C ถึง -70 °C ด้วยอัตรา 10°C ต่อนาที
5. คำนวณค่าเทอร์โมไดนามิกส์โดยใช้ระบบ autocalculation และบันทึกค่าจุดสูงสุดของกราฟจุดแรกที่เด่นชัด (T_c) ดังภาพ

ตัวอย่างกราฟผลการทดลอง



รูปที่ ข.1 กราฟอุณหภูมิการเกิดผลึกของน้ำมันผสมอัตราส่วน 30:70



รูปที่ ข.2 กราฟอุณหภูมิการเกิดผลึกของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70)

ข.4 การวัดดัชนีเสถียรภาพของอิมัลชัน (ESI)

ตามวิธีของ Mirhosseini et al. (2008)

วิธีวิเคราะห์

1. บรรจุมายองเนสที่ผลิตแล้วทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร
2. วัดความสูงของมายองเนสเริ่มต้น แล้วนำหลอดทดลองที่บรรจุมายองเนสไปเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์
3. วัดความสูงของชั้นครีม หรือ ชั้นตะกอนที่เกิดขึ้น แล้วคำนวณค่า ESI (%) ตามสูตร

$$ESI(\%) = \frac{(HE - (HS + HC))}{HE} \times 100$$

โดย HE คือ ความสูงของอิมัลชันเริ่มต้น

HS คือ ความสูงของชั้นตะกอน

HC คือ ความสูงของชั้นครีม

ข.5 การวัดค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนส

อุปกรณ์

Texture Analyzer รุ่น TA-XT plus

วิธีวิเคราะห์

1. เปิดคอมพิวเตอร์ และ switch ด้านหลังเครื่อง ต่อแท่งหัววัดที่ประกอบด้วย compression disc เส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร เข้ากับเครื่อง
2. Calibrate Force และ Calibrate Height โดย
 - Return Distance (mm) : 80
 - Return Speed (mm/sec) : 10
 - Contact Force (g) : 10
3. เลือก sample project ที่ชื่อว่า Mayonnaise back extrusion - MAY2_BEC.PRJ โดยมี T.A settings เป็น

Test Mode: Compression
 Pre-Test Speed: 1.0 mm/sec
 Test Speed: 2.0 mm/sec
 Post-Test Speed: 10.0 mm/sec
 Target Mode: Distance
 Force: 100.0 g
 Distance: 30 mm
 Strain: 10.0 %
 Trigger Type: Auto (Force)
 Trigger Force: 5.0 g

4. บรรจุมาของเนสลงใน back extrusion cell (เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร และสูง 75 มิลลิเมตร) ที่ระดับความสูง 50 มิลลิเมตร หลังจากนั้นวาง back extrusion cell ลงบนแท่นที่รองรับที่ต่อกับฐานของตัวเครื่อง

5. เลือก run a test บันทึกค่า firmness, consistency, cohesiveness และ index of viscosity

ข.6 โครงสร้างจุลภาคของมายองเนส

อุปกรณ์

กล้องจุลทรรศน์ OLYMPUS รุ่น BH-2

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักมายองเนส 0.5 กรัม ลงในปิกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ลงในปิกเกอร์ มีอัตราส่วนมายองเนส:น้ำกลั่น เป็น 1:500
2. หยดสารละลายมายองเนส ลงบน slide แล้วหยด methylene blue ลงไป หลังจากนั้นปิดด้วย cover slip
3. ส่องหยดน้ำมันโดยใช้กำลังขยาย 40 เท่า และบันทึกภาพ

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ค.1 การวิเคราะห์หาค่า 2-Thiobarbituric acid (TBA)

ตามวิธีของ Pearson (1976)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น CP2245)
2. Water Bath (Memmert)
3. เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) (Perkin Elmer รุ่น Lambda 35)

สารเคมี

1. Thiobarbituric reagent (TBA reagent)

เตรียมโดย ละลายกรด Thiobarbituric 2.883 กรัม ในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 90 โดยการอุ่นเบาๆแล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ด้วยสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 90

2. กรดอะซิติก
3. 4 M HCl

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ Flatted round botton flask เติมน้ำกลั่น 97.5 มิลลิลิตร แล้วเขย่า
2. เติม 4 M HCl 2.5 มิลลิลิตร เพื่อให้ได้ pH 1.5 ใส่ glass bead เล็กน้อย ต่อ Flatted round botton flask เข้างับชุดกลั่น
3. ทำการกลั่นโดยจับเวลา 10 นาทีหลังจากสารใน Flatted round botton flask เดือด หรือกลั่นจนได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร
4. ปิเปตของเหลวที่กลั่นได้ (Blank คือ น้ำกลั่น) 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA reagent 5 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท (ทำใน Fume cupboard) หลังจากนั้นเขย่า แล้วนำไปใส่ใน water bath ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 35 นาที

5. เมื่อครบ 35 นาที นำหลอดทดลองออกจาก water bath แล้วทำให้เย็นโดยนำหลอดทดลองไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 10 นาที

6. เมื่อสารละลายเย็นแล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 538 nm (OD)

7. คำนวณผล จากสูตร

$$\text{TBA number (mg malonaldehyde / kg sample)} = 7.8 \times \text{OD}$$

ตารางที่ ค.1 ค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ระยะเวลาการเก็บรักษา	สูตรมายองเนส	
	รำข้าว (RBO)	CNO:RBO (30:70)
เริ่มต้น	$0.24^d \pm 3.11 \times 10^{-3}$	$0.30^d \pm 2.33 \times 10^{-3}$
สัปดาห์ที่ 1	$0.65^c \pm 8.27 \times 10^{-3}$	$0.77^c \pm 1.06 \times 10^{-3}$
สัปดาห์ที่ 2	$1.57^b \pm 0.05$	$1.35^b \pm 0.03$
สัปดาห์ที่ 3	$1.94^a \pm 0.11$	$1.48^a \pm 0.08$
สัปดาห์ที่ 4	$1.56^b \pm 0.03$	$1.48^a \pm 0.05$

a,b,c,... ตัวเลขที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในสดมภ์เดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาคผนวก ง

วิธีการตรวจสอบสมบัติทางจุลชีววิทยา

ง.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (2001) Chapter ที่ 3

อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
2. ตู้อบฆ่าเชื้อ
3. ตู้บ่มเชื้อ
4. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องตีตัวอย่าง
6. เครื่องนับจำนวนโคโลนี
7. เครื่องเขย่า (Mixer)
8. เครื่อง Laminar Flow

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารทดสอบ

1. Butterfield's phosphate - buffered dilution water (R11)
2. Plate Count Agar (M124)

วิธีการวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างอาหาร 50.0 ± 0.1 กรัม ใส่ในถุงใส่ตัวอย่าง เต็ม Butterfield's phosphate – buffered dilution water (BF) 450 มิลลิลิตร ตีปั่นให้ตัวอย่างกระจายทั่วโดยใช้เครื่องตีตัวอย่างเป็นเวลา 1 นาที สารละลายตัวอย่างที่ได้ถือว่ามี ความเจือจาง 10^{-1} (ตัวอย่างถูกเจือจาง 10 เท่า) เตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีความเจือจางเพิ่มขึ้น 100, 1,000 และ 10,000 เท่า (นั่นคือตัวอย่างมีความเข้มข้น 10^{-2} 10^{-3} และ 10^{-4} ตามลำดับ) หรือระดับความเจือจางที่เหมาะสม โดยปิเปตตัวอย่างที่ความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มี BF 90 มิลลิลิตร จะได้ความเจือจาง 10^{-2} เขย่าให้เชื้อกระจายทั่วกันทั้งหมด เขย่า 25 ครั้ง เป็นวงกลม เส้นรอบวง 30 เซนติเมตร ภายในเวลา 7 วินาที

2. การทดสอบ

ปิเปตตัวอย่างความเข้มข้นละ 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในเพลท ความเข้มข้นละ 2 เพลท เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่มีอุณหภูมิประมาณ $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$ จำนวน 12 -15 มิลลิลิตร ต่อเพลทโดยทำใน Laminar Flow วนเพลทเพื่อให้ตัวอย่างกระจายทั่วเพลทโดยวนไปด้านขวา ด้านซ้าย ไปข้างหน้าและข้างหลัง ทิศทางละ 5 ครั้ง ระยะเวลาตั้งแต่ถ่ายตัวอย่างจนกระทั่งเทเพลทด้วย PCA ไม่ควรเกิน 15 นาที ตั้งไว้ให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง กลับเพลทให้อาหารเลี้ยงเชื้ออยู่ด้านบน นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ นาน 48 ± 2 ชั่วโมง

3. การนับจำนวนโคโลนีและรายงานผล

3.1 นำเพลทออกจากตู้บ่มเชื้อเมื่อครบกำหนดเวลา นับจำนวนโคโลนีของเชื้อที่เจริญบนเพลท โดยเลือกเพลทที่มีจำนวนโคโลนีระหว่าง 25 - 250 โคโลนี บันทึกจำนวนโคโลนีที่นับได้ทั้งหมด และ dilution ที่นับ บันทึกผลลงในแบบฟอร์ม BACTERIOLOGICAL ANALYSIS : เชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (TVC) คำนวณและรายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (CFU/g) วิธีคำนวณดังรายละเอียดในข้อ 4

3.2 ในกรณีที่ทุกเพลทมีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 25 โคโลนี ให้นับจำนวนโคโลนีที่เจริญบนเพลทที่มีระดับการเจือจางน้อยที่สุดแล้ว บันทึกจำนวนโคโลนี และรายงานผลเป็น <25 คุณระดับการเจือจางน้อยที่สุดที่ทำ

3.3 กรณีที่ทุกเพลทมีจำนวนโคโลนีเกินกว่า 250 โคโลนีในทุก dilution ให้บันทึกเป็น too numerous to count (TNTC) แต่ถ้าพอจะนับได้ ให้นำ dilution ที่เจือจางมากที่สุดที่พอจะนับได้มานับ โดยแบ่งเพลทออกเป็นหลายส่วน เลื่อนนับโคโลนีจาก 1 ส่วน จากนั้นคูณด้วยจำนวนส่วนที่แบ่งจะได้เป็นจำนวนโคโลนีทั้งหมดบนเพลทนั้น และบันทึกจำนวนโคโลนี การรายงานให้นำจำนวนโคโลนีที่นับได้คูณระดับการเจือจางน้อยที่สุดและให้นำตัวอย่างที่ตัดสำรองไว้มาทำซ้ำเพื่อยืนยันผลอีกครั้งหนึ่งโดยเพิ่มระดับการเจือจางให้เหมาะสม

3.4 กรณีที่ไม่มีการเจริญของเชื้อบนเพลทในทุก dilution ให้รายงานเป็น <25 คุณจำนวน dilution ต่ำสุดที่ทำ

3.5 กรณีที่การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์มีลักษณะ Spread ซึ่งมี 3 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะแรกโคโลนีอยู่ติดกันเป็นสายไม่สามารถแยกนับเป็นโคโลนีได้ ลักษณะที่ 2 เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เจริญอยู่ระหว่างวุ้นและก้นเพลท ลักษณะที่ 3 เป็นแผ่นฟิล์มเจริญที่ขอบหรือผิวหน้าวุ้น ถ้าพบว่าการ Spread เกิดขึ้นมาก (ไม่ว่าจะเป็นการ Spread ลักษณะใดก็ตาม) จนทำให้เกิดกรณีดังนี้

3.5.1 การ Spread นั้นครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 50% ของพื้นที่เพลท (ซึ่งรวมถึงพื้นที่ทั้งหมดที่ไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อด้วย)

3.5.2 พื้นที่ที่ไม่ปรากฏการเจริญของเชื้อ (เชื้อถูกยับยั้งการเจริญ) มีมากกว่า 25% ของพื้นที่เพลทให้รายงานว่าเป็น spreader ถ้าจำเป็นต้องนับโคโลนีที่เจริญบนเพลทที่มีการ spread โดยที่การ spread นั้นไม่ได้ทำให้เกิดกรณี 3.5.1 หรือ 3.5.2 ดังกล่าวข้างต้น ให้นับแต่ละลักษณะของการ spread ทั้ง 3 เป็น 1 แห่ง สำหรับการ spread ลักษณะที่ 1 ถ้าพบเพียงหนึ่งสาย ให้นับสายนั้นเป็นหนึ่งโคโลนี ถ้าพบว่าแต่ละสายเกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่แยกจากกัน ให้นับแต่ละแหล่งกำเนิดเป็นหนึ่งโคโลนีโดยห้ามนับแต่ละโคโลนีในสายเป็นหนึ่งโคโลนี สำหรับการ spread ลักษณะที่ 2 และ 3 โคโลนีมักจะแยกเป็นแต่ละโคโลนีอยู่แล้ว ซึ่งสามารถนับได้ตามปกติ นำผลการนับโคโลนีที่มีการ spread และโคโลนีปกติมารวมกันเพื่อคำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด

3.6 หลังจากบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด ถ้าไม่สามารถนับจำนวนโคโลนีได้ภายในเวลาที่กำหนด ควรเก็บเพลทไว้ในตู้เย็น (อุณหภูมิ 1 – 4 °C) แต่ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง ในการรายงานผลของตัวอย่าง จะต้องตรวจสอบผลการทำ Control ควบคู่กันไปด้วย

4. การคำนวณ

4.1 กรณีที่ทั่วไป พบโคโลนีบนเพลท อยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี เลือกระดับการเจือจางติดกันเพียง 2 ระดับ

$$TVC = \frac{\Sigma C}{[(1 \times n_1) + (0.1 \times n_2) \times d]}$$

ΣC คือ ผลรวมจำนวนโคโลนีทั้งหมดจากทุกเพลทที่สามารถนับจำนวนได้

n_1 คือ จำนวนเพลทที่สามารถนับโคโลนีได้เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างที่มีการเจือจางน้อย

n_2 คือ จำนวนเพลทที่สามารถนับโคโลนีได้เมื่อใช้สารละลายตัวอย่างที่มีการเจือจางมาก

ขึ้น

d คือ ระดับการเจือจางของสารละลายตัวแรก (n_1)

4.2 กรณีที่พบว่าโคโลนีบนเพลทอยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี เพียง 1 ระดับการเจือจางให้คำนวณตามสูตร

$$TVC = \frac{\Sigma C}{n \times d}$$

ΣC คือ ผลรวมจำนวนโคโลนีทั้งหมดจากที่สามารถนับจำนวนได้

n คือ จำนวนเพลทที่นับจำนวนโคโลนีได้

d คือ ระดับการเจือจางของสารละลายที่นับจำนวนโคโลนีได้ (n)

ง.2 ยีสต์และรา

ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (2001) Chapter ที่ 18

อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
2. ตู้อบฆ่าเชื้อ
3. ตู้บ่มเชื้อ
4. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
5. เครื่องตีตัวอย่าง
6. เครื่องนับจำนวนโคโลนี
7. นาฬิกาจับเวลา

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารทดสอบ

1. 0.1%Peptone Water (PW) R 56
2. Dichloran Rose Bengal Chloramphenical Agar (DRBC) M183

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 50.0 ± 0.1 กรัม ใส่ในถุง stomacher เติม 0.1%Peptone Water (PW) 450 มิลลิลิตร ตีให้ตัวอย่างกระจายทั่วสารละลายด้วยเครื่องตีตัวอย่าง เป็นเวลา 2 นาที สารละลายตัวอย่างที่ได้ถือว่ามีระดับความเจือจาง 10^{-1} (ตัวอย่างถูกเจือจาง 10 เท่า) เตรียมสารละลายตัวอย่างให้มีระดับความเจือจางเพิ่มขึ้น 100 ถึง 1,000,000 เท่า (นั่นคือตัวอย่างมีระดับความเจือจาง 10^{-2} - 10^{-6} ตามลำดับ) หรือระดับความเจือจางที่เหมาะสม โดยปิเปตตัวอย่างที่มีระดับความเจือจาง 10^{-1} จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มี PW 9 มิลลิลิตร จะได้ระดับความเจือจาง 10^{-2} นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าให้เชื้อกระจายทั่วกันทั้งหมด ส่วนที่ระดับความเจือจาง 10^{-3} - 10^{-6} ก็เตรียมได้ในลักษณะเดียวกัน

2. การทดสอบ

ปิเปตสารละลายตัวอย่างในแต่ละระดับความเจือจาง ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ DRBC (ซึ่งเทใส่เพลทและวางไว้ให้แข็งตัวที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 คืน รวมทั้งทำให้ผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อแห้งแล้ว) เพลทละ 0.1 มิลลิลิตร จากนั้นเกลี่ยให้สารละลายตัวอย่างกระจายทั่ว

ผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อโดยใช้แท่งแก้วงอ ที่งอไว้จนกระทั่งสารละลายตัวอย่างซึมผ่านอาหารเลี้ยงเชื้อ (ประมาณ 10 นาที) ทำ 3 ซ้ำ ในแต่ละระดับความเจือจาง นำเพลทที่วางซ้อนกันไม่เกิน 3 เพลท ไปป้อนที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ โดยไม่ต้องกลับเพลทนาน 5 วัน ถ้าไม่มีโคโลนีขึ้นบนเพลท ให้นำไปป้อนต่ออีก 48 ± 2 ชั่วโมง จึงนำมานับจำนวน โคโลนี ระยะเวลาในการทำการเจือจางตั้งแต่ระดับความเจือจางแรกจนถึงระดับความเจือจางสุดท้ายต้องทำโดยใช้เวลาไม่เกิน 20 นาทีในแต่ละตัวอย่าง

3. การนับจำนวนโคโลนีและการรายงานผล

3.1 นำเพลทออกจากตู้บ่มเชื้อเมื่อครบตามเวลาที่กำหนด จากนั้นนับจำนวนโคโลนีของเชื้อที่เจริญบนเพลท โดยเลือกเพลท ที่มีจำนวนโคโลนีระหว่าง 10 - 150 โคโลนี บันทึกจำนวนโคโลนีและระดับความเจือจางที่นับได้ทั้งหมด ลงในแบบฟอร์ม BACTERIOLOGICAL ANALYSIS : Yeasts/Molds คำนวณและรายงานผลในหน่วย CFU/g ตัวอย่าง วิธีคำนวณดังรายละเอียดในข้อ 4

3.2 ในกรณีที่ทุกเพลทมีจำนวนโคโลนี < 10 โคโลนี ให้นับจำนวนโคโลนีของเพลทที่มีระดับการเจือจางน้อยที่สุด แล้วนำมาคำนวณและ รายงานผลเป็น ESPC/g (estimated standard plate counts/g)

3.3 กรณีที่ทุกเพลทมีจำนวนโคโลนีเกินกว่า 150 โคโลนีในทุก dilution ให้บันทึกเป็น too numerous to count (TNTC)

3.4 กรณีที่ไม่มีโคโลนีเจริญบนเพลทเลยในทุกะดับความเจือจาง ให้รายงานผลเป็น $< 1.0 \times$ ระดับความเจือจางน้อยที่สุดที่ทำ ในหน่วย CFU/g ตัวอย่าง

4. การคำนวณหน่วย CFU/g

กรณีที่โคโลนีอยู่ในช่วง 10-150 โคโลนี

$$\text{MYC} = \frac{\sum C}{3 \times d} \times 10$$

MYC คือ จำนวนราและยีสต์ที่นับได้ (Mold and Yeast Count)

$\sum C$ คือ ผลรวมจำนวนโคโลนีทั้งหมดจากที่สามารถนับจำนวนได้

d คือ ระดับการเจือจางของสารละลายที่นับจำนวนโคโลนีได้

ง.3 โคลิฟอร์ม

ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (2001) Chapter ที่ 4

อุปกรณ์

1. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
3. ตู้อบฆ่าความร้อนแห้ง
4. ตู้บ่มเชื้อ
5. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
6. เครื่องตีตัวอย่าง

อาหารเลี้ยงเชื้อและสารทดสอบ

1. Butterfield's phosphate-buffered water (R 11)
2. Lauryl Tryptose Broth (Single Strength) (M 76)
3. Brilliant Green Lactose Bile Broth (M 25)

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 50.0 ± 0.1 กรัม ลงในถุงปั่นตัวอย่าง จากนั้นเติม 450 มิลลิลิตร ของ Butterfield's phosphate-buffered water ปั่นตัวอย่างนาน 2 นาที แล้วนำมาเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการ

2. การทดสอบ

เจือจางตัวอย่างให้มีระดับความเจือจาง 10^{-1} , 10^{-2} และ 10^{-3} จากนั้นให้ทำ 3-tube MPN โดยใช้ series 3:3:3

2.1 MPN - Presumptive test for coliforms

ปิเปตสารละลายตัวอย่าง ในแต่ละระดับความเจือจางของ 3 tube MPN อย่างละ 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ LST ที่มีหลอดดักแก๊สคว่ำอยู่ ความเจือจางละ 3 หลอด รวม 9 หลอด (ให้สังเกตด้วยว่าไม่มีฟองอากาศอยู่ในหลอดดักแก๊ส) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ $35 \pm 1^{\circ}\text{C}$ เริ่มนับหลอดที่เกิดแก๊สที่เวลา 24 ± 2 ชั่วโมง สำหรับหลอดที่ไม่เกิดแก๊สให้บ่มต่อไปอีก ให้ครบเวลา

48 ± 2 ชั่วโมง เลือกลดที่เกิดแก๊ส และบันทึกผลลงในแบบฟอร์ม BACTERIOLOGICAL ANALYSIS : Coliform

2.2 MPN - Confirmed test for coliforms

ถ่ายเชื้อจากหลอด LST ที่เกิดแก๊สลงใน BGLB หลอดละ 1 loop นำไปปมที่อุณหภูมิ 35± 1°C เป็นเวลา 48 ± 2 ชั่วโมง เลือกลดที่เกิดแก๊สนำไปอ่านค่าจากตาราง MPN 3:3:3 มีหน่วยเป็น MPN/g ตัวอย่าง

ตารางที่ ง.1 ค่า MPN ต่อ กรัมของตัวอย่าง (สำหรับ 3 หลอด) ที่ระดับความเชื่อใจ 0.1, 0.01 และ 0.001 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.		Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.	
0.10	0.01	0.001		Low	High	0.10	0.01	0.001		Low	High
0	0	0	<3.0	-	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	3.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1,100	180	4,100
2	2	2	27	8.7	94	3	3	3	>1,100	420	-

ภาคผนวก จ

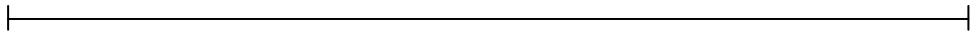
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

จ.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของมายองเนสที่ใช้น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ เป็นน้ำมันพื้นฐาน

Quantitative Descriptive Analysis (QDA)

คำชี้แจง กรุณาทดสอบมายองเนส และให้คะแนนโดยลากเส้นตั้งฉากกับเส้นคะแนนพร้อมทั้งรหัสตัวอย่างกำกับ ในตำแหน่งที่ตรงกับใจท่านที่สุด

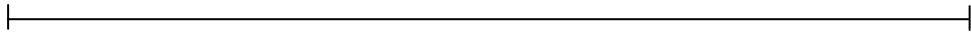
- ความหนืด



ไม่ข้นหนืดเลย

ข้นหนืดมากที่สุด

- สี



ขาว

น้ำตาล

ข้อเสนอแนะ

.....
.....

ขอบคุณค่ะ

Acceptance test

รหัสแบบทดสอบ

วันที่

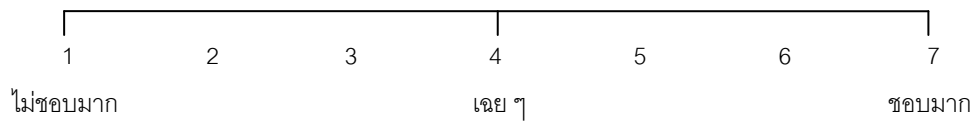
ชื่อผู้ทดสอบ

เพศ หญิง ชาย

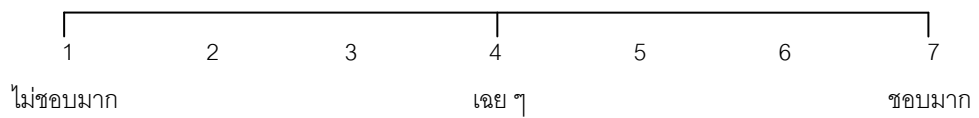
อายุ.....

คำชี้แจง กรุณาทดสอบระดับการยอมรับของมายองเนส โดยใส่เครื่องหมาย แสดงความรู้สึกการยอมรับที่ตรงกับใจท่านที่สุด

1. สี



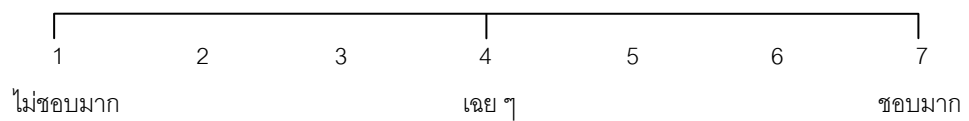
2. เนื้อสัมผัส



3. รสชาติ



4. ความชอบโดยรวม



ภาคผนวก จ

การคำนวณสัดส่วนกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาวในน้ำมันชนิดเดียว และน้ำมันผสม

จ.1 การคำนวณสัดส่วนกรดไขมันชนิดสายกลางและสายยาวในน้ำมันชนิดเดียวและ น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวกับน้ำมันรำข้าวที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าว จะได้
ปริมาณกรดไขมันชนิดสายกลาง (MCFAs) และ กรดไขมันชนิดสายยาว (LCFAs) ดังนี้

น้ำมันมะพร้าว MCFAs : LCFAs = 61.25 : 38.32

น้ำมันรำข้าว MCFAs : LCFAs = 0 : 99.99

ดังนั้นปริมาณกรดไขมันชนิดสายกลางและกรดไขมันชนิดสายยาวในน้ำมันผสมระหว่างน้ำมัน
มะพร้าวและน้ำมันรำข้าวในอัตราส่วนต่างๆ มีดังนี้

1. น้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าว อัตราส่วน 10:90 (v/v)

$$\begin{aligned} \text{MCFAs : LCFAs} &= \frac{61.25(10) + 0(90)}{100} : \frac{38.22(10) + 99.99(90)}{100} \\ &= 6.13 : 93.82 \end{aligned}$$

2. น้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าว อัตราส่วน 20:80 (v/v)

$$\begin{aligned} \text{MCFAs : LCFAs} &= \frac{61.25(20) + 0(80)}{100} : \frac{38.32(20) + 99.99(80)}{100} \\ &= 12.25 : 87.66 \end{aligned}$$

3. น้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าว อัตราส่วน 30:70 (v/v)

$$\begin{aligned} \text{MCFAs : LCFAs} &= \frac{61.25(30) + 0(70)}{100} : \frac{38.32(30) + 99.99(70)}{100} \\ &= 18.38 : 81.49 \end{aligned}$$

4. น้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าว อัตราส่วน 40:60 (v/v)

$$\begin{aligned} \text{MCFAs : LCFAs} &= \frac{61.25(40) + 0(60)}{100} : \frac{38.32(40) + 99.99(60)}{100} \\ &= 24.50 : 75.32 \end{aligned}$$

ตารางที่ จ.1 สัดส่วนกรดไขมันชนิดสายกลางและกรดไขมันชนิดสายยาวของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันรำข้าว และน้ำมันผสมที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดกรดไขมัน	น้ำมัน มะพร้าว	น้ำมัน รำข้าว	อัตราส่วนระหว่างน้ำมันมะพร้าวต่อน้ำมันรำข้าว				
			0:100	10:90	20:80	30:70	40:60
MCFAs	61.25	-	0.00	6.13	12.25	18.38	24.5
LCFAs	38.22	99.99	99.99	93.82	87.66	81.49	75.32
MCFAs: LCFAs	1:0.62	0:99.99	0:99.99	1:15.31	1:7.16	1:4.43	1:3.07

ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ซ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืด และค่าสี (L^* a^* b^*) ของน้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆ

SOV	df	MS			
		ความหนืด (cP)	L^*	a^*	b^*
สูตรน้ำมัน	4	123.147*	0.294*	0.083*	0.839*
error	10	0.312	0.009	0.002	0.006

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ซ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี (L^* a^* b^*) ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

SOV	df	MS		
		L^*	a^*	b^*
สูตรมายองเนส	4	19.279*	0.012 ^{ns}	1.279*
error	10	0.058	0.014	0.076

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ๓.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

SOV	df	MS			
		Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g)	Index of viscosity (g.sec)
สูตรมายองเนส	4	946.507*	597398.851*	2402.718*	9337.733*
error	10	26.521	41809.37	43.203	39.358

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๓.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

SOV	df	MS
		TBA (mg malonaldehyde / kg sample)
สูตรมายองเนส	4	0.006*
error	5	0.000

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๓.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ประเภทพรรณาเชิงปริมาณด้านความหนืดและสี ของมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

SOV	df	MS	
		ความหนืด	สี
สูตรมายองเนส	4	4.708 ^{ns}	5.141 ^{ns}
error	245	5.915	3.944

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ๕.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในมายองเนสที่ใช้ น้ำมันผสมอัตราส่วนต่างๆเป็นน้ำมันพื้นฐาน

SOV	df	MS			
		สี	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
สูตรมายองเนส	4	0.844 ^{ns}	3.210*	25.026*	13.054*
error	245	1.341	1.230	1.995	1.491

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ๕.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี (L^* a^* b^*) ของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ\text{C}$

SOV	df	MS		
		L^*	a^*	b^*
ระยะเวลาการเก็บรักษา	4	3.387*	0.582*	3.946*
error	10	0.003	0.002	0.014

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๕.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสี (L^* a^* b^*) ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^\circ\text{C}$

SOV	df	MS		
		L^*	a^*	b^*
ระยะเวลาการเก็บรักษา	4	1.005*	0.401*	2.429*
error	10	0.003	0.001	0.031

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร RBO ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

SOV	df	MS			
		Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g)	Index of viscosity (g.sec)
ระยะเวลา การเก็บรักษา	4	247.843*	154291.960*	355.922*	1395.253*
error	10	22.624	10214.009	34.142	121.875

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า firmness ค่า consistency ค่า cohesiveness และ ค่า index of viscosity ของมายองเนสสูตร CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

SOV	df	MS			
		Firmness (g)	Consistency (g.sec)	Cohesiveness (g)	Index of viscosity (g.sec)
ระยะเวลาการ เก็บรักษา	4	123.292*	35708.940*	213.769*	613.266*
error	10	12.874	9529.782	7.186	32.104

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ๙.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า TBA ของมายองเนสสูตร RBO และ CNO:RBO (30:70) ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ อุณหภูมิ $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$

SOV	df	MS	
		RBO	CNO:RBO (30:70)
ระยะเวลาการเก็บรักษา	4	1.019*	0.550*
error	5	0.003	0.002

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศรุดา สถิตวรพจนานา เกิดวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2530 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552

ผลงานวิจัย

เสนอผลงานวิจัยแบบบรรยายเรื่องสมบัติและเสถียรภาพของมายองเนสที่ใช้ส่วนผสมระหว่างน้ำมันมะพร้าวและน้ำมันรำข้าวเป็นน้ำมันพื้นฐาน (Properties and stability of mayonnaise using oil blends between coconut oil and rice bran oil as oil base) ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 9 ระหว่างวันที่ 30 มิถุนายน - 1 กรกฎาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต