



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ไฮโดรไลส์เลซิทินผง
Hydrolyzed Lecithin Powder

โดย

นางสาว จิราภรณ์ เคารพพงษ์
นาย อนุรักษ์ พงศ์พุทธชาติ

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... ๒๗/๓/๘๙ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ
(๑๗๑.๐๗๓๓ ตี้อาจารย์)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....
(ผศ.ดร.ระศิพร หาเรื่อง)
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 30 เดือน ๒๖ พ.ศ. ๕๙

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยื่นเข้าใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตาม ห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑๕๕๕ ๖
๒๕๕๘

21 ส.ค. 25๕๙

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ไฮโดรไลซ์เลซิทินผง
(Hydrolyzed Lecithin Powder)



T097019

นางสาวจิราภรณ์ เคารพพงษ์
นายอภัย พงศ์พุทธชาติ

ปก.
๙ ๕๓๕๕
๒๕๖๑

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 97019

วัน,เดือน,ปี..... ๕ JUN 20๑๑

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๖๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จิราภรณ์ เคารพพวงษ์ และ อภัย พงศ์พุทธชาติ. 2539. : ไฮโดรไลซ์เลซิทินผง (HYDROLYZED LECITHIN POWDER). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผ.ศ. วรณา ตั้งเจริญชัย, 75 หน้า .

ในการศึกษาการทำไฮโดรไลซ์เลซิทินผง โดยใช้กัมถั่วเหลืองซึ่งเป็นของเหลือจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองจาก บริษัท ธนากรณ์ผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัดเป็นวัตถุดิบ และใช้เอนไซม์ Phospholipase A-2 ปรับปรุงคุณภาพ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจึงนำมาทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยกับทางลมผง ในสัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อทางลมผงต่างๆ กันคือ 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 และ 5:1 แล้วนำมาตรวจสอบหา ปริมาณความชื้น, ค่า bulk density และวัดความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยการค่าการนำไฟฟ้าและการทำ whipping test เพื่อหาสัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อทางลมผงที่เหมาะสมที่สุด พบว่าสัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อทางลมผง 1:1 มีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด มีเปอร์เซ็นต์ overrun ที่ 24 ชั่วโมงลดลงน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น 3.8218 ± 0.02 % และมีค่า bulk density 0.1764 ± 0.005 g/cm³

จิราภรณ์ เคารพพวงษ์

อภัย พงศ์พุทธชาติ

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วันเดือนปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปตีประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบ
ขอบพระคุณ ผ.ศ. วรธนา ตั้งเจริญชัย เป็นอย่างสูง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำและ
ตรวจแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ บริษัท ธนากรณผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กัมถั่วเหลือง
ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ขอขอบคุณ บริษัท อีสต์เอเซียติก (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เอนไซม์
Phosphalipase A-2

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์
เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยและเครื่องคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในระหว่างการ
ปฏิบัติงาน

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และ น้องๆ ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ
และเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้การ
สนับสนุนและให้กำลังใจ จนคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษประสบความสำเร็จ

จิราภรณ์ เคารพพงษ์

อภิชัย พงศ์พุทธิชาติ

24 มีนาคม 2539

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
2.1 คุณสมบัติของเลซีทิน	3
2.2 องค์ประกอบของเลซีทิน	5
2.3 การผลิตเลซีทิน	7
2.4 การปรับปรุงคุณภาพของเลซีทิน	9
2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของเลซีทิน	11
2.6 เทคโนโลยีอิมัลชันไฟเออร์ในอาหาร	15
2.7 อิมัลชันไฟเออร์, สารให้ความคงตัว, สารให้ความข้น	18
2.8 ชนิดของอิมัลชันไฟเออร์	20
2.9 เทคนิคการทำแอนแคปซูลเลชัน	25
2.10 บทบาทของเลซีทินในอุตสาหกรรมอาหาร	28
2.11 บทบาทของเลซีทินต่อสุขภาพ	30
2.12 การใช้ประโยชน์ของเลซีทินในปัจจุบัน	31
2.13 การเก็บรักษา	32
2.14 แนวทางการพัฒนาในอนาคต	32
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	34
3.1 วัตถุประสงค์และแอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง	34
3.2 อุปกรณ์และสารเคมี	34
3.3 วิธีการทดลอง	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	37
4.1 ผลการทดลอง	38
4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	52
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	56
5.1 สรุปผลการทดลอง	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	57
ภาคผนวก ก	60
ภาคผนวก ข	61
ภาคผนวก ค	63
ภาคผนวก ง	64
ภาคผนวก จ	65
ภาคผนวก ฉ	66
ภาคผนวก ช	68
ภาคผนวก ซ	69
ประวัติผู้เขียน	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเลซิทินจากถั่วเหลือง	4
2.2	การวิเคราะห์เลซิทินทางการค้า	14
2.3	ลักษณะปรากฏของอิมัลชันอาหารที่มีผลมาจากขนาดของอนุภาค	16
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HLB และการนำไปใช้งาน	17
2.5	การประมาณค่า HLB โดยการละลายน้ำ	18
2.6	หน้าที่ของเลซิทิน	29
4.1	ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเลซิทินควบคุมและไฮโดรไลซ์เลซิทิน	38
4.2	ปริมาณความชื้นของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบ ในสัดส่วนต่าง ๆ	39
4.3	ผลการวิเคราะห์ค่า Bulk Density ของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการ ใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ	40
4.4	ค่าการนำไฟฟ้าของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบ ในสัดส่วนต่าง ๆ	41
4.5	ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการ ใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของฟอสโฟลิปิดหลัก	6
2.2	แสดงกระบวนการดักจับและการผลิตเลซิทินดิบ	8
2.3	ส่วนที่ชอบไขมันและส่วนที่ชอบน้ำของเซอแฟคแทนท์	19
2.4	อิมัลชันไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุ	20
2.5	อิมัลชันไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุพวก Sobitan ester	21
2.6	อิมัลชันไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุพวก Polyhydric component ของเลซิทิน	22
2.7	อิมัลชันไฟเออร์ชนิดประจุลบ	23
2.8	สาร ionic ตัวอื่น ๆ	23
2.9	โครงสร้างหลักของ surface active component ของเลซิทิน	24
2.10	อิมัลชันไฟเออร์ชนิดประจุบวก	25
4.1	ค่าการนำไฟฟ้าของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบใน สัดส่วนต่าง ๆ	42
4.2	ความสามารถในการเป็นสเตบิลิเซอร์ของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการ ใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ	44
4.3	ลักษณะรูปร่างของ Control 1 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	45
4.4	ลักษณะรูปร่างของ Control 1 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	45
4.5	ลักษณะรูปร่างของ Control 2 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	46
4.6	ลักษณะรูปร่างของ Control 2 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	46
4.7	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 1 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	47
4.8	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 1 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	47
4.9	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 2 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	48
4.10	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 2 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	48
4.11	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 3 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	49
4.12	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 3 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	49
4.13	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 4 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	50
4.14	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 4 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.15	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 5 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า	51
4.16	ลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 5 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เลซิทินเป็นคำที่มาจากภาษากรีกว่า เลกิธอส (Lekithos) ซึ่งหมายถึงไข่แดง เนื่องจากพบสารนี้ครั้งแรกในไข่แดง โดยชาวฝรั่งเศสชื่อ มอริส โกลบีย์ (Maurice Gobley) (สิริกุล ,2537) เลซิทินเป็นสารอาหารชนิดหนึ่งเป็นสารประกอบประเภทไขมัน ซึ่งมีโครงสร้างของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวกับฟอสเฟสและไนโตรเจนเบส มีชื่อเรียกทางเคมีว่า ฟอสโฟลิปิด (Phospholipid) ซึ่งมีหลายชนิด เช่น ฟอสฟาทีดิลโคลีน (Phosphatidylcholine , PC) ฟอสฟาทีดิลเอทานอลามีน (Phosphatidylethanolamine , PE) ฟอสฟาทีดิลอินโนซิทอล (Phosphatidylinositol , PI) เป็นต้น ความหมายเดิมเลซิทินหมายถึง ฟอสโฟลิปิดเพียงชนิดเดียว คือ PC แต่ปัจจุบันเลซิทินในทางการค้า (Commercial lecithin) จะประกอบด้วยฟอสโฟลิปิดรวม เช่น PC, PE และ PI (พนมพร , 2537) นักวิทยาศาสตร์เริ่มมีการศึกษาเรื่อง ฟอสโฟลิปิด ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1700 และฟอสโฟลิปิดถูกนำมาใช้ทางการค้า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 เป็นต้นมา (Roblfs et al,1993)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) กำหนดให้เลซิทินเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยกำหนดคุณลักษณะไว้ว่า เลซิทินที่ใช้เป็นอาหารที่ได้จากถั่วเหลืองหรือพืชอื่นๆเป็นสารผสมเชิงซ้อนของฟอสฟาไทด์ต่างๆ ซึ่งไม่ละลายในอะซิโตน ส่วนใหญ่ได้แก่ PC, PE และ PI รวมอยู่กับสารอื่นๆ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ กรดไขมัน และคาร์โบไฮเดรต โดยมีส่วนที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

เลซิทินพบมากทั้งในพืชและสัตว์ พบมากในไข่แดง ตับ สมอง ถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน ข้าวโพด ถั่วลิสง ข้าวสาลี ข้าว ปลาทะเล เป็นต้น ในไข่แดงมีเลซิทินประมาณ 6-8% ในพืชไขมัน เช่น ถั่วเหลืองมีปริมาณเลซิทินสูงสุดถึงร้อยละ 1.1 - 3.2 ขณะที่ข้าวโพดมีร้อยละ 1.0 - 2.4 และในเมล็ดฝ้ายพบเพียงร้อยละ 0.7 ดังนั้นแต่เดิมจะใช้ไข่แดงเป็นวัตถุดิบในการผลิตเลซิทินเพื่อการค้า แต่ปัญหาที่สำคัญคือต้นทุนการผลิตสูงถึงประมาณ 1,700 บาท/กก. จึงได้หันมาใช้ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบแทน ซึ่งทำให้ต้นทุนลดลงเหลือประมาณ 100 บาท/กก. ทั้งนี้เลซิทินที่ได้มีคุณภาพดีกว่าของไข่แดง (พนมพร ,2537)

ความต้องการของเลซิทินมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอางค์ และ อุตสาหกรรมยา จึงได้มีการปรับปรุงคุณภาพของเลซิทินเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้ประโยชน์โดยการดัดแปร (modification) โดยวิธีทางกายภาพ วิธีทางเคมีและโดยการใช้เอนไซม์ด้านการค้า ไม่ว่าจะเป็นใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Charalambous และ Doxastakis ,1989) และพบว่าการใช้เอนไซม์เป็นวิธีที่ให้ผลผลิตดีกว่าวิธีอื่นๆ เช่น กัณนิกา และกาญจนา (2535) ได้ทำการศึกษาการผลิตเลซิทินจากกัมถั่วเหลือง โดยใช้เอนไซม์ Phospholipase A-2 ไฮโดรไลซ์ได้ผลผลิตของ ไฮโดรไลซ์เลซิทิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลชันไฟเออร์ในระบบ o/w อิมัลชัน (oil in water emulsion) แต่ผลผลิตมีความชื้น - เหนียวไม่เหมาะสมกับการใช้งานจึงทำการอบแห้งแบบพ่นฝอยรวมกับสารป้องกัน (protective agent) หรือที่เรียกว่าเทคนิคของเอนแคปซูลเลชัน (Encapsulation) วันเพ็ญและศยามล (2536) ได้ทำการศึกษา สารป้องกันที่เหมาะสม ระหว่าง มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin) และหางนมผง (skim milk) พบว่าหางนมผงมีคุณสมบัติที่น่าสนใจ เพราะไฮโดรไลซ์เลซิทินผงร่วมกับหางนมผง จะให้อิมัลชันที่มีความเสถียรดีกว่าเมื่อใช้ร่วมกับมอลโตเด็คซ์ตริน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะเป็นผงร่วนและเกาะตัวเป็นก้อนได้ง่าย มีความชื้นสูงประมาณ 6 -7% ทั้งนี้เนื่องจากหางนมผงสามารถดูดซับความชื้นได้ดี

ในการศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาการผลิตไฮโดรไลซ์เลซิทินผงโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย
2. ศึกษาหาสัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผงที่เหมาะสม และมีคุณภาพดีสามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น
3. ศึกษาคุณสมบัติของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงที่ใช้หางนมผงเป็นสารป้องกันในสัดส่วนต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

สมาคมเลซิทินและฟอสโฟลิปิดนานาชาติ (The International Lecithin and Phospholipid Society) นิยามความหมายของเลซิทินว่า "สารประกอบผสมของกลีเซอโรฟอสโฟลิปิด (glycerophospholipid) ที่ได้จากสัตว์ พืช หรือ จุลินทรีย์ ประกอบด้วยสารต่างๆ เช่น ไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) กรดไขมัน (fatty acid) ไกลโคลิปิด (glycolipid) สเตอรอล (sterols) และ สฟริงโกฟอสโฟลิปิด (sphingophospholipids)" (Robb's et al., 1993) เลซิทินเป็น เซอแฟกแทนต์ (surfactant) ตามธรรมชาติที่ได้จากถั่วเหลืองและไข่ จะพบมากในเมล็ดพืชและถั่ว ไข่ รำข้าว และผนังเซลล์

2.1 คุณสมบัติของเลซิทิน

แบ่งคุณสมบัติเป็น 2 ชนิดดังนี้

1. คุณสมบัติทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของ ถั่วเหลืองที่เอาน้ำมันออก (de-oil soya bean) และถั่วเหลืองเหลว (liquid soya bean) แสดงในตารางที่ 2.1 พบว่าในเลซิทินทางการค้ามีองค์ประกอบที่แตกต่างกันประมาณ 17 ชนิด ร่วมด้วย คาร์โบไฮเดรต, ฟิโตสเตอรอล (phytosterol) และไฟโตไกลโคลิปิดย่อย (minor phytoglycolipids) องค์ประกอบหลักของฟอสโฟลิปิด มีอยู่ 3 ชนิดคือ ฟอสฟาทีดิลโคลีน ฟอสฟาทีดิลเอทาโนลามีน ฟอสฟาทีดิลอินโนซิทอล

2. คุณสมบัติทางกายภาพ

มี 2 ลักษณะคือ ของไหล (fluid) และ ของแข็งคล้ายขี้ผึ้ง (waxy solids) เลซิทินที่เป็นของไหลมีความหนืดตั้งแต่ 5,000 - 100,000 cP. ขึ้นกับสภาพในการผลิตและความเจือจาง ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดต่ำผลิตโดยการเติมกรดไขมันและน้ำมันพืช ขึ้นกับหน้าที่และความต้องการ ความเสถียร โลหะพวกไดวาเลนต์ เช่น แคลเซียม สามารถเติมระหว่างการทำแห้งเพื่อลดความหนืด ปริมาณความชื้นก็สามารถทำให้แตกต่างกันได้ ระดับของน้ำมากกว่า 1% จะเพิ่มลักษณะที่คล้ายพลาสติก เลซิทินที่เอาน้ำมันออกเป็นของแข็งที่มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง มีอนุภาคหลายขนาด มีความคงตัวเมื่อเป็นผง มีคุณสมบัติในการไหลที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเลซิทินจากถั่วเหลือง

	<i>Granular lecithin</i>	<i>Typical liquid lecithin</i>
<i>Phosphatides (acetone insolubles) (%)</i>	95 (minimum)	60 (minimum)
<i>Soya bean oil (%)</i>	2-3	39
<i>Moisture (%)</i>	1	0.7
<i>Fat (grams per 100 grams of product)</i>	90	93
<i>Monounsaturated (oleic acid) (%)</i>	9.2	17.9
<i>Polyunsaturated (linoleic, linolenic acid) (%)</i>	65.9	60.7
<i>Saturated (palmitic, stearic acid) (%)</i>	24.9	20.3
<i>Carbohydrates (grams per 100 grams of product)</i>	8	5
<i>Approximate composition (100 gram sample)</i>		
<i>Fatty acid content (g)</i>	50	66
<i>Fatty acid content (relative composition) (%)</i>		
<i>Linoleic</i>	58.9	54.0
<i>Linolenic</i>	7.0	6.7
<i>Oleic</i>	9.2	17.9
<i>Palmitic</i>	20.3	15.6
<i>Stearic</i>	4.6	4.7
<i>Other Fatty Acid</i>	0.0	1.1
<i>Total</i>	100.0	100.0
<i>Primary acetone insolubles (g)</i>		
<i>Phosphatidylcholine</i>	23	15
<i>Phosphatidylethanolamine</i>	20	12
<i>Phosphatidylinositol</i>	14	9
<i>Elemental analysis (mg)</i>		
<i>Calcium</i>	65	40
<i>Iron</i>	2	1
<i>Magnesium</i>	90	60
<i>Phosphorus</i>	3000	2000
<i>Potassium</i>	800	440
<i>Sodium</i>	30	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ที่มา : Rohlf's et al. , 1993
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบของเลซิทิน

องค์ประกอบหลักของฟอสโฟลิปิด คือ โมเลกุลของไดเอซิลกลีเซอรอล (diacylglycerol) ที่คาร์บอนตัวที่ 3 ต่อกับกลุ่มของฟอสเฟต นอกจากนี้โคลีน (choline) เอทานอลามีน (ethanolamine) ซีรีน (serine) และอินโนซิทอล (inositol) ยังต่อกับกลุ่มของฟอสเฟต ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายและหน้าที่ กลายเป็น PC, PE, PS และ PI ตามลำดับ องค์ประกอบของเลซิทินและฟอสโฟลิปิดขึ้นกับแหล่งที่มา เช่น พืช สัตว์ หรือแบคทีเรีย เลซิทินจากพืชจะมี PC, PE, PI และกรดฟอสฟาติกสูง แต่มี PS ต่ำและไม่มีสฟริงโกไมลิน (sphingomyelin) เลซิทินจากสัตว์มี PC, PE, PS และสฟริงโกไมลินสูง แต่ไม่มี PI ในจุลินทรีย์มีฟอสโฟลิปิดคล้ายในพืช มี PE, PC และ PS หรือสฟริงโกไมลินสูง (Rohlf s et al.,1993)

ชื่อของฟอสโฟลิปิดและตัวย่อ (Rohlf s et al.,1993)

phosphatidylcholine (PC, PtdCho)

phosphatidylethanolamine (PE, PtdEth)

phosphatidylserine (PS, PtdSer)

*N-acyl*phosphatidylethanolamine (NAPE, *N-acyl*PtdEth)

phosphatidylinositol (PI, PtdIns)

phosphatidic acid (PA, PtdA)

phosphatidylglycerol (PG, PtdGro)

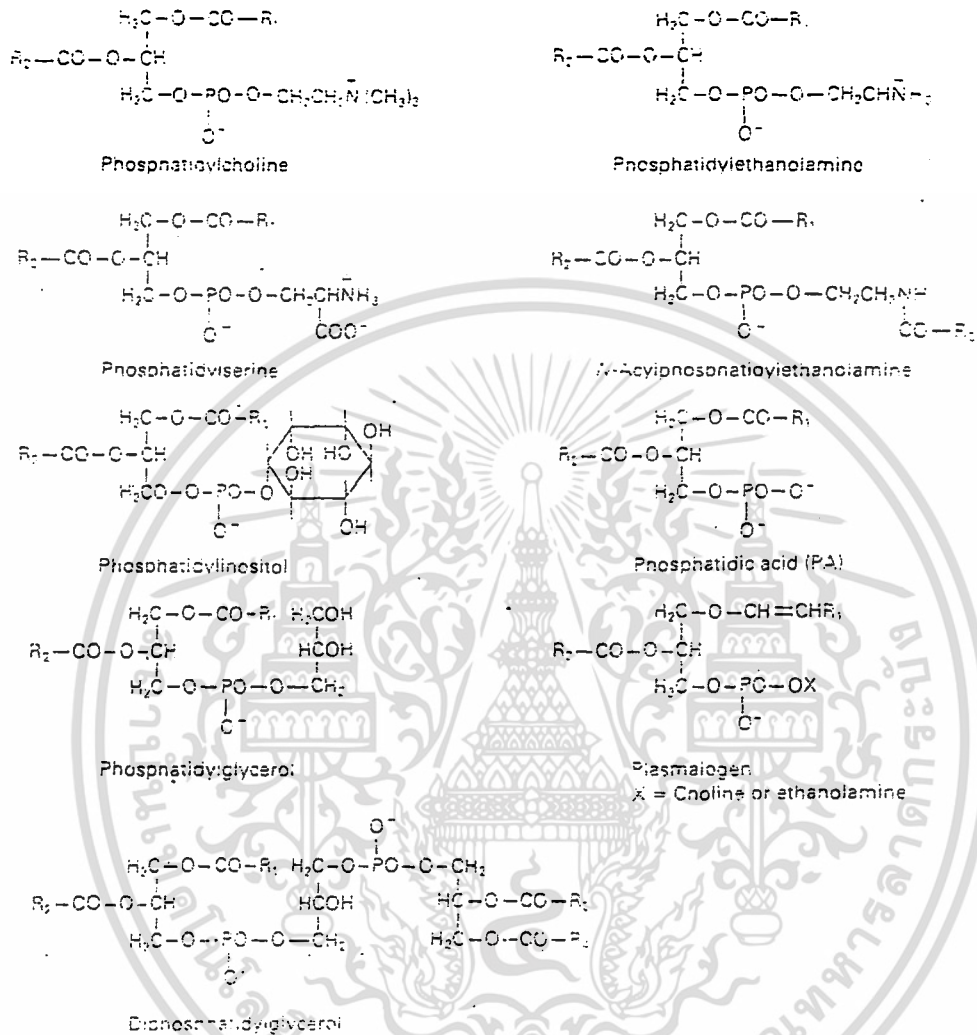
plasmalogen (PM)

diphosphatidylglycerol (DPG, diPtdGro)

lysophosphatidylcholine (LPC, lysoPtdCho)

lysophosphatidylethanolamine (LPE, lysoPtdEth)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 : โครงสร้างของฟอสโฟลิปิดหลัก

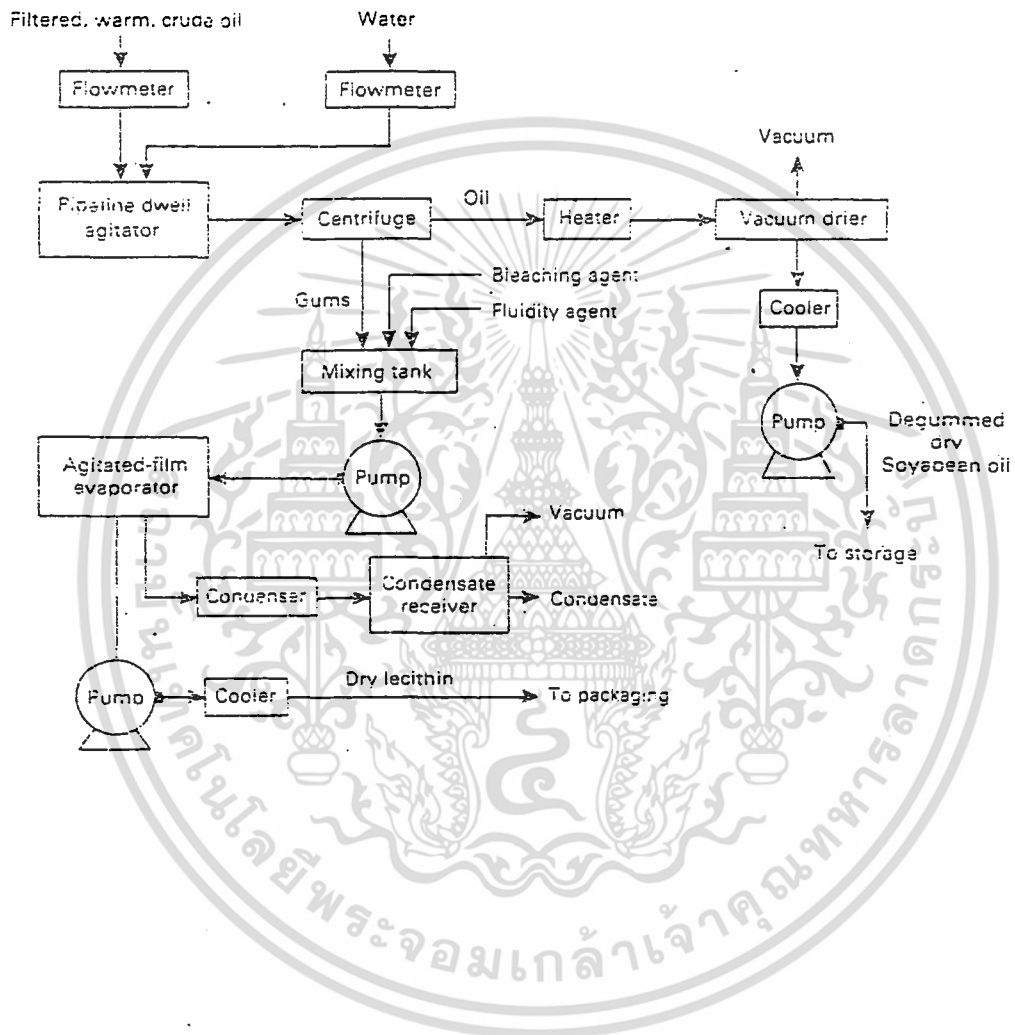
ที่มา : Rohlf's et al.,1993.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การผลิตเลซิทิน

ปัจจุบันการผลิตเลซิทินในเชิงอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่ผลิตจากถั่วเหลือง เนื่องจากหาวัตถุดิบได้ง่าย กรรมวิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก และได้เลซิทินที่คุณสมบัติดี (สิริกุล, 2537) ส่วนใหญ่ใช้วิธีสกัดโดยสารละลายไฮโดรคาร์บอนไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน (hexene) (Roblfs, 1993) ในกระบวนการผลิตเลซิทินจากถั่วเหลืองจะเป็นส่วนหนึ่งของที่แยกออกจากกระบวนการผลิตน้ำมันถั่วเหลือง โดยเริ่มจากการนำเอาถั่วเหลืองมาทำความสะอาด และแยกสิ่งปลอมปนต่างๆ เช่น กรวด ทราย หลังจากนั้นนำไปบดเพื่อให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้สารที่ใช้ทำการสกัดสามารถสัมผัสกับถั่วเหลืองได้ดียิ่งขึ้น สารที่ใช้ทำการสกัดเรียกว่า ตัวทำละลาย ซึ่งมีหลายชนิด เช่น เฮกเซน (hexene) ปีโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether) แต่ที่นิยมใช้คือ เฮกเซน เนื่องจากเฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่ดี มีความเป็นพิษน้อย ราคาไม่แพง ให้เลซิทินที่มีคุณภาพดี มีสีเหลืองอ่อน ไม่มีรสขม และมีคาร์โบไฮเดรตต่ำ น้ำมันที่แยกเลซิทินออกแล้วมีสีเหลืองอ่อนง่ายต่อการทำให้บริสุทธิ์เพื่อบริโภคต่อไป และยังสามารถกลั่นเอาเฮกเซนกลับมาใช้ได้อีก (สุรสิทธิ์, 2530) น้ำมันจะละลายปนอยู่ในตัวทำละลาย ส่วนที่เป็นกากถั่วเหลืองจะถูกแยกออกและขายเป็นอาหารสัตว์ต่อไป ขณะที่ส่วนน้ำมันจะไประเหยเอาตัวทำละลายออกจะได้ไขมัน ซึ่งอยู่ในสภาพที่ยังไม่เหมาะกับการบริโภค แต่จะมีเลซิทินปะปนอยู่เรียกว่า ไขมันดิบ (crude oil) หลังจากนั้นจะใช้ไอน้ำในการแยกเลซิทินออกจากน้ำมันเมื่อไอน้ำถูกส่งผ่านเข้าไปในถังน้ำมัน จะสังเกตเห็นตะกอนสีเหลืองกระจายตัวอยู่ทั่วไปในน้ำมัน นอกจากการใช้ไอน้ำแล้วยังสามารถใช้กรดหรือกรดแอมโมเนียได้อีกด้วย (Nieuwenhuysen, 1976) เรียกกรรมวิธีการทำให้เลซิทินตกตะกอนว่า ดีแกมมิ่ง (degumming) นำเข้าเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง (centrifuge) จะได้เลซิทินตกตะกอนแยกออกจากน้ำมัน นำตะกอนเลซิทินไปกรองเพื่อกำจัดกากถั่วและโลหะหนักเสียก่อน หลังจากนั้นนำเลซิทินไปทำให้แห้งภายใต้สูญญากาศที่อุณหภูมิ 60 - 105° C จะทำให้ได้เลซิทินสีน้ำตาลคุณภาพดี เรียกว่า เลซิทินดิบ (crude lecithin) ซึ่งอาจนำไปปรับปรุงคุณภาพ (modified) ตามความต้องการ คุณภาพของเลซิทินที่ดีจะต้องมีสารประกอบอื่นๆ เช่น น้ำมันคาร์โบไฮเดรต ปะปนมาในปริมาณน้อย แต่มีเปอร์เซ็นต์ของฟอสโฟลิปิดปริมาณสูงโดยเฉพาะ PC เลซิทินที่สกัดได้จะมีสีแตกต่างกันตั้งแต่สีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล (พนมพร, 2537) ถ้าต้องการเลซิทินที่มีสีน้ำตาลอ่อนสามารถเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) ในช่วงที่เป็นกัม (gum) เพื่อฟอกสี ส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะถูกกำจัดในระหว่างกระบวนการทำแห้ง (Roblfs et al., 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 : แสดงกระบวนการดีกัมมิ่งและการผลิตเลซิทินดิบ

ที่มา : Szuhaj , 1989

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การปรับปรุงคุณภาพเลซิทิน

หมู่ฟอสฟาติดีล (Phosphatidyl) คือ ฟอสเฟตเอสเทอร์ (Phosphate ester) หนึ่งของไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) ในเลซิทินจะมีอนุพันธ์ฟอสฟาติดีล อยู่หลายชนิดโดยจะมี PS ในปริมาณน้อยมาก ส่วนอนุพันธ์ที่พบปริมาณเท่าๆ กัน คือ PE และ PC ซึ่งเป็น Amphoteric surfactant และสุดท้าย PI ซึ่งเป็น Anionic surfactant ค่า HLB ของอนุพันธ์ทั้ง 3 มีความแตกต่างกันคือ PC มีค่าสูง PE มีค่าปานกลาง และ PI จะมีค่าต่ำ เลซิทินมีความสามารถที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ทั้งอิมัลชันอาหารประเภท o/w อิมัลชัน (oil in water emulsion) และอาหารประเภท w/o อิมัลชัน (water in oil emulsion) แม้ว่าจะมีคุณสมบัติไม่ดีมากนักแต่ด้วยลักษณะที่มีความพิเศษดังกล่าวข้างต้นนั้น ทำให้มีการคิดค้นปรับปรุงคุณภาพของเลซิทิน เพื่อให้ได้คุณภาพตามต้องการ สามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้

1. การปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีทางกายภาพ (Modification by Physical Mean)

(Charalambous และ Doxastakis, 1989)

1.1 Alcohol Extraction

ฟอสโฟลิปิดแต่ละชนิดละลายในแอลกอฮอล์ได้ไม่เท่ากันโดยฟอสฟาติดีล โคลีนสามารถละลายในแอลกอฮอล์ได้น้อย การใช้การสกัดด้วยของเหลวจะทำให้ได้เลซิทินที่มีอัตราส่วนของ PC/PE สูงขึ้น

1.2 Acetone Extraction

ฟอสโฟลิปิดไม่สามารถละลายในอะซิโตน ในขณะที่กรดไขมันและไตรกลีเซอไรด์ละลายได้ในอะซิโตน จึงใช้คุณสมบัตินี้แยกส่วนของน้ำมันออกไปโดยใช้อะซิโตน จะทำให้เลซิทินมีปริมาณฟอสโฟลิปิดสูงขึ้น

1.3 Spray Drying with Protein

การสเปรย์เลซิทินให้จับกับโปรตีนในลักษณะผงแห้ง โดยใช้หางนม หรือนมผงขาดมันเนย เลซิทินจะถูกหุ้มไว้โดยฟิล์มของเคซีน ซึ่งช่วยให้มีคุณสมบัติในการไหลอย่างอิสระ และมีข้อดีคือ ราคาถูก และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเลซิทินอยู่ประมาณ 30-50%

1.4 Spraying Cooling with Synthetic Emulsifiers

การสเปรย์เลซิทินที่เย็น 30% ผสมกับ โมนและไดกลีเซอไรด์อีก 70% จะได้เลซิทินที่มีลักษณะเห็นเกล็ดหรือผง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์

2. การปรับปรุงคุณภาพโดยวิธีทางเคมี (Modification by Chemical Means)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (Charalambous และ Doxastakis, 1989)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 Hydrolysis by Acid and Alkali

เลซิทินดิบสามารถถูกไฮโดรไลซ์อย่างง่ายด้วยการกรดหรือด่างแก่ เช่น การไฮโดรไลซ์ด้วยโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 N ที่ 37° C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เลซิทินดิบ จะถูกไฮโดรไลซ์เป็นโคเลอิน กรดไขมัน และกรดกลีเซอโรฟอสโฟริก (glycerophosphoric acid) (Central Soya, 1989) เลซิทินที่ถูกไฮโดรไลซ์เพียงบางส่วนจะมีคุณสมบัติของ o/w อิมัลชันไฟเออร์ที่ดีขึ้น แต่ผลที่ได้ออกมายังไม่ดีเท่าการใช้เอนไซม์ เพราะเลซิทินที่ได้มีสีดํา

2.2 Acetylation

การใช้อะซิติกแอนไฮไดรด์ในการ acetylated หมู่อะมิโนของฟอสฟาทีดิลเอททานอลามีน การดัดแปลงด้วยวิธีนี้จะเป็นต้องควบคุมสภาวะต่างๆ เช่น อุณหภูมิ เวลา ความเข้มข้นของอะซิติกแอนไฮไดรด์ การ Acetylation เป็นวิธีทางเคมีที่อาศัยหลักการที่ทำให้ประจุบวกบนหมู่ Zwitterionic เปลี่ยนเป็นประจุลบ ซึ่งจะทำให้มีการพัฒนาคุณสมบัติของการเป็น o/w อิมัลชันไฟเออร์ที่ดีขึ้น

2.3 Hydroxylation

การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงร่วมกับกรด โดยเฉพาะกรดแลคติก ทำให้ได้หมู่ไฮดรอกซิลในกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว หมู่อะมิโนของ PE จะถูกเปลี่ยนแปลง ทำให้มีการเพิ่มคุณสมบัติชอบน้ำของเลซิทิน เป็นการเพิ่มความชื้นให้กับตัวเลซิทินและยังเพิ่มโครงสร้างที่คงตัวให้กับ o/w อิมัลชัน ไฮดรอกซิเลซิทิน (Hydroxylated lecithin) เป็นเลซิทินที่มีสีอ่อน มีคุณสมบัติในการกระจายตัวในน้ำเย็นได้ดี เหมาะสำหรับการกระจายตัวในน้ำ

2.4 Hydrogenation

เลซิทินสามารถถูก hydrogenated ให้เป็นสารแข็งซึ่งมีความทนทานต่อการถูกออกซิไดซ์ แต่จะทำให้ลดความสามารถในการละลายในตัวทำละลายต่างๆ

3. การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้เอนไซม์ (Modification by Enzyme)

เลซิทินจะถูกไฮโดรไลซ์โดยเอนไซม์ที่เหมาะสม ทำให้เกิดเลซิทินที่มีหมู่ไฮโดรฟิลิกเพิ่มขึ้น เลซิทินจึงมีคุณสมบัติเป็นอิมัลชันไฟเออร์ในระบบ o/w อิมัลชันที่ดีขึ้น รวมถึงการมีคุณสมบัติในการกระจายตัวที่ดีขึ้น

เอนไซม์ซึ่งมีความสามารถไฮโดรไลซ์เลซิทินและไม่มีผลต่อไขมันคือ เลซิทินเนส (Lecithinase) เอนไซม์ชนิดนี้จัดเป็นเอนไซม์ประเภทเอสเทอร์เรส (esterase) ในปัจจุบันมีเอนไซม์ซึ่งมีผลต่อพันธะเอสเทอร์ในโมเลกุลอยู่ 4 ชนิด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lecithinase A เอนไซม์ชนิดนี้จะตัดพันธะเอสเทอร์ของกรดไขมัน 1 โมเลกุล ออกจากเลซิทินได้ไลโซเลซิทิน
- Lecithinase B เอนไซม์ชนิดนี้จะไฮโดรไลซ์กรดไขมันออกจากเลซิทิน 2 โมเลกุล
- Lecithinase C เอนไซม์ชนิดนี้จะตัดพันธะเอสเทอร์ของโคลีนกับกรด ฟอสโฟริก
- Lecithinase D เป็นเอนไซม์ประเภทกลีเซอโรฟอสฟาเทส (glycero phosphatase) ก็จะตัดพันธะเอสเทอร์ระหว่างกรดฟอสโฟริกกับกลีเซอรอล ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ฟอสฟาติดิลโคลีนและไดกลีเซอไรด์

ปัจจุบันในการผลิตเลซิทิน เอนไซม์ที่ใช้มากที่สุดคือ Lecithase A ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เปลี่ยนเลซิทินให้กลายเป็นไลโซเลซิทิน โดยการดึงโมเลกุลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวออกจากโมเลกุลเลซิทิน 1 โมเลกุล ซึ่งทางการค้าเอนไซม์ชนิดนี้มีชื่อเรียกว่า Phospholipase A-2 หรือ เลซิทเอส (lecithase) เนื่องจากเอนไซม์นี้ไม่จำเพาะแต่เลซิทินเท่านั้น ยังมีความจำเพาะกับ เซฟาลิน (cephalin) ด้วย และไม่มีผลต่อ สปริงโกไมลิน (sphingomyelins) , ซีรีโบรไซด์ (cerebrosides) ไลโซฟอสโฟลิปิด (lysophospholipid) และ อะซีทาล ฟอสโฟลิปิด (acetal phospholipid) (NOVO ,1990)

2.5 การวิเคราะห์คุณภาพของเลซิทิน

เลซิทินสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆได้หลายวิธี ทั้งทางเคมี กายภาพ และหน้าที่ แต่มักจำแนกตามคุณภาพและความบริสุทธิ์ วิธีการวิเคราะห์ส่วนใหญ่มาจาก the American Oil Chemists' Society (AOCS) การวิเคราะห์คุณภาพที่สำคัญมีดังนี้

2.5.1 Acetone Insoluble (AI)

ปริมาณเลซิทินที่ผลิตได้จะถูกวัดโดยพิจารณาจากปริมาณฟอสโฟลิปิด เนื่องจากฟอสโฟลิปิดไม่ละลายในอะซิโตนเย็น ขณะที่ไตรกลีเซอไรด์และกรดไขมันอิสระสามารถละลายในอะซิโตน ดังนั้นการหาปริมาณเลซิทิน จึงสามารถทำได้โดยการวัดปริมาณสารที่ไม่ละลายในอะซิโตน ซึ่งสามารถทำได้โดยการตกตะกอนฟอสโฟลิปิดในอะซิโตนแยกส่วนเอาน้ำมันออกไป วัดค่ากากที่เหลือก็จะได้ออกมา AI ออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 Acid Value (AV)

ค่าความเป็นกรดของเลซิทิน เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้กรดไขมัน 1 กรัม ในเลซิทินมีสภาพเป็นกลาง แสดงถึง titratable acidity ที่เกิดจากกรดไขมันอิสระที่มีอยู่ในเลซิทิน การหาค่าความเป็นกรดสามารถทำได้โดยการละลายตัวอย่างในสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ และแอลกอฮอล์ แล้วไทเทรตด้วย 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

2.5.3 Hexane Insoluble (HI)

เป็นค่าที่แสดงถึงความบริสุทธิ์ของเลซิทิน เนื่องจากเลซิทินเป็นสารที่ละลายในเฮกเซน วัตถุอื่นที่ไม่ละลายในเฮกเซนจึงจัดได้ว่าเป็นวัตถุปลอมปนในเลซิทิน ค่า HI สามารถหาได้โดยการละลายเลซิทินในเฮกเซน นำไปหมุนเหวี่ยงให้ตกตะกอน นำไปกรองวัดค่าของกากที่เหลือ

2.5.4 Peroxide Value (PV)

เปอร์ออกไซด์เป็นสารที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งเมื่อไปรวมตัวกับสารประกอบชนิดอื่น เช่น กรด อัลดีไฮด์ จะทำให้เกิดกลิ่นหืนขึ้นในผลิตภัณฑ์พวกน้ำมัน การวัดค่าเปอร์ออกไซด์ทำได้โดยละลายตัวอย่างในสารละลายกรดอะซิติก-คลอโรฟอร์ม และเติมโปแตสเซียมไอโอไดด์ แล้วนำมาไทเทรตด้วยโซเดียมไรโอซัลเฟต โดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์ ค่าที่ได้เป็นค่ามิลลิกรัมสมมูลของเปอร์ออกไซด์ตัวอย่าง 1000 กรัม

2.5.5 ปริมาณความชื้น (Moisture)

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในเลซิทิน โดยทั่วไปน้ำในเลซิทินมีปริมาณน้อยมากประมาณ 0.1 - 1.0% (Roblfs et al., 1993) และไม่ควรมีค่าเกิน 1.5% เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์และการเสื่อมเสียคุณภาพของเลซิทิน สามารถวัดโดยใช้ตู้อบแห้ง แต่ถ้าต้องการความถูกต้อง ควรใช้เครื่อง Karl Fischer

2.5.6 ความหนืด (Viscosity)

โดยปกติเลซิทินมีระดับความหนืดในระดับพลาสติก ในกรณีที่ต้องการให้เลซิทินเหลวสามารถทำได้โดยเติมน้ำมันกลับเข้าไป การวัดค่าความหนืดใช้ Brookfield Viscometer ที่ 25°C มีหน่วยเป็น centipoise (cP)

2.5.7 สี (Colour)

โดยธรรมชาติสีของเลซิทินจะมีสีตั้งแต่สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลเข้ม แต่เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการเลซิทินที่มีสีอ่อน จึงทำให้เกิดการฟอกสีขึ้น แบ่งเป็นการฟอกสีครั้งเดียวโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และการฟอกสี 2 ครั้งโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างสำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเบนโวลเปอร้ออกไซด์ ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตมีมากขึ้นจึงสามารถผลิตเลซีทินที่มีสีอ่อน โดยไม่ต้องใช้สารฟอกสี ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากกว่า การวัดสีของเลซีทินสามารถทำได้ โดยใช้ Gardner scale

2.5.8. การนำไฟฟ้า (conductivity) (Latreille และ Paquin, 1990)

เป็นวิธีการหาความเสถียรของอิมัลชัน เนื่องจากความไม่เสถียรของอิมัลชันเกิดจากการแยกชั้นของ dispersed phase อันเนื่องมาจากความแตกต่างของความหนาแน่นระหว่างเฟส ซึ่งความไม่เสถียรนี้สามารถเพิ่มขึ้นเรื่อยๆด้วยหลายกลไก เช่น creaming flocculation หรือ coalescence และเนื่องจากอนุภาคของเม็ดไขมันทำให้ค่า การนำไฟฟ้าลดลงได้ เพราะอนุภาคของเม็ดไขมันจะเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของอ็ออน Latreille และ Paquin (1990) สร้างแบบจำลองในการวัดความเสถียรของอิมัลชัน โดยกำหนดให้อิมัลชันอยู่ใน กระบอกตวงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร และมีอิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในอิมัลชันนั้น โดยตำแหน่งของอิเล็กโทรดอยู่ที่ตำแหน่งคงที่ ซึ่งเมื่ออิมัลชันเกิดการแยกตัวจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกัน ค่าของอิเล็กโทรดที่เกิดขึ้นหลังการแยกตัวจะมากขึ้นหรือลดลงจากค่าเริ่มต้นเดิมขึ้นกับว่าอิเล็กโทรดนั้นวางที่ตำแหน่งใด ถ้าอยู่ในชั้นน้ำค่าการนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากอยู่ในชั้นของน้ำมัน ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลง

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์เลขชี้ทางการค้า

Analysis	Typical range		
AI (acetone insoluble) (%)	35-98		
AV (acid value) (%)	20-36		
HI (hexane insoluble) (%)	0.05-0.3		
PV (peroxide value) (meq kg ⁻¹)			
Unbleached	0-10		
Bleached	10-75		
Moisture (%)	0.1-1.0		
Viscosity (Brookfield, 25 ^o C) (cP)	150-20,000		
FFA (free fatty acids) (mg)			
KOH (g ⁻¹)	1-5		
IV (iodine value) (cg l g ⁻¹)			
Natural	95-110		
Oil - Free	80-90		
Fatty acid composition (%)			
	Soya bean oil	Natural	Oil - Free
C _{16:0}	10.3	15.6	20.3
C _{18:0}	4.4	4.7	4.6
Total saturates	14.7	20.3	24
C _{18:1}	24.5	17.9	9
C _{18:2}	53.8	54.0	9.2
C _{18:3}	7.0	6.7	58.9
Total unsaturates	85.3	78.6	7.0
Unsaturated:			75.1
saturated ratio	5.8:1	3.9:1	3.0:1

ที่มา : Rohlfis et al., 1993.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เทคโนโลยีอิมัลชันไฟเออร์ในอาหาร

การเตรียมอิมัลชันอาหารได้ถูกให้มีการฝึกฝนเรื่องด้วยเป็นศิลปะทางด้านการปรุงอาหารที่มีมาช้านานแล้วโดยอิมัลชันอาหารมีการเตรียมใช้ในครัวเรือนและภัตตาคารมากกว่าศตวรรษ แต่มีปัญหาที่พบกันคือไม่สามารถเก็บได้ในระยะเวลาที่ยาวนานการแข็ง, การลอม, การกระจายตัว และการละลาย

ตัวอิมัลชันไฟเออร์ที่มีความนิยมใช้กันมาช้านานในการทำอาหาร คือไข่และส่วนที่ใช้ก็คือไข่แดง นั่นเองซึ่งในไข่แดงอุดมไปด้วย ฟอสโฟลิปิด (เลซิทีน) และ ไลโปโปรตีน มายองเนส คือตัวอย่างที่ดีที่สุดในการยกตัวอย่างอิมัลชันไฟเออร์ที่เป็นไข่แดงอิมัลชันอาหารมีการนิยามว่าเป็นระบบที่มีการรวมกันของ เฟส (phase) ซึ่งสิ่งที่มีมาประกอบกันนั้น อาจจะเป็น น้ำมันและน้ำ , คาร์โบไฮเดรต , โปรตีน โดยพื้นฐานแล้วอิมัลชันอาหารจะมี 2 ชนิด (Stauffer,1992) คือ

1. อิมัลชันอาหารประเภท น้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion)
2. อิมัลชันอาหารประเภท น้ำในน้ำมัน (water in oil emulsion)

2.6.1 อิมัลชันอาหารประเภท น้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion)

ตัวอย่างเช่น นมหรือไอศกรีม โดยน้ำมันจะเป็นเฟสที่อยู่กับที่ (Stationary phase) ส่วนน้ำหรือของเหลวอื่นเช่น ชีร์ม จะเป็นเฟสที่อยู่โดยรอบ (dispersing phase)

2.6.2 อิมัลชันอาหารประเภท น้ำในน้ำมัน (water in oil emulsion)

ตัวอย่างเช่น เนย , มาการรีน โดยจะมีคุณสมบัติตรงข้ามกลับ อิมัลชันอาหารประเภท o/w อิมัลชัน (oil in water emulsion) คือ ของเหลวจะเป็นเฟสที่อยู่กับที่ส่วนไขมันจะเป็นเฟสที่อยู่โดยรอบนอกจากนี้ในส่วนที่เป็นเฟสอยู่กับที่อาจเป็นก๊ากซ์ก็ได้ซึ่งตัวอย่างที่ดีก็คือ ขนมเค้ก (cake) โดยทั่วไปแล้วความความหนืดของอิมัลชันจะเป็นหน้าที่ของเฟสภายนอกและจะมีความหนืดต่ำถ้าหากเฟสภายนอกเป็นของเหลว เช่นในน้ำนม และมีความหนืดสูงเมื่อเฟสภายนอกเป็น ไขมันหรือน้ำมัน เช่น ในมาการรีน นอกจากความหนืดแล้วขนาดอนุภาคก็มีความสำคัญในเรื่องอิมัลชันอาหาร เช่นกัน โดยขนาดของอนุภาคมีผลต่อลักษณะปรากฏ (ดังแสดงในตารางที่ 2.3) ซึ่งจะมีผลมากในอิมัลชันอาหารประเภท w/o อิมัลชัน (oil in water emulsion)

ตารางที่ 2.3 ลักษณะปรากฏของอิมัลชันอาหารที่มีผลมาจากขนาดของอนุภาค

ขนาดของอนุภาค (μm)	ลักษณะปรากฏ
>1	ขาวเหมือนน้ำมัน
0.1-1.0	ฟ้าอ่อน
0.05-0.1	น้ำตาล , โปร่งแสง
<0.05	โปร่งใส

ที่มา : Bagshaw et al.,1986

เม็ดของน้ำมันมักจะรวมเข้าหากัน หลังจากการผสมในของเหลวและจะค่อย ๆ ใหญ่ขึ้น ๆ โดยจะลอยขึ้นเกิดเป็นชั้นบนผิวหน้า ซึ่งการลอยขึ้นของน้ำมันสามารถคำนวณได้โดยเป็นไปตามกฎของ Stokes

$$v = \frac{2gr^2(d_1 - d_2)}{9\eta}$$

โดย v	= ความเร็วของทรงกลม
r	= รัศมีของทรงกลม
η	= ความเร็วของเฟสของเหลว
d_2	= ความหนาแน่นของเฟสของเหลว
d_1	= ความหนาแน่นของทรงกลม (เม็ดน้ำมัน)
g	= แรงโน้มถ่วงของโลก

น้ำมันมักจะรวมเข้าหากันนั้น มีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของพลังงานอิสระที่ผิว (free surface energy) หรือ แรงตึงผิว (Surface tension) เมื่อทราบเช่นนี้แล้วสิ่งที่จะต้องทำคือการพยายามลดพลังงานอิสระที่ผิว (free surface energy) หรือ แรงตึงผิว (Surface tension) ให้มากที่สุดซึ่งแน่นอนเป็นหน้าที่ของเซอแฟกแตนท์ (Surfactant) โดยสารดังกล่าวจะดูดซับน้ำมันและให้เกิดการไหลของประจุไฟฟ้าที่ผิวหน้าเม็ดของน้ำมันซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะพบในเลซิทีน (lecithin) และการคงอยู่ ของประจุไฟฟ้าที่เม็ดน้ำมันนั้นเป็นการยับยั้งการรวมเข้าหากันของเม็ดน้ำมันและยังมีผลรวมไป

ถึงการทำให้แยกจากกัน ซึ่งพอจะสรุปหน้าที่ขั้นพื้นฐานของอิมัลซิไฟเออร์ในการทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันได้ดังนี้

1. ช่วยลดแรงตึงผิว
2. สร้างฟิล์มเพื่อห่อหุ้มเม็ดไขมันหรือน้ำมัน
3. ช่วยทำให้ประจุไฟฟ้าไหลอยู่บนผิวหน้าของเม็ดไขมันหรือน้ำมัน

2.6.3 ค่าสมดุลไฮโดรฟิลิก - ลิโปฟิลิก (Hydrophilic - lipophilic balance : HLB)

(Stauffer,1992)

เป็นค่าในการจำแนกคุณสมบัติของอิมัลซิไฟเออร์โดยถ้าวัดค่าสารเซอแฟกแตนท์ (Surfactant) ได้มีค่านี้ต่ำมักจะเหมาะที่จะใช้ในระบบอิมัลชันอาหารประเภท w/o อิมัลชัน (water in oil emulsion) และในทางตรงข้ามถ้าหากสารนั้นมีค่านี้ในระดับสูงก็เหมาะกับระบบอิมัลชันอาหารประเภท o/w อิมัลชัน (oil in water emulsion) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่า HLB และการนำไปใช้งานจะแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HLB และการนำไปใช้งาน

ค่า HLB	การนำไปใช้งาน
4-6	ใช้ในระบบอิมัลชันอาหารประเภท น้ำในน้ำมัน (water in oil emulsion)
7-9	ใช้เป็น Wetting agent
8-18	ใช้ในระบบอิมัลชันอาหารประเภท น้ำมันในน้ำ (oil in water emulsion)
13-15	ใช้เป็นสารฟอกล้าง
15-18	ใช้เป็นตัวทำลาย

ที่มา : Weete , 1994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เราสามารถประมาณค่า HLB โดยจากการละลายน้ำได้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 การประมาณค่า HLB โดยจากการละลายในน้ำ

ลักษณะการละลายในน้ำ	ช่วงของค่า HLB
ไม่ละลาย	1-4
ละลายได้น้อย	3-8
ละลายได้เมื่อมีการคน	6-8
ละลายแล้วสารละลายขุ่น	8-10
ละลายได้สารละลายค่อนข้างใส	10-13
ละลายได้สารละลายใส	13+

ที่มา : Weete , 1994

2.7 อิมัลซิไฟเออร์ , สารให้ความคงตัว , สารเพิ่มความข้น

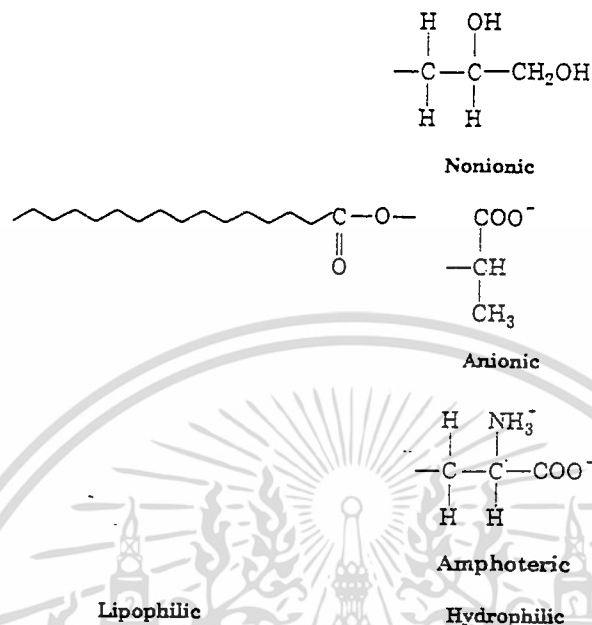
(Emulsifiers , Stabilizers , and Thickeners)

คำนิยามของอิมัลซิไฟเออร์, สารให้ความคงตัว, สารเพิ่มความข้นโดย 21 Code of Federal Regulation มีดังนี้ (Stauffer , 1992)

* อิมัลซิไฟเออร์และเกลือของอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers and emulaifier salts) คือ สารที่ปรับปรุงคุณสมบัติความตึงผิวในสารประกอบ ช่วยให้เกิดลักษณะการกระจายตัวที่ดีหรือมีสภาพเป็นอิมัลชัน

* สารให้ความคงตัว และ สารเพิ่มความข้น (Stabilizers and Thickeners) คือ สารที่ทำให้สารละลายเกิดความหนืด หรือ การกระจายตัว ให้และเพิ่มความคงตัว หรือทำให้อิมัลชันมีความเสถียร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ส่วนที่ชอบไขมัน (lipophilic) และส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ของเซอแฟกแตนท์ (Surfactant)

ที่มา : Stauffer, 1992

จากรูปที่ 2.3 เซอแฟกแตนท์ (Surfactant) มีทั้ง ไฮโดรฟิลิก (lipophilic) และ ไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) บางครั้งอาจเรียกว่า สารประกอบ Amphiphilic ไฮโดรฟิลิก ของ เซอแฟกแตนท์ ส่วนใหญ่จะเป็น โมเลกุลขนาดใหญ่ ไฮโดรฟิลิก จะเป็นแบบไม่มีประจุ หรือ มีประจุลบ หรือ มีทั้งประจุบวกและลบก็ได้ เซอแฟกแตนท์ (Surfactant) ที่มีประจุบวกจะเป็นพิษไม่ใช่เป็นสารเจือปนในอาหาร

ตัวอย่างเช่น

Monoglyceride	เป็นเซอแฟกแตนท์ (Surfactant) ชนิดไม่มีประจุ
Stearoyl lactylate	เป็นเซอแฟกแตนท์ (Surfactant) ชนิดประจุลบ
Lecithin	เป็นเซอแฟกแตนท์ (Surfactant) ชนิดมีทั้งประจุบวกและประจุลบ (Amphoteric)

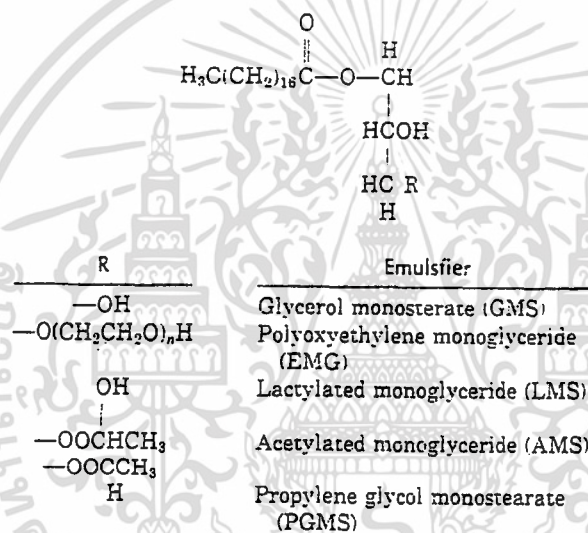
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ชนิดของอิมัลซิไฟเออร์

2.8.1. อิมัลซิไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุ (Stauffer,1992)

2.8.1.1 Monoglyceride และ อนุพันธ์

การใช้ Monoglyceride ในผลิตภัณฑ์อาหารมีการใช้เป็นครั้งแรกในคริสตวรรษที่ 1930 โดยใช้กลีเซอไรด์ผสมลงใน Shortening และเติมตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นต่างในปริมาณเล็กน้อย Monoglyceride ถูกใช้อย่างกว้างขวางในการทำเค้ก หลังจากนั้น Monoglyceride ได้มีการพัฒนาในรูปอนุพันธ์อีกหลายตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.4



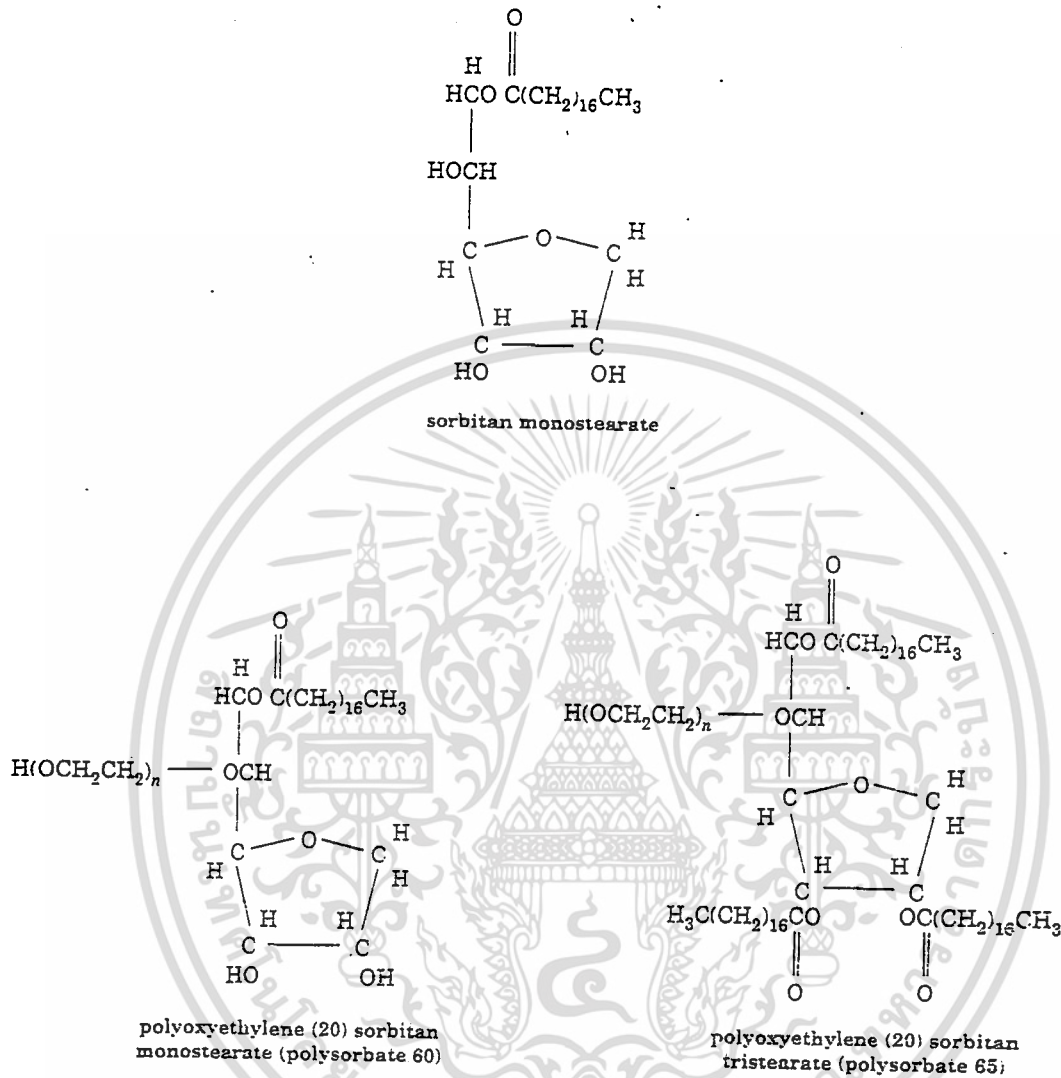
รูปที่ 2.4 อิมัลซิไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุ

ที่มา : Stauffer, 1992.

2.8.1.2 อนุพันธ์ของซอร์บิเทน (Sorbitan Derivative)

เมื่อนำน้ำตาลอัลทอซออล คือ ซอร์บิทอล (Sorbitol) มาให้ความร้อนร่วมกับกรด สเตียริก (stearic) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาก็จะได้ Sorbitan monostearate ซึ่งสามารถละลายในน้ำมันมีค่าสมดุลไฮโดรฟิลิก - ลิโปฟิลิก (Hydrophilic - lipophilic balance : HLB) ต่ำนอกจากนี้ยังมีอนุพันธ์ที่สำคัญตัวอื่น ๆ เช่น Sorbitan ester ซึ่งได้แก่ Monooleate และ Tristearate ester ทั้งสามตัวทำปฏิกิริยากับ Ethylene oxide ได้ Polyoxyethylene derivative ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 อิมัลซีไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุพวก Sorbitan ester
ที่มา : Stauffer, 1992.

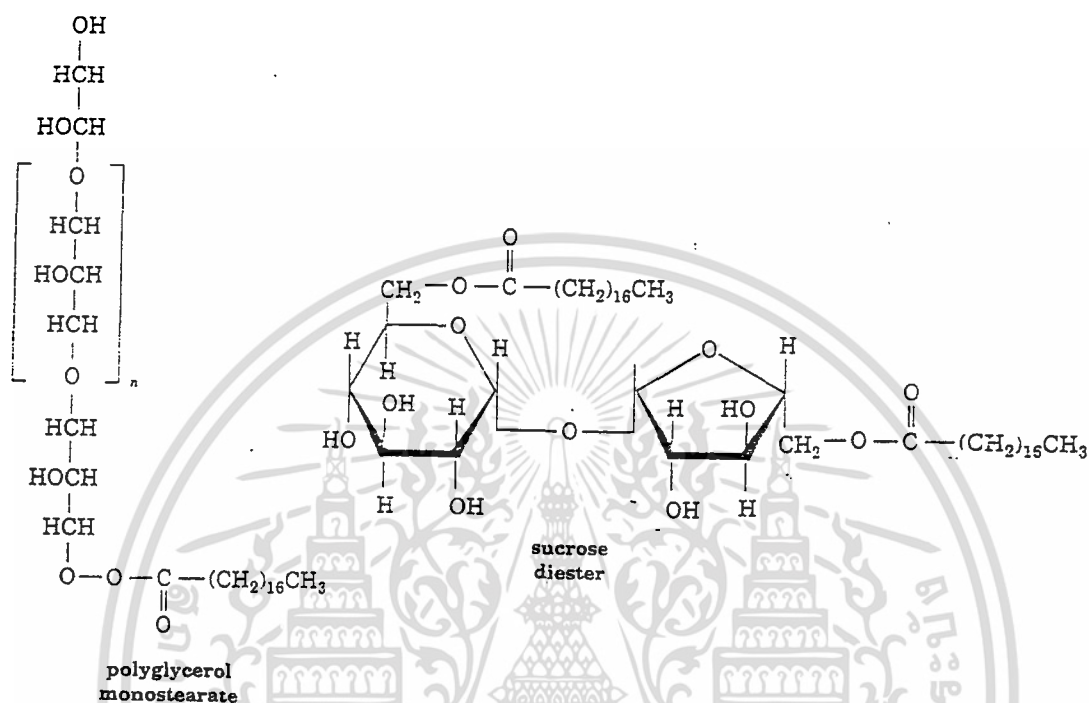
Sorbitan monostearate ถูกใช้ในอุตสาหกรรมขนมหวานที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ อุตสาหกรรมเบเกอรี่ และ Coffee creamers มีการใช้อนุพันธ์ของ Polyoxyethylene อย่างกว้างขวางเช่น Polysorbate 60 ใช้ในระบบ Fluid oil cake shortening โดยใช้ร่วมกับ Glycerol monoesterate (GMS) และ Glycol monoesterate (PGMS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ

2.8.1.3 Ester of polyhydric compound

polyglycerol ester มีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ มากมาย ซึ่งได้จากการให้ความร้อน glycerol โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นด่าง



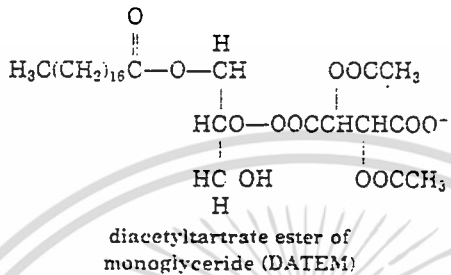
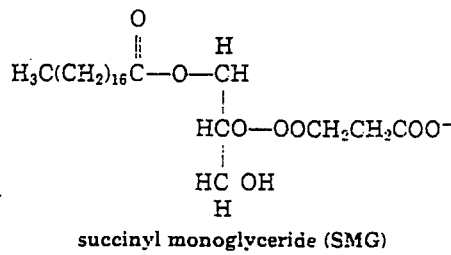
รูปที่ 2.6 อิมัลชันไฟเออร์ชนิดไม่มีประจุจาก polyhydric compound
ที่มา : Stauffer, 1992.

2.8.2. อิมัลชันไฟเออร์ชนิดประจุลบ (Stauffer, 1992)

2.8.2.1 อนุพันธ์ของ Monoglyceride

อนุพันธ์ของ Monoglyceride ที่เป็นประจุลบ (Anionic) มีการใช้อย่างกว้างขวางที่สุด คือ Succinyl Monoglyceride (SMG) และ Diacetyltartrate ester of Monoglyceride (DATEM) ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



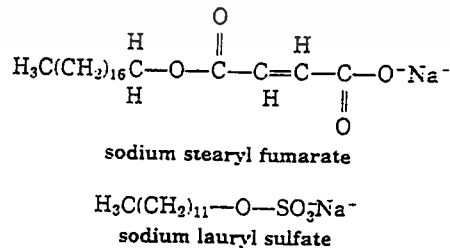
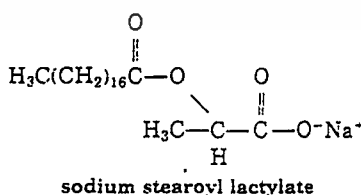
รูปที่ 2.7 อิมัลซิไฟเออร์ชนิดประจุลบ

ที่มา : Stauffer , 1992

SMG ผลิตโดยกระบวนการทำปฏิกิริยากันระหว่าง Succinic anhydride กับ Monoglyceride ส่วน DATEM ผลิตโดยการผสม Monoglyceride , Tartanic acid และ Acetic anhydride ในอัตราส่วนตามต้องการภายใต้การควบคุม การใช้ประโยชน์ของอิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ใช้ในการควบคุมสภาวะของโด (dough) โดยจะผสมอิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ลงไปในกลุ่มโดขนมปังซึ่งจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความยืดหยุ่นของ กลูเทน (Gluten) ในโด ซึ่งมีผลทำให้ได้ปริมาณของโดเพิ่มขึ้นและมีคุณภาพดีกว่าโดที่ไม่ได้ผสมอิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้

2.8.2.2 สาร Anionic ตัวอื่น ๆ

เช่น Sodium stearyl lactylate (SLL) ดังรูป



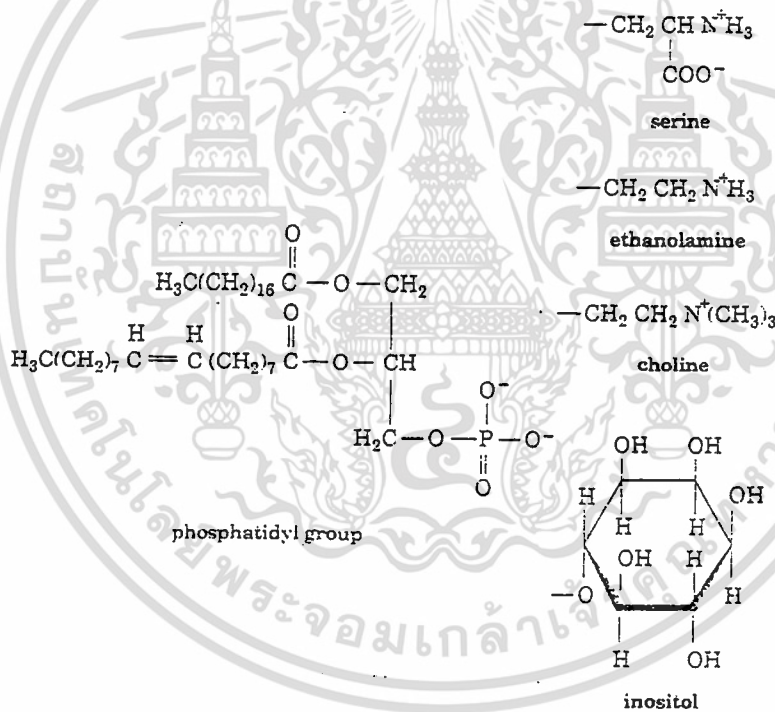
รูปที่ 2.8 สาร anionic ตัวอื่น ๆ

ที่มา : Stauffer, 1992.

มีการใช้อย่างกว้างขวางในสหรัฐอเมริกา และ Sodium stearyl fumarate เคยมีการอนุญาตให้ใช้แต่แล้วก็ถูกสั่งห้ามไปเนื่องจากคุณสมบัติไม่เป็นที่ยอมรับ และอีกชนิดคือ Sodium lauryl sulfate ถูกใช้เป็นเพียง Whipping agent ของไข่ขาวเท่านั้น

2.8.3. อิมัลซิไฟเออร์ชนิดมีทั้งบวกและลบ (Stuffer,1992)

2.8.3.1 Lecithin ได้จากกระบวนการกลั่นใสของเมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดข้าวโพด เลซิทีนดิบ (Crude lecithin) มีสีคล้ำจำเป็นต้องผ่านการฟอกสีโดยใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.5 % ฟอกหนึ่งครั้ง (single-bleached)

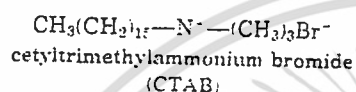


รูปที่ 2.9 โครงสร้างหลักของ Surface active component ของเลซิทีน
ที่มา : Stauffer, 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.4. อิมัลชันไฟเออร์ชนิดประจุบวก (Stuffer,1992)

2.8.4.1 Quaternary Ammonium Surfactant โดยทั่วไปอิมัลชันไฟเออร์ชนิดจะไม่ใช่เป็นสารเจือปนในอาหาร เช่น Quaternary Ammonium Compound ; Cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB)



รูปที่ 2.10 อิมัลชันไฟเออร์ชนิดประจุบวก
ที่มา : Stauffer, 1992.

เป็นสารที่ใช้สำหรับการทำความสะอาดกระบวนการผลิตอาหารในส่วนของเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ

2.9 เทคนิคการทำแอนแคปซูลชัน (Encapsulation Technique)

2.9.1 นิยาม (Graves and Weiss,1993)

Encapsulate ถ้าเป็นคำกริยาหมายถึง ห่อหุ้มหรือเคลือบ ถ้าเป็นนามหมายถึง Capsule Microencapsulation หมายถึงการหุ้มหรือปลอกของ microcapsule นอกจากนี้ encapsulate ยังหมายถึงการเคลือบหรือการป้องกัน ตัวอย่างเช่น การเคลือบจุลินทรีย์ การป้องกันเกลือ การเคลือบกรด Capsule ที่มีขนาดเล็กมากตั้งแต่ 100 μ และน้อยกว่ามักจะเรียกว่า Capsule หรือ Microcapsule ถ้าเป็นการเคลือบหรือป้องกันมักจะใช้กับอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 μ ในสมัยก่อนนิยมใช้ในอุตสาหกรรมยา เช่นการเคลือบน้ำตาลบนเม็ดยาที่ต้องการปกปิดรสขมของยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 เทคนิคของ Encapsulation Technique (Graves and Weiss, 1993)

2.9.2.1 Spray drying

การ Spray drying เป็นการ Encapsulation ที่ทำกันมานานใช้ในการทำแห้งสารเจือปนในอาหาร สารให้กลิ่นรส (flavor) การทำแห้งสารให้กลิ่นรสแบบพ่นฝอยมีตั้งแต่ปี 1930 เป็นวิธีที่ประหยัด , มีความยืดหยุ่นสามารถใช้กับสารให้กลิ่นรสที่เป็นน้ำมันและสารให้กลิ่นรสที่ละลายน้ำ โดยการนำมาผสมกับสารที่ใช้เคลือบ เช่น เจลาติน , กัมพืช , แป้งดัดแปร , เด็กซ์ตริน หรือ โปรตีนที่ไม่เป็นเจล ในอัตราส่วนที่ใช้คือสารให้กลิ่นรส 1 ส่วน สารที่ใช้เคลือบ 4 ส่วน เดิมอีมีลซีเฟออร์แล้วผสมโดยการไฮไมจีไนซีให้เป็นอีมีลชันชนิด o/w emulsion (oil in water emulsion) เป็น micelle เล็ก ๆ อีมีลชันถูกทำให้เป็นละอองโดยหัวฉีดที่อยู่ใน drying chamber จะได้อนุภาคเป็นทรงกลมของสารให้กลิ่นรสที่แห้ง

ส่วนสารให้กลิ่นรสที่ละลายน้ำ(หรือส่วนประกอบในอาหาร)ถูกทำให้ยึดติดกับ hydrocolloids ที่รับประทานได้อนุภาคที่อบแห้งแบบพ่นฝอยจะค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน

อนุภาคที่ Spray dried มักจะมีขนาดน้อยกว่า 100 μ m เพราะสามารถละลายน้ำได้ง่าย หรือ กระจายตัวได้ดี ในอดีตสารให้กลิ่นรสแห้งทำโดย plating out flavor ของเหลวบนสารที่แห้ง เช่น ซูโครส , เด็กซ์ตริน , แป้ง , เกลือ หรือ เจลาติน ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของสารให้กลิ่นรส ที่ต้องการแม้ว่าวิธีนี้จะทำได้ง่ายและไม่แพงแต่ไม่สามารถป้องกันการระเหยของ volatile มีความไวต่อออกซิเจน

Spray drying เป็นวิธีการธรรมดา ที่ใช้ในการทำสารให้กลิ่นรสแห้งและนำไปสู่การพัฒนาวิธีการ Encapsulation เพื่อให้ได้สารให้กลิ่นรสที่ดีกว่าและยังนำไปใช้กับส่วนประกอบในอาหารอีกมากมาย

2.9.2.2 Solvent Dehydration

Encapsulation เป็นวิธีการเตรียมอีมีลชันของสารให้กลิ่นรสหรือสารละลาย Polymeric hydrocolloidal coating ที่ใช้ในการทำ สารให้กลิ่นรสแห้ง อีมีลชันเป็นเนื้อเดียวและเป็นละอองในสารละลายมีขั้วเช่น Isopropanol , ethanol , glycerine , หรือ polyglycols ที่สามารถ ดึงน้ำจากอนุภาค

Microcapsule ได้กลับคืนโดยการตกตะกอนและการทำแห้งในสภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิต่ำ วิธีนี้มีข้อดีในการป้องกัน Capsule ของสารให้กลิ่นรสสูญหายและได้ปริมาณของผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตสูงกว่าและสารให้กลิ่นรสมีการสูญเสีย น้อย แต่เครื่องมื้อมีราคาแพงและค่าใช้จ่ายสูงกว่า Spray drying

2.9.2.3 Encapsulation By Extrusion

Encapsulation flavor โดย Extrusion ใช้ร่วมกับวิธี Solvent Dehydration วิธีทำ ใช้ความชื้นต่ำ (5-10%) ละลาย(100 - 130 °C) malto dextrin DE ต่ำ น้ำตาล , สารให้กลิ่นรส และ แป้งดัดแปรที่ Encapsulate จะรวมกับอีมีลซีไฟเออร์ และ Antioxidant ทำการผสมโดยกวนให้ละลายเข้ากัน อีมีลชั้นเหลวนี้จะไหลผ่านรูกว้าง 1/64 นิ้วลงอ่างที่มี Isopropanol เย็น ของเหลวจะแข็งตัวแล้วแตกเป็นแท่งเล็ก ๆ โดยการกวน อนุภาคที่กักเก็บกลิ่นรส (flavor particle) จะถูกแยกออกโดยการกรอง หรือการหมุนเหวี่ยงวิธีนี้สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตแต่ค่าใช้จ่ายสูงคือ การดำเนินงาน 1 ครั้งจะเท่ากับ Spray dried 6 ครั้ง

2.9.2.4 Air Suspension coating

เป็นวิธีการการผลิตแบบ Fluid - bed วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารอีกวิธีหนึ่งรองจาก Spray Dehydration อนุภาคของของแข็งจะถูกเคลือบโดยการฉีดพ่นแขวนลอยใน Column ที่มีอากาศหมุนเวียนโดยมีการควบคุมอุณหภูมิวัตถุที่ถูกเคลือบมีการละลายน้ำในช่วงกว้างหรือไม่ละลายในสารพวก polymeric พวก แป้ง , อีมีลซีไฟเออร์ , เด็กซ์ตริน อนุพันธ์ของโปรตีนและไขมันระลอกของเหลวถูกฉีดพ่นโดยหัว nozzles ใน air chamber

2.9.2.5 Spray Chilling

วัตถุที่ถูกเคลือบโดยวิธีนี้ส่วนใหญ่จะเป็นของแข็งและจะเป็นอนุภาคขนาดเล็ก ส่วนสารที่ใช้ในการเคลือบจะเป็น น้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน(Hydrogenated vegetable oil) ของผสมจะฉีดเป็นระลอกใน Chamber ที่มีการควบคุมอุณหภูมิของอากาศซึ่งจะถูกแช่แข็งซึ่งจะทำให้อนุภาคที่เป็นทรงกลมขนาดเล็กเหล่านั้นแข็งตัวขึ้น Spray Chilling นิยมใช้ผลิตสารเจือปนในอาหาร , วิตามิน , แร่ธาตุ , รวมไปถึงสารให้กลิ่นรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 บทบาทของเลซิทินในอุตสาหกรรมอาหาร

เลซิทินมีหน้าที่หลายอย่าง สามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆมากมาย ดังแสดงในตารางที่ 2.3 หน้าที่สำคัญมีดังนี้ (Rohlf's et al., 1993)

2.10.1. Anti - dust Agents

เลซิทินช่วยลดไฟฟ้าสถิตย์ โดยการทำให้อนุภาค dust เบียด สามารถใช้เพียงชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกับน้ำมันพืช

2.10.2. Crystal Formtion Modifier

เลซิทินจะช่วยลดการเป็นเม็ดในไขมันและโมโนกลีเซอไรด์ ทำให้เนื้อสัมผัสเนียนขึ้น

2.10.3. Emulsifier

เลซิทินเป็นอีมัลซิไฟเออร์ ชนิดมีทั้งประจุบวกและประจุลบเลซิทินจะช่วยให้เกิดความเสถียรของน้ำมันในน้ำหรือน้ำในน้ำมัน โดยลดความตึงผิวของของเหลวที่ไม่เข้ากัน เช่น เลซิทินจะช่วยให้ไขมันไม่กระเด็นเวลาใช้นิยมทออาหาร

2.10.4. Mixing and Blending Aid

เลซิทินช่วยลดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพของการผสมส่วนผสม

2.10.5. Release Agents

เลซิทินช่วยไม่ให้ผลิตภัณฑ์ติดกับผิวโลหะระหว่างการทำอาหารทั้งร้อนและเย็น ช่วยในการทำความสะดวกพื้นผิวร้อนที่มีโปรตีนหรือแป้งติดอยู่ และลดการติดกันระหว่างการแช่แข็งผลิตภัณฑ์อาหาร

2.10.6. Separating Agent

เลซิทินป้องกันการติดกันของผลิตภัณฑ์จากการสัมผัสกัน เช่น ป้องกันการติดกันของแผ่นชีส, ป้องกันไม่ให้ลูกกวาดพวกคาราเมลติดห่อกระดาษ

2.10.7. Viscosity Modifiers

เลซิทินลดความหนืดโดยการเคลือบอนุภาค ลดการเสียดสีของอนุภาค เช่น ลดความเหนียวของช็อคโกแลต ลดการตกผลึกและทำให้ช็อคโกแลตเป็นเงามัน

2.10.8. Wetting Agents

เลซิทินช่วยทำให้ผงของไขมันหรือผงที่ชอบน้ำในระบบสารละลายเบียด โดยส่วนของกรดไขมันจะต่อกับส่วนของไขมัน และส่วนที่ชอบน้ำจะต่อกับโมเลกุลของน้ำ ช่วยควบคุมการดูดน้ำของผง เช่น ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม พวกรูปโกลีหรือนมผงชนิดไขมันสูง โดยปกติจะละลายน้ำยาก เลซิทินจะช่วยให้ละลายน้ำได้ดีขึ้น

ไมวารณมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 หน้าที่ของเลขทิน

หน้าที่ของเลขทิน
Adhesion aid
Antiblood agent (as in fat bloom)
Anticoncise
Antidusting agent
Antioxidant
Antispatter agent
Biodegradable additive
Biologically active agent
Catalyst
Colour intensifier
Conditioning agent
Coupling agent
Dispensing agent, mixing aid
Emollient, softening agent
Emulsifier or surfactant
Flocculant
Grinding aid
Lubricant
Liposomal encapsulating agent
Machining aid
Modifier
Moisturizer
Nutritional supplement, vitamin source
Penetrating agent
Plasticizer
Promoter
Release agent, antisticking agent
Spreading agent
Stabilizer
Strengthening agent
Suspending agent
Synergist
Viscosity modifier
Water repellent
Wetting agent

ที่มา : Rohlf's et al. ,1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 บทบาทของเลซิทินต่อสุขภาพ

เลซิทินมีบทบาทสำคัญต่ออวัยวะต่างๆ จำนวนมาก (พนมพร, 2537) เช่น

2.11.1 เลซิทินต่อสมอง

อเดลล์ เดวิส นักโภชนาการชาวสหรัฐได้รายงานไว้ในร่างกายของคนที่มีสุขภาพดีจะมีสารเลซิทินประกอบอยู่ในเนื้อสมองถึง 30% ของน้ำหนักทั้งหมด (ไม่นับส่วนที่เป็นน้ำ) เลซิทินมีความสำคัญต่อสมองเนื่องจากในการส่งข้อมูลระหว่างเซลล์สมองกับส่วนต่างๆ ในร่างกายต้องอาศัยสารที่เรียกว่า สารส่งสัญญาณของประสาท (neurotransmitters) ทำหน้าที่ในการถ่ายทอดข้อมูลและความรู้สึกเพื่อให้แสดงพฤติกรรมต่างๆ ได้ตามความต้องการของสมองสารที่พบเป็น สารส่งสัญญาณของประสาทมีมากกว่า 30 ชนิด แต่ตัวที่สำคัญได้แก่ อะซิติลโคลีน (acetylcholine) โดยผลิตมาจากสารที่เรียกว่า โคลีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเลซิทิน โคลีนที่สมองดึงมาใช้จาก 2 ทางคือ จากการสร้างของร่างกาย โดยเปลี่ยนจากสารอาหารประเภทอื่น และจากการรับประทานอาหารที่มีโคลีนเป็นองค์ประกอบ เช่น ฟอสฟาทีดีลโคลีน (เป็นฟอสโฟลิพิดที่พบในเลซิทิน) ดังนั้นจะเห็นว่าเลซิทินมีส่วนช่วยในการทำงานของระบบประสาท

นอกจากนั้น ปัจจุบันแพทย์ได้ใช้เลซิทินในการบำบัดโรคทางสมองต่างๆ เช่น Tardive Dyskinesia ซึ่งเป็นโรคทางสมอง ที่เกิดจากเซลล์ประสาทขาดสารอะซิติลโคลีน ในคนชราที่ป่วยเป็นโรคความจำเสื่อม พบว่าบางคนจะมีอาการดีขึ้นเมื่อได้รับประทาน เลซิทินวันละ 25 กรัมเป็นเวลาหลายๆ เดือนติดต่อกัน และสำหรับสภาพสังคมในปัจจุบันมนุษย์ส่วนใหญ่จะมีอาการเครียดสูง หงุดหงิด นอนไม่หลับ และอารมณ์เสื่อง่าย ซึ่งเป็นอาการเริ่มต้นของโรคประสาทเสื่อม พบว่าอาการดังกล่าวอาจบำบัดได้โดยการรับประทานวิตามินบีรวม (B complex) หรือเลซิทิน

2.11.2 เลซิทินกับการลดความอ้วน

เลซิทินจัดเป็นไขมัน แต่เป็นไขมันที่มีคุณลักษณะพิเศษ จากสูตรโครงสร้างของเลซิทินจะพบว่า เลซิทินประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนมีขั้ว (polar) เช่น หมู่ฟอสเฟตและเบสส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ชอบรวมตัวกับน้ำ ขณะที่ส่วนที่ไม่มีขั้ว (nonpolar) เช่น กรดไขมันไม่อิ่มตัวชอบรวมตัวกับน้ำมัน ดังนั้นเลซิทินจึงเป็นเสมือนตัวกลางที่ทำให้ไขมันกระจายเป็นอนุภาคเล็กๆ ที่ละลายน้ำได้ซึ่งจะทำให้ร่างกายเผาผลาญไขมันได้เร็วขึ้น และเลซิทินยังทำให้ไขมันอ่อนตัว เคลื่อนที่ไปได้จนไม่สามารถรวมตัวกันเป็นก้อนไขมันตามส่วนที่ไม่ต้องการ นอกจากนั้นเลซิทินยังช่วยขับน้ำ ถึงแม้ว่าน้ำจะไม่ได้เพิ่มน้ำหนักของร่างกาย แต่การที่น้ำไปรวมอยู่ที่ใดที่หนึ่งในร่างกายจะทำให้เกิดลักษณะโป่งตรงส่วนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 เลซิตินกับคอเลสเตอรอล

จากคุณสมบัติของไขมัน หรือ คอเลสเตอรอลที่ไม่ละลายรวมกับน้ำ ทำให้คอเลสเตอรอลไม่ละลายในเลือดและจับตัวเป็นก้อนตกตะกอนอยู่ในเส้นเลือด เลซิตินจะช่วยทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ให้ไขมันหรือคอเลสเตอรอลและน้ำ ให้รวมตัวกันได้ทำให้ไขมันหรือคอเลสเตอรอลไม่เกาะติดกับผนังเส้นเลือดและเกิดการอุดตัน นอกจากนี้กรดไขมันที่พบในเลซิตินส่วนใหญ่ จะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น กรดลิโนเลอิก ซึ่งกรดไขมันดังกล่าว จะช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคหัวใจได้อีกด้วย

นอกจากนั้นเลซิตินยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพในด้านอื่นๆเช่น

- ช่วยสลายนิ่วที่เกิดจากสารคอเลสเตอรอลในถุงน้ำดีและป้องกันไม่ให้เกิดนิ่ว
- ช่วยบำบัดโรคตับและช่วยป้องกันไม่ให้ตับทำงานผิดปกติ
- ลดการเสื่อมของหลอดเลือดแดง
- ช่วยเสริมสร้างสุขภาพของไต (Kidney Health)
- เพิ่มพูนความต้านทานโรค ฯลฯ

2.12 การใช้ประโยชน์ของเลซิตินในปัจจุบัน

มีการใช้เลซิตินอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหาร อาทิเช่น

- * margarine : emulsifier, stabilizer และ antispatter
- * confectionery และ snack food : crystallization control, viscosity control, antisticking
- * instant foods : wetting และ dispersing agent emulsifier
- * commercial bakery products : crystallization control, emulsifier, wetting agent, release agent
- * cheese products : emulsifier, release agent
- * meat และ poultry processing : browning agent phosphate dispersant
- * dairy และ imitation products : emulsifier, wetting และ dispersing agent, antispattering และ release agent
- * packaging aid : release agent, sealant
- * processing equipment : internal หรือ external release agent, lubricant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การเก็บรักษา

เลซิทินเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเสถียรสูง สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิปกติได้นาน 2 ปี โดยไม่เปลี่ยนแปลง หิน เลื่อมเสีย และไม่มีการเจริญของจุลินทรีย์

2.14 แนวทางพัฒนาในอนาคต

สำหรับประเทศไทยถึงแม้ว่าอุตสาหกรรมน้ำมันถั่วเหลืองจะเกิดขึ้นมานานแล้ว แต่ไม่ได้มีการศึกษาวิจัยคุณสมบัติของกัมถั่วเหลืองและการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์เลซิทิน จากการสำรวจอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันถั่วเหลือง ในปี พ.ศ. 2534 -2535 ปรากฏว่ามีจำนวนโรงงานทั้งสิ้น 7 โรงงาน มีกำลังผลิตน้ำมันถั่วเหลืองรวม 99,000 ตันต่อปี มีปริมาณกัมถั่วเหลือง 990 ตันต่อปี (1% ของน้ำมันดิบ) โดยมีเพียง 4 โรงงานที่แยกกัมถั่วเหลืองออก ได้ปริมาณ 530 ตันต่อปี เพื่อขายเป็นอาหารสัตว์

จากการศึกษาของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยพบว่า คุณสมบัติของกัมถั่วเหลืองมีผลต่อคุณภาพตามมาตรฐาน จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบกัมถั่วเหลืองที่มีคุณสมบัติดี กล่าวคือมีค่าของกรดต่ำกว่าร้อยละ 16, ปริมาณสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่น้อยกว่าร้อยละ 31 , ปริมาณสารที่ไม่ละลายในเฮกเซนต่ำกว่าร้อยละ 0.1, ค่าเปอร์ออกไซด์ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมสมมูลต่อ 1 กิโลกรัม ปริมาณความชื้นร้อยละ 50 เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโรงงานน้ำมันถั่วเหลืองผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเป็นหลัก โดยกัมถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้ โรงงานจึงให้ความสนใจต่อกระบวนการผลิตที่ได้ปริมาณน้ำมันสูงสุด และมีคุณภาพดี ทำให้ผลพลอยได้จากโรงงานเช่นกัมถั่วเหลืองมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ จนไม่เหมาะในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเลซิทินที่มีคุณภาพดี ดังนั้นหากโรงงานผลิตน้ำมันถั่วเหลืองเห็นประโยชน์ยางเหนียว และทำการปรับปรุงกระบวนการแยกยางเหนียว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาผลิตเลซิทินก็สามารถทำได้

จากรายงานของกรมศุลกากร มีการนำเข้าเลซิทิน ในปี พ.ศ. 2532, 2533 และ 2534 เท่ากับ 630, 1,485 และ 2,083 ตัน คิดเป็นมูลค่า 22, 43 และ 51 ล้านบาทตามลำดับ เลซิทินที่นำเข้ามีหลายชั้นคุณภาพและหลายรูปแบบ เช่น อยู่ในรูปของเม็ด (gramule) , ผง และของเหลว เป็นต้น เลซิทินที่อยู่ในรูปของเหลวเป็นชนิดไม่ฟอสเฟตและฟอสเฟตครั้งเดียว โดยนำมาใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพอาหารสัตว์, อาหารกึ่ง และเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมสี (สุมาลัย, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากความต้องการเลขิตินในประเทศซึ่งมีแนวโน้มสูง ประกอบกับเทคโนโลยีการผลิตสามารถทำได้ด้วยกระบวนการไม่ยุ่งยาก จึงเห็นว่ามียุทธศาสตร์ในการส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมนี้ขึ้นได้ หากได้มีการปรับปรุงกระบวนการแยกแก๊สตัวเหลือง เพื่อให้ได้คุณภาพของแก๊สตัวเหลืองที่ดีและสม่ำเสมอ นอกจากนี้ควรมีการศึกษารผลิตและการปรับปรุงคุณภาพของเลขิติน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เลขิตินที่มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและเอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้คือ กัมถั่วเหลืองจากบริษัทนาการณ์ผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว สีเหลืองอมน้ำตาล pH 5.6 acid value 22.36 % ปริมาณเลซิทีน 17 %

เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง คือ Lecitase 10 L solution จากบริษัท อีสต์เอเชียติก ประเทศไทย จำกัด

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

อุปกรณ์

1. Incubator
2. Centrifuge
3. Rotary Evaporator
4. Spray Dryer
5. Karl Fischer
6. Homomixer
7. Conductometer
8. Hot air oven

สารเคมี

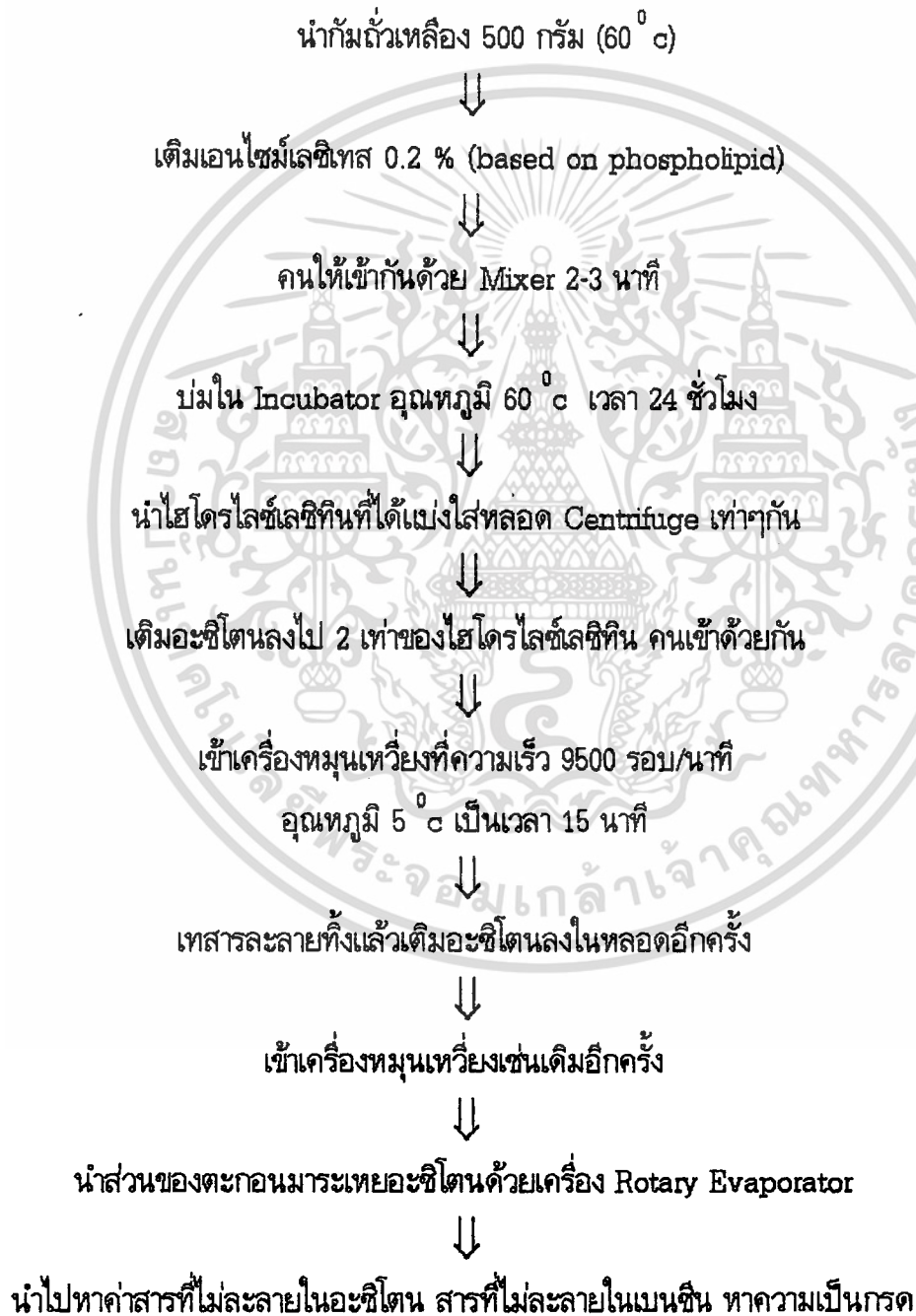
1. อะซีโตน
2. เบนซีน
3. สารละลายมาตรฐานไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N
4. ฟีนอล์ฟทาลีน 1 %
5. ปีโตรเลียมอีเธอร์
6. เอนไซม์เลซิเทส
7. ทางนมผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Whipping cream

3.3 วิธีการทดลอง

การเตรียมไฮโดรไลซ์เลซิทินผง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ นำไฮโดรไลซ์เลซิทินที่ได้ละลายในน้ำอุ่นจนไม่จับตัวเป็นก้อน สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมด้วย Homomixer เป็นเวลา 5 นาที



เติมหางนมผงลงในสารละลาย

ผสมด้วย Homomixer เป็นเวลา 5 นาที



นำสารละลายที่ได้ป้อนเข้าเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

โดยอุณหภูมิเข้า/ขาออก เท่ากับ 189/100



นำมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่า Bulk density

การนำไฟฟ้า และ Whipping test

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเลซิทินความคุมและไฮโดรไลซ์เลซิทิน

3.1.1.1 การหาความเป็นกรด (AV) (AOCS (Ja 5-55))

ดูภาคผนวก ก

3.1.1.2 การหาสารที่ไม่ละลายในอะซิโตน (AI) (AOCS (Ja 4-46))

ดูภาคผนวก ข

3.1.1.3 การหาสารที่ไม่ละลายในเบนซีน (BI) (AOCS (Ja 3-87))

ดูภาคผนวก ค

3.1.2 การหาปริมาณความชื้น

ดูภาคผนวก ง

3.1.3 การหา bulk density

3.1.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยวัดการนำไฟฟ้า

ดูภาคผนวก จ

3.1.5 การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยวิธี whipping test

ดูภาคผนวก ฉ

3.1.6 การวิเคราะห์ลักษณะรูปร่างโดยใช้ SEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

กำหนดให้	Control 1	คือ Crude lecithin powder
	Control 2	คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินผง
	ตัวอย่างที่ 1	คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 1 : 1
	ตัวอย่างที่ 2	คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 2 : 1
	ตัวอย่างที่ 3	คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 3 : 1
	ตัวอย่างที่ 4	คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 4 : 1
	ตัวอย่างที่ 5	คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 5 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเลซีทินควบคุมและไฮโดรไลซ์เลซีทิน

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเลซีทินควบคุมและไฮโดรไลซ์เลซีทิน

ชนิดของเลซีทิน	% สารที่ไม่ละลายใน อะซิโตน (AI)	% สารที่ไม่ละลายใน เบนซีน (BI)	% ความเป็นกรด (AV)
Control 1	53.25	5.9021	17.97
Control 2	79.14	3.0299	22.64

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยผลการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบ ในสัดส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ 4.2 ปริมาณความชื้นของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ

ชนิดเลซิทิน	เปอร์เซ็นต์ความชื้น
ตัวอย่างที่ 1	3.8218 ± 0.02^a
ตัวอย่างที่ 2	3.6592 ± 0.02^b
ตัวอย่างที่ 3	3.5549 ± 0.02^c
ตัวอย่างที่ 4	2.9096 ± 0.02^d
ตัวอย่างที่ 5	2.1609 ± 0.02^e

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยผลการทดลอง 3 ซ้ำ

: อักษรในแนวตั้ง (a, b, c, d, e) ในแต่ละตัวอย่าง แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่า Bulk Density ของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้หางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ค่า Bulk Density ของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้หางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ

ชนิดเลซิทิน	ค่า Bulk Density (g/cm ³)
Control 2	0.3576±0.005
ตัวอย่างที่ 1	0.1764±0.005 ^a
ตัวอย่างที่ 2	0.1851±0.005 ^{ab}
ตัวอย่างที่ 3	0.1943±0.005 ^b
ตัวอย่างที่ 4	0.2188±0.005 ^c
ตัวอย่างที่ 5	0.2388±0.005 ^d

หมายเหตุ : ค่าที่ได้จากการเฉลี่ยผลการทดลอง 3 ซ้ำ

: อักษรในแนวตั้ง (a, b, c, d) ในแต่ละตัวอย่าง แสดงถึงความแตกต่าง

ตัวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้า

หมายเหตุ :

กราฟแสดงค่าการนำไฟฟ้าของไฮโดรไลซ์เลซินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่างๆ

ดูรูปที่ 4.1

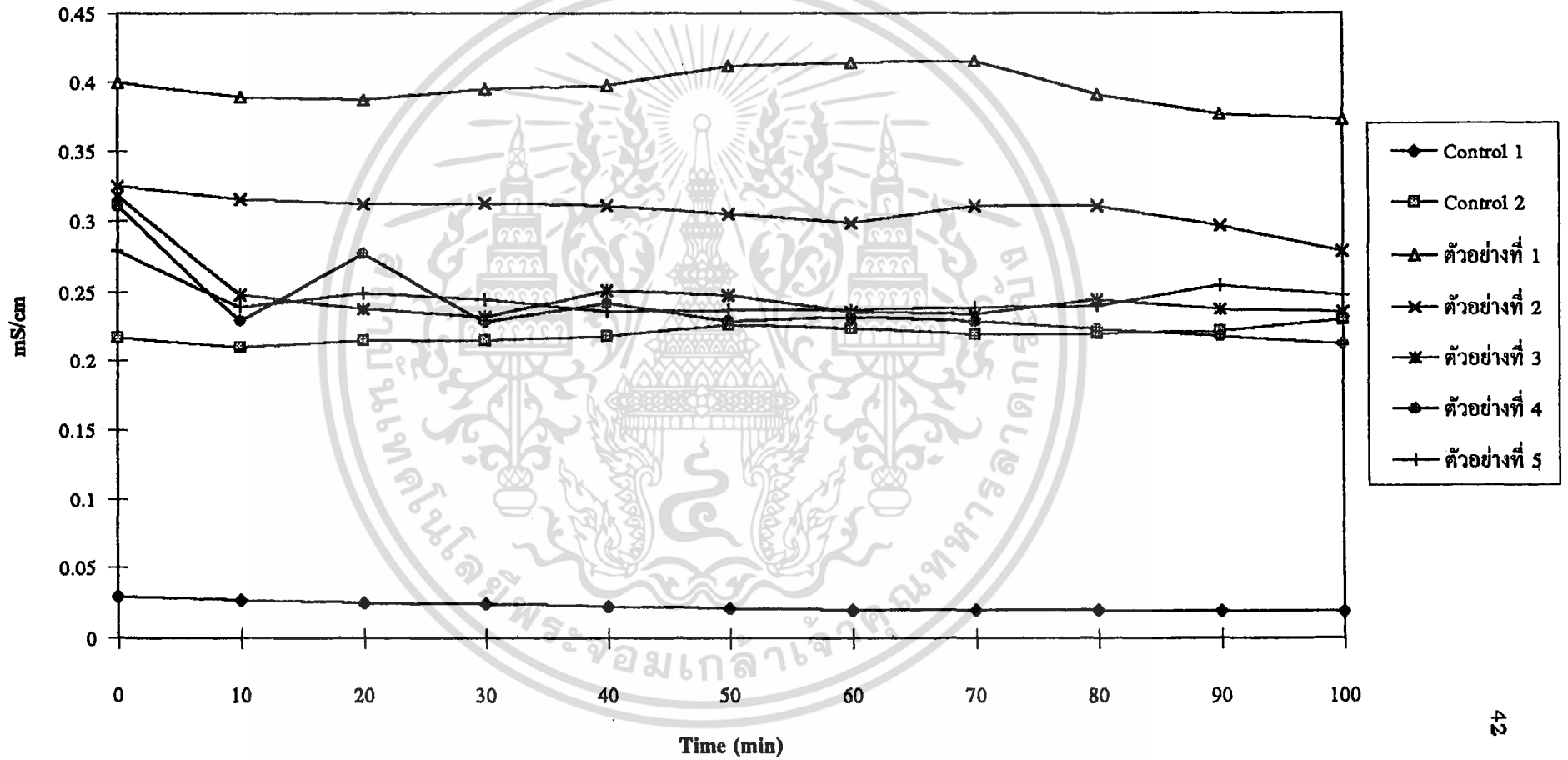
ตารางแสดงค่าการนำไฟฟ้าของไฮโดรไลซ์เลซินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่างๆ

ดูภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 : ค่าการนำไฟฟ้าของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้หางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่างๆ



4.1.5 ผลการศึกษาความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยวิธี Whipping test

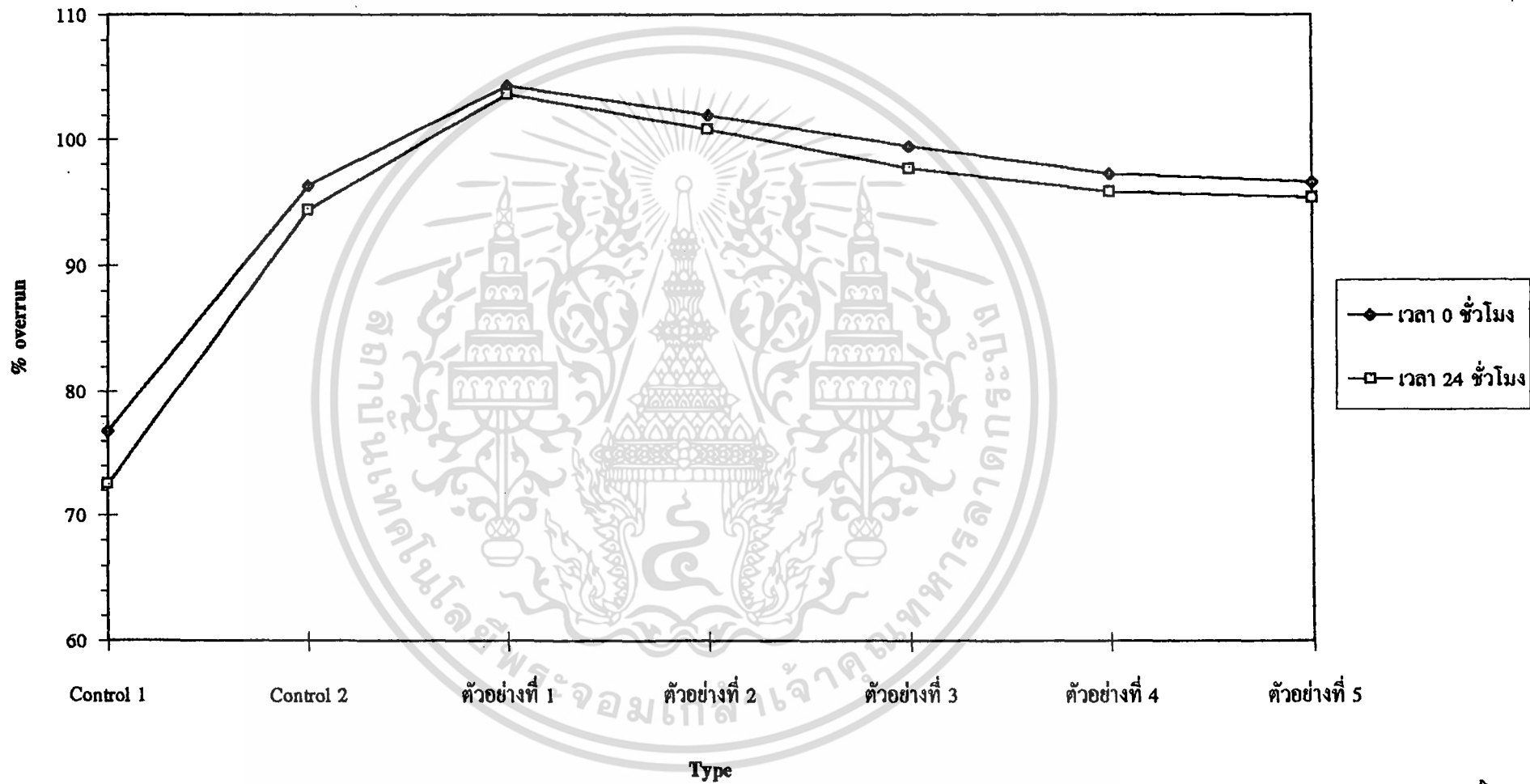
ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้หางนม
ผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ

ชนิดของเลซิทิน ที่ใช้	เปอร์เซ็นต์ over run เริ่มต้น	เปอร์เซ็นต์ over run 24 ชั่วโมง	เวลา Thick (นาที)	เวลาเกาะตัว (นาที)
Control 1	76.77 ^{ns}	72.54 ^{ns}	3'18"	4'10"
Control 2	96.28 ^{ns}	94.34 ^{ns}	1'38"	3'58"
ตัวอย่างที่ 1	104.38 ^{ns}	103.68 ^{ns}	1'41"	3'23"
ตัวอย่างที่ 2	101.96 ^{ns}	100.78 ^{ns}	1'41"	3'38"
ตัวอย่างที่ 3	99.47 ^{ns}	97.63 ^{ns}	1'50"	3'42"
ตัวอย่างที่ 4	97.24 ^{ns}	95.81 ^{ns}	2'01"	3'50"
ตัวอย่างที่ 5	96.54 ^{ns}	95.31 ^{ns}	1'58"	4'06"

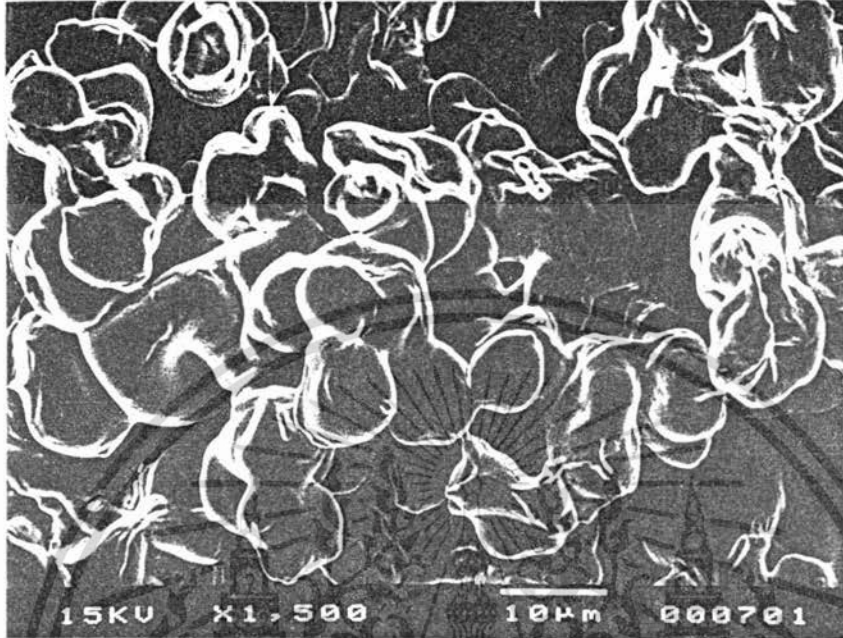
หมายเหตุ : ns แสดงถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

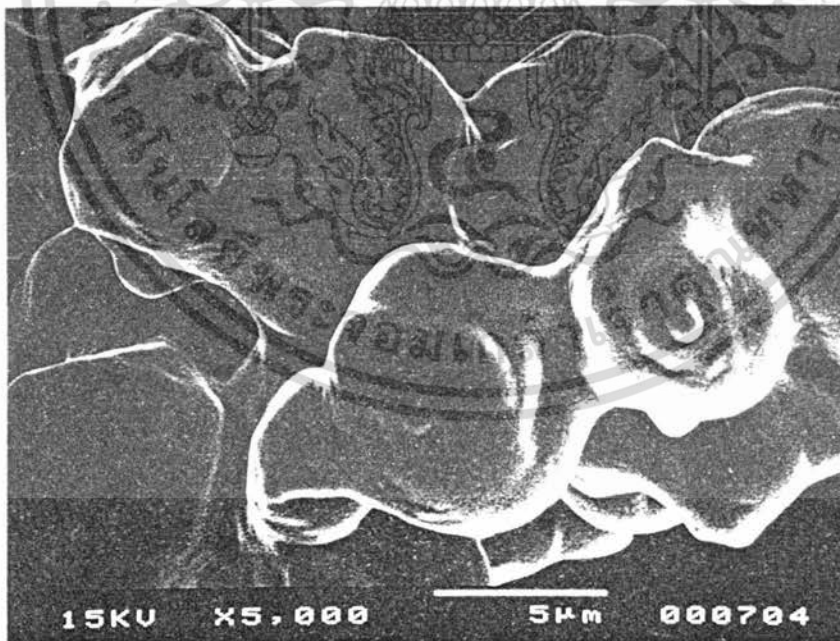
รูปที่ 4.2 : ความสามารถในการเป็น สเตบิลไลเซอร์ของไฮโครไลซ์เลซิทินผงจากการใช้หางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่างๆ



4.1.6 ผลการวิเคราะห์ลักษณะรูปร่างของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบใน
สัดส่วนต่าง ๆ โดยใช้ SEM

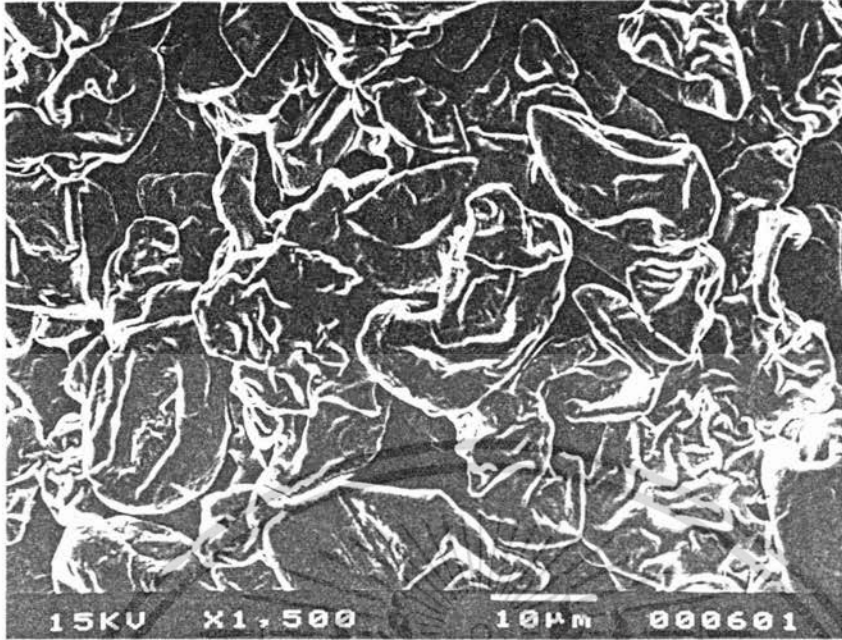


รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะรูปร่างของ Control 1 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

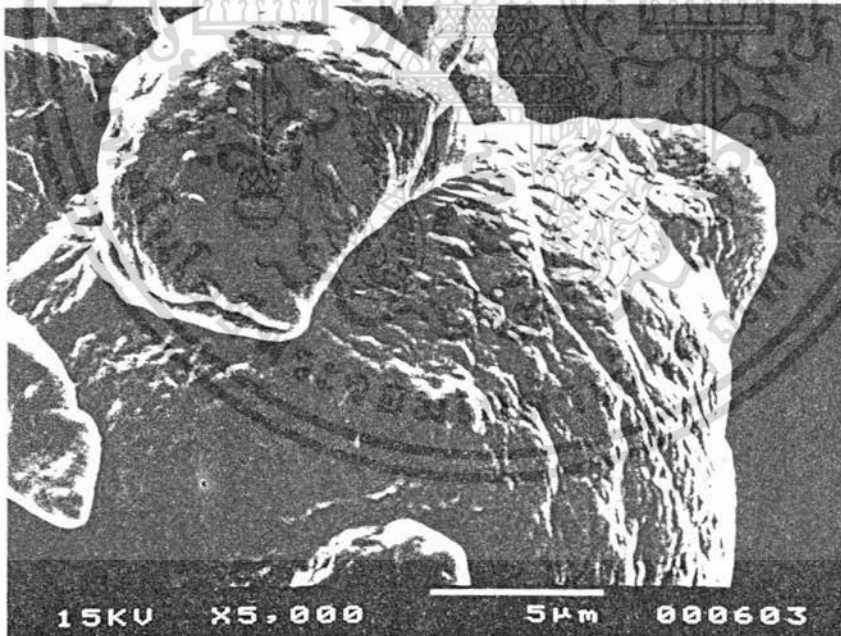


รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะรูปร่างของ Control 1 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

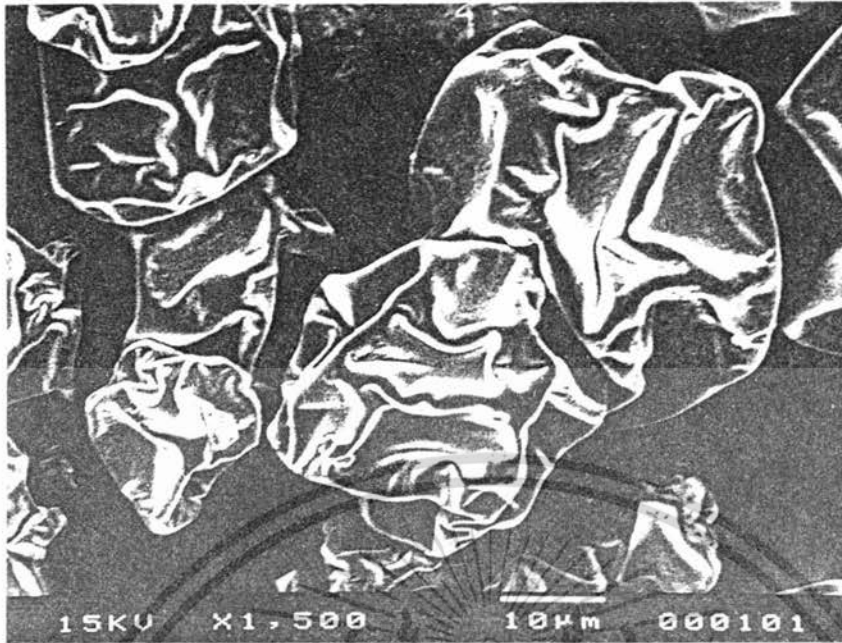


รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะรูปร่างของ Control 2 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

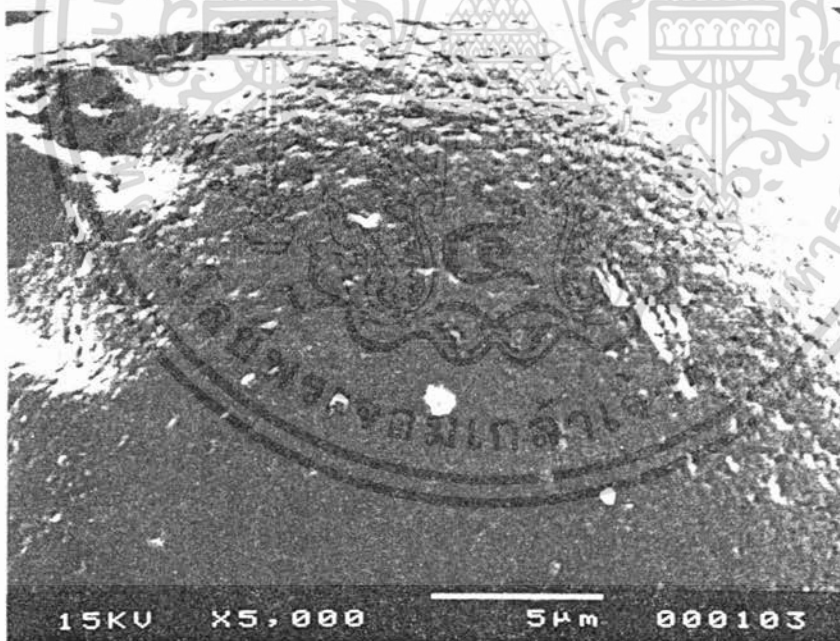


รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะรูปร่างของ Control 2 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

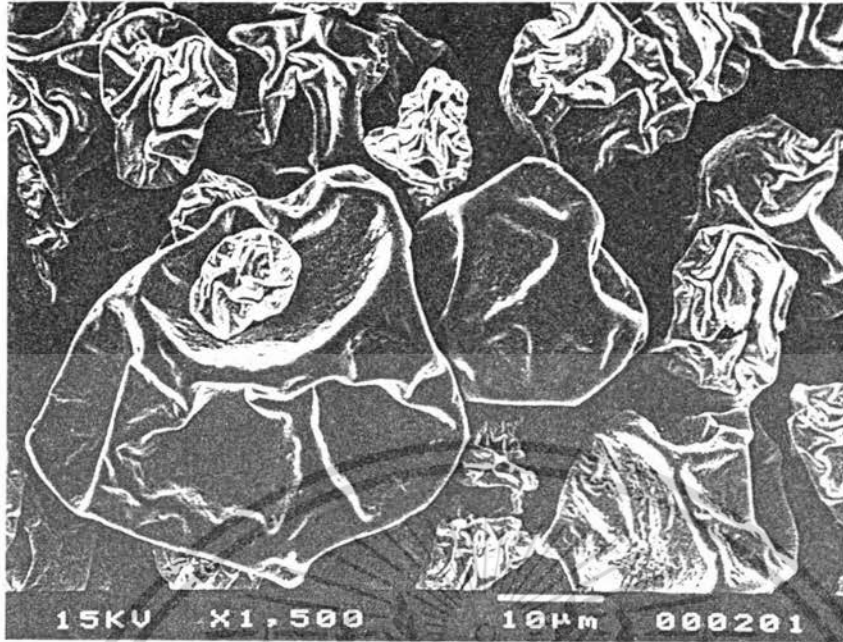


รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 1 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

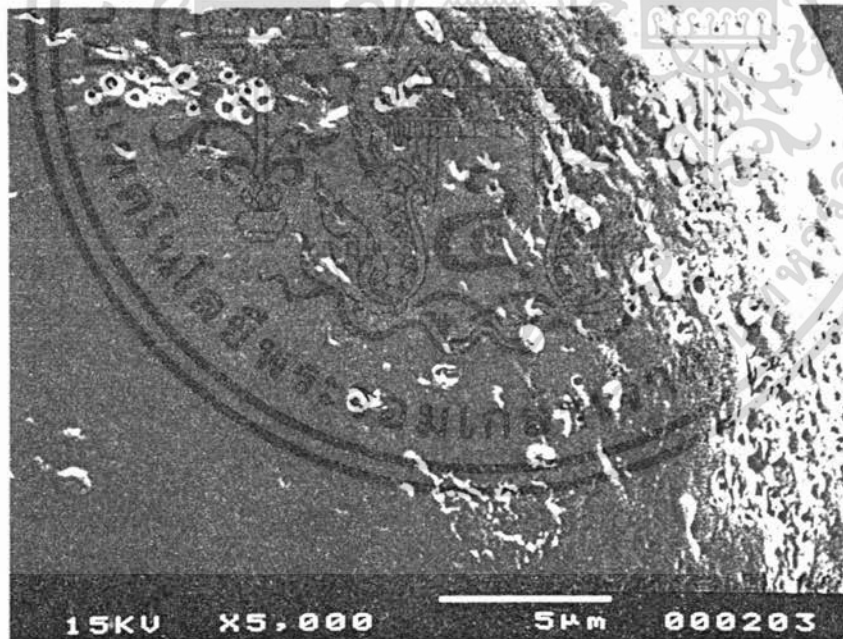


รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 1 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

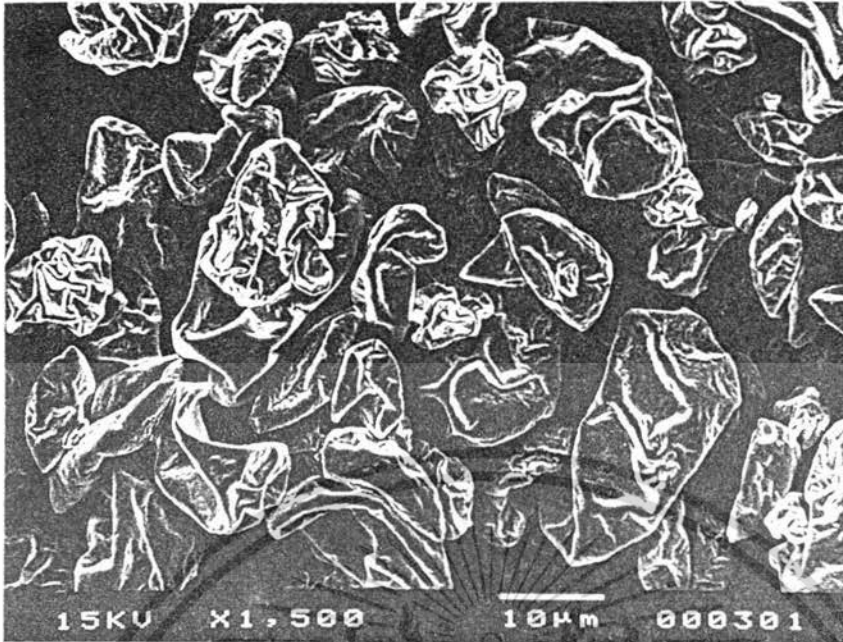


รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 2 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

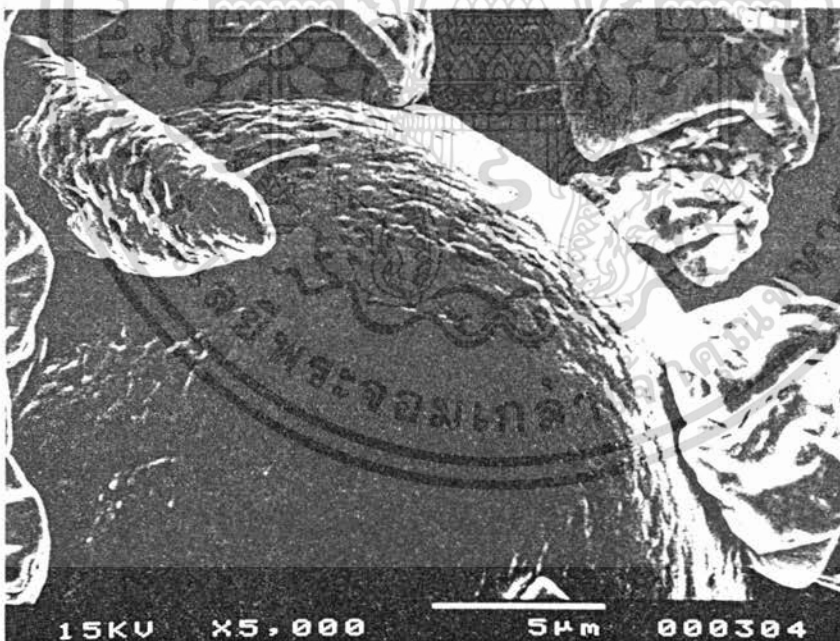


รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 2 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

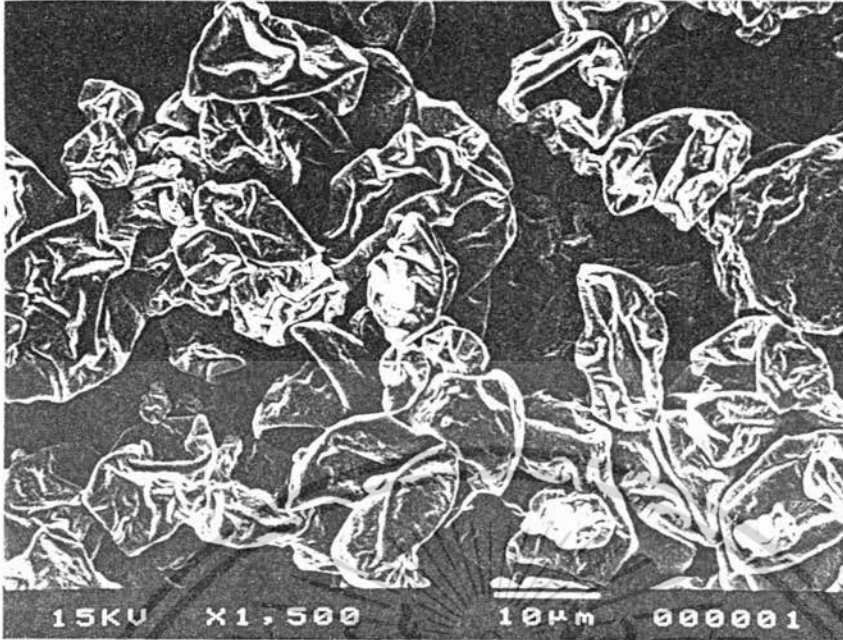


รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 3 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

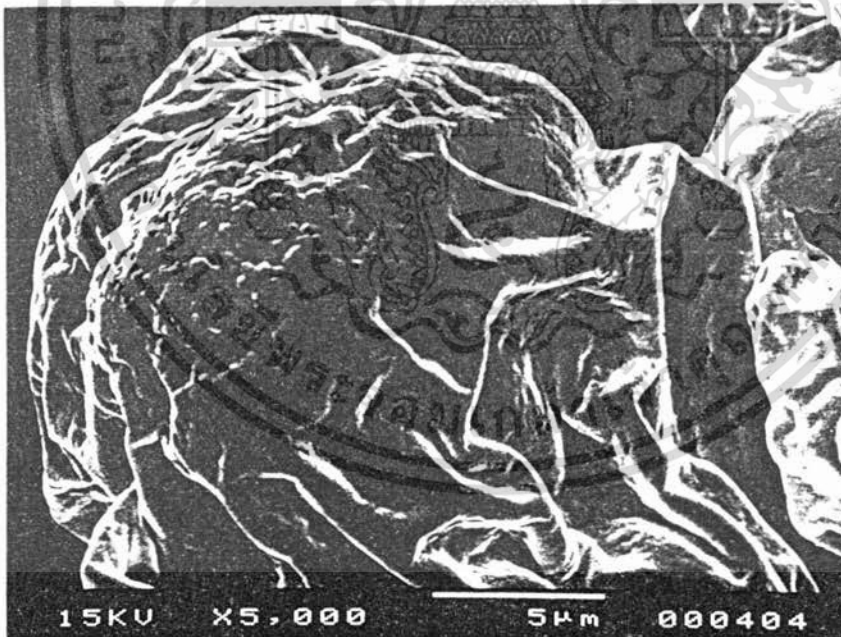


รูปที่ 4.12 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 3 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

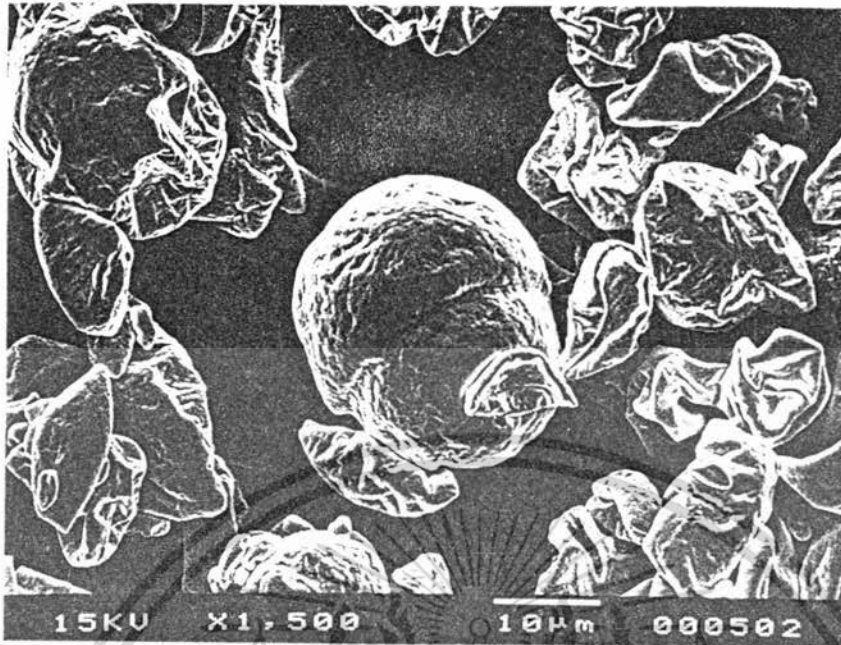


รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 4 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า

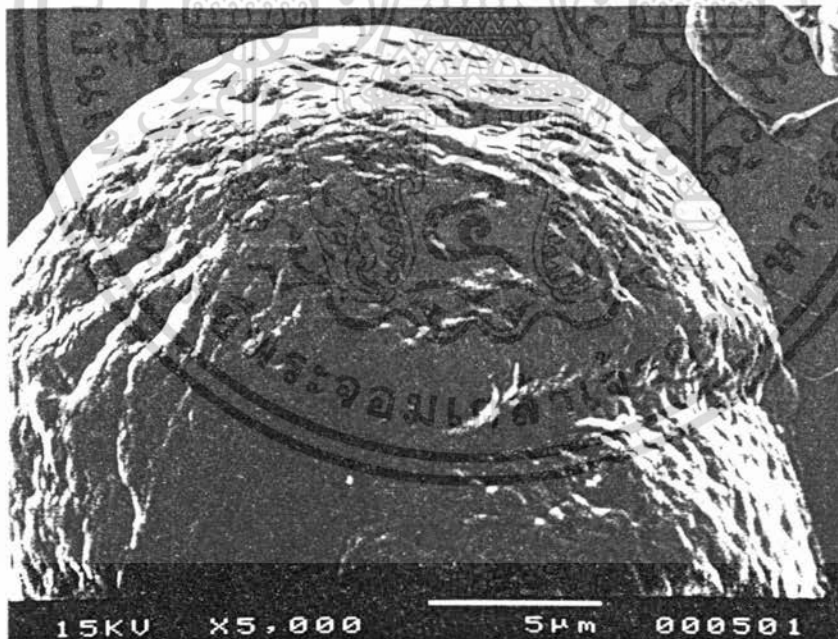


รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 4 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 5 ที่กำลังขยาย 1500 เท่า



รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะรูปร่างของ ตัวอย่างที่ 5 ที่กำลังขยาย 5000 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.2.1 จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเลซิทินควบคุมและไฮโดรไลซ์เลซิทิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด (AV) เปอร์เซนต์สารที่ไม่ละลายในอะซิโตน (AI) และเปอร์เซนต์สารที่ไม่ละลายในเบนซีน (BI) ดังตารางที่ 4.1 พบว่าไฮโดรไลซ์เลซิทิน (Control 2) มีคุณภาพดีกว่าเลซิทินควบคุม (Control 1) ซึ่งผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยอะซิโตนในทุกปัจจัย โดยค่าความเป็นกรดของ Control 1 มีค่า 17.97% และ Control 2 มีค่าสูงกว่าคือ 22.64% ซึ่งค่าความเป็นกรดที่สูงกว่าจะแสดงถึงประสิทธิภาพของการทำงานของเอนไซม์ Phospholipase A-2 ในการตัดพันธะเอสเทอร์ของกรดไขมันที่คาร์บอนตัวที่ 2 ทำให้เกิดการปลดปล่อยกรดไขมันอิสระออกมา ทำให้เลซิทินที่ผ่านการไฮโดรไลซ์แล้วมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น (Aura et al.,1994) ค่าเปอร์เซนต์สารที่ไม่ละลายในอะซิโตนของ Control 1 คือ 53.25% และ Control 2 มีค่าสูงกว่าคือ 79.14% ซึ่งเปอร์เซนต์สารที่ไม่ละลายในอะซิโตนแสดงถึงปริมาณฟอสโฟลิปิดที่มีอยู่ในเลซิทิน โดยเลซิทินที่ผ่านการไฮโดรไลซ์จะมีปริมาณไลโซเลซิทินเพิ่มขึ้น และค่าเปอร์เซนต์สารที่ไม่ละลายในเบนซีนของ Control 1 คือ 5.9021% และ Control 2 มีค่าต่ำกว่าคือ 3.0299% ซึ่งเปอร์เซนต์สารที่ไม่ละลายในเบนซีนแสดงถึงสิ่งเจือปนหรือความไม่บริสุทธิ์ของเลซิทิน

สามารถอธิบายการเพิ่มปริมาณสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนของไฮโดรไลซ์เลซิทินได้จากผลการศึกษาของกัณนิกาและกาญจนา (2535) พบว่ามีปริมาณของสารไลโซเพิ่มขึ้น (LPC) จาก 0 % เป็น 24 % และมีปริมาณ PE ลดลงจากเดิม 11.75 % จากการศึกษาของ Fujita และ Suzuki (1990) พบว่าเอนไซม์ Phospholipase A-2 สามารถไฮโดรไลซ์ PC เริ่มต้นให้กลายเป็น PE, PS หรือ PI ได้ แต่ Juneja และคณะ (1989) พบว่าการใช้เอนไซม์จากแหล่งที่เหมาะสมสามารถเปลี่ยน PE เป็น LPC ตามต้องการ ซึ่งเอนไซม์ Phospholipase A-2 ที่ใช้สามารถไฮโดรไลซ์ PE ให้เป็น LPC จากค่า AI และ ค่า BI ที่วิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่า Control 2 มีความบริสุทธิ์มากกว่า Control 1

จากการศึกษาของ สุมาลัยและคณะ (2536) พบว่าคุณสมบัติของกัมถั่วเหลืองที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตนั้นมีผลต่อคุณภาพของเลซิทินที่ผลิตได้อย่างมาก จำเป็นต้องใช้กัมถั่วเหลืองที่มีคุณสมบัติดีกว่าคือ มีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 16 % ปริมาณสารที่ไม่ละลายในอะซิโตนไม่ต่ำกว่า 31% จึงสามารถสรุปได้ว่าไฮโดรไลซ์เลซิทินมีคุณภาพดีกว่าเลซิทินควบคุมในทุกปัจจัย เหมาะสมที่จะนำไปแปรรูปต่อไป

4.2.2 จากการวิเคราะห์ความชื้นของไฮโดรไลซ์เลซิทินผง ดังตารางที่ 4.2 พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจะมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณทางนมผงลดลง วันเพ็ญและศยามล (2536) ศึกษาไฮโดรไลซ์เลซิทินผงต่อทางนมผง ในสัดส่วน 1:2 ผลลัพธ์ที่ได้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 6-7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากทางนมที่ใช้เป็นสารป้องกันนั้นประกอบด้วยโปรตีนซึ่งมีความชื้นประมาณ 35.9% และมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ จึงมีผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมาก ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อลดปริมาณทางนมผงลงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีค่าลดลงด้วย เช่น ตัวอย่างที่ 1 เมื่อใช้สัดส่วนของเมื่อใช้สัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อทางนมผงเป็น 1 : 1 มีปริมาณความชื้นประมาณ 3.8218 % และในตัวอย่างที่ 2 ถึงตัวอย่างที่ 5 ก็มีปริมาณความชื้นลดลงตามลำดับ ซึ่งปริมาณความชื้นจะมีค่าน้อยกว่าเมื่อใช้สัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อทางนมผงเป็น 1 : 2 (วันเพ็ญและศยามล, 2536) ประมาณ 3-4 % เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณของทางนมผงมีผลให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง

4.2.3 จากการวิเคราะห์ค่า Bulk Density ดังตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบไฮโดรไลซ์เลซิทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่าง ๆ กับ Control 2 คือ ไฮโดรไลซ์เลซิทินผงที่ปราศจากการเคลือบโดยทางนมผงนั้น พบว่า ค่า Bulk Density จะมีค่ามากขึ้นเมื่อสัดส่วนของทางนมผงลดลง ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไฮโดรไลซ์เลซิทินผงที่ถูกเคลือบโดยทางนมผงในปริมาณที่น้อยลงนั้นจะมีความพรุนต่ำลงมีแนวโน้มของอนุภาคจะจับตัวเป็นก้อน เนื่องจากบริเวณผิวของอนุภาคไฮโดรไลซ์เลซิทินมีทางนมผงเคลือบไม่สม่ำเสมอทั้งอนุภาคทำให้ไฮโดรไลซ์เลซิทินที่ถูกเคลือบอยู่ภายในสามารถถูกปล่อย (release) ออกมาอยู่ที่ผิวของอนุภาคได้ จากการศึกษาของ Fäldt และ Bergenstahl (1995) พบว่าอนุภาคของไขมันที่ถูกเคลือบด้วยฟิล์มโปรตีนจะสามารถ release ออกมาสู่ที่ผิวของอนุภาคได้ง่ายเมื่อความเข้มข้นของสารที่ใช้ในการเคลือบมีความเข้มข้นต่ำลง โดยการปลดปล่อยนี้สามารถเกิดได้ทั้งในช่วงการ Spray - Dried และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผง ซึ่งสอดคล้องจากค่า Bulk Density ของไฮโดรไลซ์เลซิทินที่ปราศจากการเคลือบโดยทางนมผง (Control 2) ที่มีค่ามากที่สุด

4.2.4 จากการศึกษาความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าของอิมัลชันในระบบ o/w อิมัลชันเมื่อเวลาผ่านไป ดังรูปที่ 4.1 พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของอิมัลชัน

ควรมีค่าอยู่ระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของน้ำและน้ำมัน และเมื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าของอิมัลซิไฟเออร์เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนฐานการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เออร์เมื่อเวลาผ่านไปพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าลดลงในช่วงแรก หลังจากนั้นจะมีค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงความคงตัวของอิมัลชัน ค่าการนำไฟฟ้าของอิมัลชันที่มีค่าลดลงสามารถอธิบายได้ว่าเกิดการแยกชั้นของ dispersed phase องค์ประกอบของอิมัลชันที่เป็นน้ำมันซึ่งแยกอยู่ชั้นบนจะเป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของไอออนทำให้อิเล็กโทรดอ่านค่าการนำไฟฟ้าลดลง และเมื่อเวลาผ่านไปเกิดการแยกชั้นมากขึ้นค่าการนำไฟฟ้าก็จะลดลง (วันเพ็ญและศยามล, 2536) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าค่าการนำไฟฟ้าก่อนข้างคังที่แสดงว่าอิมัลชันมีความเสถียรเมื่อพิจารณาจากกราฟค่าการนำไฟฟ้าของ Control 1 ลดลงจาก 0.029 เป็น 0.019 mS/cm ซึ่งต่ำกว่า Control 2 ที่มีค่าการนำไฟฟ้าลดลงจาก 0.230 เป็น 0.2110 mS/cm แสดงให้เห็นว่า เลชิตินที่ผ่านการไฮโดรไลซ์มีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์มากกว่าเลชิตินที่ไม่ได้ผ่านการไฮโดรไลซ์ แต่ทั้ง Control 1 และ Control 2 มีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ อาจเป็นเพราะไม่ได้เคลือบสารป้องกัน ทำให้คุณภาพของไฮโดรไลซ์เลชิตินลดลงเมื่อผ่านความร้อนในการอบแห้งแบบพ่นฝอย หากพิจารณาไฮโดรไลซ์เลชิตินที่มีหางนมผงเป็นสารป้องกัน พบว่าตัวอย่างที่ 1 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือมีค่าลดลงจาก 0.415 เป็น 0.373 mS/cm ตัวอย่างที่ 2 มีค่าการนำไฟฟ้ารองลงมา คือมีค่าลดลงจาก 0.325 เป็น 0.279 mS/cm และตัวอย่างที่ 3 - ตัวอย่างที่ 5 การนำไฟฟ้าอยู่ในกลุ่มเดียวกันคือช่วง 0.212 - 0.325 mS/cm เป็นที่น่าสังเกตว่า ตัวอย่างที่ 1 ซึ่งมีสัดส่วนของไฮโดรไลซ์เลชิตินต่อหางนมผงเป็น 1:1 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด อาจเนื่องมาจากมีปริมาณของหางนมผงสูงสุด ทำให้การเคลือบอนุภาคไฮโดรไลซ์เลชิตินมีความสมบูรณ์กว่าตัวอย่างอื่นๆ ตัวอย่างที่ 1 จึงสามารถทนความร้อนในการอบแห้งแบบพ่นฝอยได้ดีกว่าและหางนมผงมีองค์ประกอบของโปรตีนที่มีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ จึงมีผลเสริมให้มีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์มากขึ้น นอกจากนี้หางนมผงยังมีเกลือที่สามารถนำไฟฟ้าได้อยู่มาก จึงให้ค่าการนำไฟฟ้าที่มีค่าสูง

ในการศึกษาครั้งนี้ผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของอิมัลชันที่มีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ Latreille และ Paquin (1990) ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้เครื่องมือแตกต่างกัน และตำแหน่งอิเล็กโทรดที่ Latreille และ Paquin ใช้อ้อยู่ในชั้นน้ำ จึงเป็นผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของอิมัลชันเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป

4.2.5 จากการศึกษาความสามารถในการเป็นสเตบิลไลเซอร์โดยวิธี Whipping test คุณสมบัติการให้ความคงตัวของ Whipping cream เมื่อพิจารณาจากค่า overrun จากรูปที่ 4.2 พบว่า Control 1 มีค่าต่ำสุดคือ 76.77% เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง เปอร์เซนต์ overrun มีค่าลดลงประมาณ 4% เมื่อเทียบกับ Control 2 มีเปอร์เซนต์ overrun ที่ 24 ชั่วโมงลดลงประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไฮโดรไลซ์เลซิทินมีความสามารถในการเป็นสเตบิไลเซอร์มากกว่าเลซิทินที่ไม่ได้ผ่านการไฮโดรไลซ์ ส่วนตัวอย่างที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์ overrun ที่ 24 ชั่วโมง ลดลงน้อยกว่า 1% และตัวอย่างที่ 2 - ตัวอย่างที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์ overrun ลดลงประมาณ 1-2% จากการศึกษาเวลาที่ใช้ตี whipping cream พบว่าให้ผลสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์ overrun คือ Control 1 และ Control 2 ใช้เวลาในการตีมากที่สุด ประมาณ 4 นาที ส่วนตัวอย่างที่ 1 ใช้เวลาในการตีน้อยที่สุดประมาณ 3.23 นาที และตัวอย่างที่ 2 - ตัวอย่างที่ 5 ใช้เวลานานขึ้นตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ 1 มีความสามารถในการเป็นสเตบิไลเซอร์มากกว่าตัวอย่างอื่นๆ และมีปริมาณหางนมผงมากกว่า ซึ่งหางนมผงมีคุณสมบัติในการเป็นสเตบิไลเซอร์ที่ดี จึงมีผลเสริมให้เลซิทินมีความสามารถในการเป็นสเตบิไลเซอร์เพิ่มขึ้น

4.2.6 การศึกษาความสามารถในการเคลือบของหางนมผงบนอนุภาคของไฮโดรไลซ์เลซิทินผง สามารถพิจารณาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่กำลังขยาย 1500 เท่า และ 5000 เท่า พบว่าอนุภาคของไฮโดรไลซ์เลซิทินผง โดยรวมจะมีลักษณะเป็นทรงกลม ซึ่งมีการยุบตัวเนื่องจากผ่านกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ดังรูปที่ 4.3 - 4.16 เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นผิวของอนุภาคของตัวอย่างที่ 1 จะมีผิวเรียบและมีรูพรุนน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณหางนมผงมากกว่าตัวอย่างอื่น ทำให้ลักษณะการเคลือบของหางนมผงมีความสม่ำเสมอ ส่วนลักษณะผิวของอนุภาคตัวอย่างที่ 2 - ตัวอย่างที่ 5 มีผิวขรุขระและมีรูพรุนเพิ่มขึ้นตามลำดับ และเป็นที่น่าสังเกตว่าบริเวณผิวของอนุภาคไฮโดรไลซ์เลซิทินที่มีปริมาณหางนมลดลง จะมีเม็ดของไขมันเกาะอยู่ ซึ่งอาจเป็นไฮโดรไลซ์เลซิทินที่ release ออกมาที่ผิวได้ ซึ่งเป็นไปได้ตามการศึกษาของ Faldt และ Bergenstahl (1995) แต่ Control 1 ไม่สามารถอธิบายผลได้เนื่องจากเกิดการหลอมตัวของผลิตภัณฑ์

การศึกษาโครงสร้างพื้นผิวของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงเป็นประเด็นที่จะต้องอาศัยความชำนาญในการวิเคราะห์และประเมินผล จากผลการทดลองครั้งนี้ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน สามารถเป็นแนวทางที่บ่งบอกถึงรูปร่างและพื้นผิวโดยทั่วไป ควรจะได้มีการศึกษาและวิเคราะห์ถึงสภาวะของการปลดปล่อยเลซิทินออกจากอนุภาคของผงไฮโดรไลซ์เลซิทิน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการผลิตไฮโดรไลซ์เลซิทินผงโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอยกับทางนมผง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย รุ่น NIRO S12 หัว Nozzle MO2/A กำหนดอุณหภูมิเข้าและขาออกเป็น 189 และ 100° c พบว่าไฮโดรไลซ์เลซิทินที่ผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยร่วมกับทางนมผงในสัดส่วน 1:1 มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์และสแตบิไลเซอร์ที่เหมาะสมในระบบ o/w อิมัลชัน ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าการนำไฟฟ้าและเปอร์เซ็นต์ overrun ในการทำ whipping test ซึ่งค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.373 - 0.415 mS/cm และมีเปอร์เซ็นต์ overrun ที่ 24 ชั่วโมง ลดลงน้อยกว่า 1% ใช้เวลาในการตี whipping cream น้อยที่สุดประมาณ 3.23 นาที มีความชื้นประมาณ 3.8218 % เมื่อพิจารณาลักษณะผิวของอนุภาคไฮโดรไลซ์เลซิทินผงโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่ามีผิวเรียบและมีรูพรุนน้อย ลักษณะของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงที่ได้มีสีเหลืองอ่อนเป็นผงร่วนและมีการไหลที่ดี

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไป

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับและมีความต้องการของเลซิทินในประเทศมากขึ้น (จากรายงานของกรมศุลกากร ในปี พ.ศ. 2533 และ 2534 มีการนำเข้าเลซิทิน 1,485 และ 2,083 ตัน คิดเป็นมูลค่า 43 และ 51 ล้านบาทตามลำดับ) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ อุตสาหกรรมยา และอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยประเทศไทยมีการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองมานานแล้วแต่ไม่ได้มีการศึกษาวิจัยการผลิตเลซิทิน ในปี พ.ศ. 2534-2535 มีกำลังการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองรวม 99,000 ตันต่อปี มีปริมาณกัมถั่วเหลือง 990 ตัน (1% ของน้ำมันดิบ) มีความเป็นไปได้ที่จะศึกษากระบวนการผลิตและต้นทุนในระดับอุตสาหกรรม เพื่อนำของเหลือใช้เหล่านี้กลับมาเป็นประโยชน์ที่มีมูลค่าเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กัณนิกา ทองอุปการ และ กาญจนา ศุภานต์ 2535 การผลิตอีมีลซีเฟออร์จากกัมถั่วเหลือง โดยวิธีเอนไซม์ไฮโดรไลซิส ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 54

พนมพร ภาณุทัต 2537 เลขิตินเพื่อสุขภาพ พระจอมเกล้าพระนครเหนือ 4(1) : 3 - 6

วันเพ็ญ กาญจนกิจสกุล และ ศยามล สีเทพเลขา 2536 การผลิตไฮโดรไลซ์เลซิทินผง ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 63

สิริ ชัยเสรี 2536 เลขิติน อุตสาหกรรมเกษตร 4(1) : 5 - 11

สิริกุล สุธิจารุวิมล 2537 เลขิตินกับชีวิตประจำวัน การทำเรือ 41(405) : 45 - 48

สุมาลัย ศรีกำไลทอง พิศมัย เจนวนิษฐ์กุล ปาริชาติ หลายชูไทย ประเวศ เลหาศิริ และ สมนึก อาษา 2536 การวิจัยผลิตสารเลขิตินในระดับห้องปฏิบัติการ โครงการวิจัยที่ ก. 35-01 การผลิตสารเลขิติน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย หน้า 35

สุรสิทธิ์ ต้นสกุล 2530 การศึกษาเลซิทินซึ่งเป็นของเหลือจากการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 54

Aura, A. M., B. D. Charles, and Y. Lahge. 1994. Emzymatic Hydrolyzed Lecithin. Journal American Oil Chemists' Society., 71(6) : 654-662.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bagshaw, B. F. , D. A. Maria, and D. Nellson. 1986. Emulsifier in Food. *Journal American Oil Chemists' Society.*, 71(8) : 613-620.

Charalambous, G. and G. Doxastakis. 1989. *FOOD EMULSIFIERS CHEMISTRY TECHNOLOGY.* Elsevier Science Publishers. New York. pp. 113 -143.

Dziezak, J. D. 1988. Microencapsulation and Encapsulated Ingredients. *Food Technology.* 42(4) : 137.

Fältdt, P. and B. Bergenstahl. 1995. Fat-Encapsulation in Spray Dried Food Powder. *Journal American Oil Chemists' Society.*, 59(6) : 635-644.

Fujita, S. and K. Suzuki. 1990. Surface Activity of the Lipid Product Hydrolyzed with Lipase and Phospholipase A-2. *Journal American Oil Chemists' Society.*, 66 : 714-717.

Graves, B. and H. Weis. 1993. Encapsulation Techniques. *Encyclopaedia of Food Science and Technology.* Vol.6., pp. 697 - 703.

Juneja, L. R., T. Yamane, and S. Shimizu. 1989. Enzymetic Method of Increasing Phosphatidylcholine Content of Lecithin. *Journal American Oil Chemists' Society.*, 66 : 714-717.

Knightly, W. H. 1992. Emulsifier Technology in Foods. *Encyclopaedia of Food Science and Technology.* Vol.2., pp. 690 - 697.

Latreille, B. and P. Paquin. 1990. Evaluatuon of Emulsion Stability by

Centrifugation with Conductivity Measurements. *Journal Food*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Science., 55(6) : 1666.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- NOVO. 1990. Lecithase. Novo Enzyme Process Division. Bagsvaerd, Denmark.
- Nieuwenhuyzen, W.V. 1976. Lecithin Production and Properties. Journal American Oil Chemists' Society., 53(6) : 425 -427.
- Rohlf, E. M. , K. M. Haldeman, M. Fine, and S. H. Zeisel. 1993. Phospholipids. Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition.Vol.6., pp. 113-149.
- Stauffer, C. E.. 1992. Emulsifiers, Stabilizers, and Thickeners. Encyclopaedia of Food Science and Technology and Nutrition. Vol.2., pp. 680 - 690.
- Szuhaj, B. F. 1989. Lecithin Sources, Manufacture & Uses. Journal American Oil Chemists' Society., 71(8) : 241-252.
- Szuhaj, B. F. and E. F. Sipos. 1989. FOOD EMULSION. Elsevier Science Publishers. New york. pp. 113 - 149.
- Weete, J.D., S. Betageri and G.L. Griffith. 1994. Improvement Of Lecithin. Journal American Oil Chemists' Society.,71(7) : 731-737.
- Zilberbolum, R., I. J. Kopelman and Y. Talmon. 1986. Microencapsulation by a Dehydrating Liquid : Retention of Paprika Oleoresin and Aromatic Esters. Food science., 1(5) : 1301.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การหาค่าความเป็นกรด (AOCS (Ja 6-55))

สารเคมีและอุปกรณ์

1. สารละลายมาตรฐานไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N
2. ฟีนอล์ฟทาลีน 1% (ใน 95% อัลกอฮอล์)
3. เอทานอล 95% (v/v)
4. บิโตรเลียมอีเธอร์
5. บิวเรต
6. Erlenmeyer flask

การเตรียมตัวอย่าง

ปรับอุณหภูมิตัวอย่างไฮโดรไลซ์ที่ 60°C

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 2 ± 0.0001 กรัม ใส่ลงใน Erlenmeyer flask
2. เติมบิโตรเลียมอีเธอร์ 50 มิลลิลิตร ละลายตัวอย่าง
3. ผสมเอทานอล 50 มิลลิลิตร กับ ฟีนอล์ฟทาลีน 1 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายมาตรฐานไฮเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สีชมพูไม่เปลี่ยนใน 30 วินาที
4. เติมสารละลายข้อ 3 ลงใน สารละลายข้อ 2
5. ไทเทรตสารละลายข้อ 4 ด้วย สารละลายมาตรฐานไฮเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N เขย่าจนได้สีชมพูคงอยู่เป็นเวลา 5 วินาที

การคำนวณ

$$\text{Acid Value} = 56.1 \text{ NV/W}$$

โดยที่ N คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไฮเดียมไฮดรอกไซด์ (N)

V คือ ปริมาตรสารละลายมาตรฐานไฮเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ (ml.)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การหา Acetone Insoluble (AI) (AOCS (Ja4-46))

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องหมุนเหวี่ยง
2. ตู้อบลมร้อน
3. Desicator
4. กระดาษกรอง เบอร์ 1
5. ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Analytical grade)
6. อะซิโตน (Analytical grade)

วิธีทดลอง

1. ทำฟอสฟาไทด์ให้บริสุทธิ์

ซึ่งเลขหีน 1 กรัม เติมปีโตรเลียมอีเทอร์ 2 มิลลิลิตร และอะซิโตน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปรับปริมาตรเป็น 8 มิลลิลิตร ด้วยอะซิโตน เทใส่หลอดเหวี่ยงแล้วนำไปแช่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5°C เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 1900 (± 100) rpm นาน 5 นาที แยกเอาตะกอนออก

2. สารละลายอะซิโตนอิ่มตัว

นำตะกอนจากข้อ 1 0.05 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยง เติมอะซิโตนอิ่มตัว 160 มิลลิลิตร นำไปแช่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเขย่าทุก ๆ 15 นาที กรองตะกอนออกด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ได้สารละลายอะซิโตนอิ่มตัวเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5°C

3. ชั่งน้ำหนักหลอดเหวี่ยง (ก) ซึ่งสารละลายเลขหีน 0.6 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงแล้วเติมอะซิโตนอิ่มตัว 5 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน นำไปแช่ในถาดน้ำแข็งเป็นเวลา 5 นาที เติมอะซิโตนอิ่มตัวอีก 10 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในถาดน้ำแข็งนาน 15 นาที แล้วนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 1900 รอบต่อนาที นาน 5 นาที แยกเอาสารละลายออก เติมอะซิโตนอิ่มตัวลงในหลอดเหวี่ยงอีก 10 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันแล้วเหวี่ยงอีกครั้งที่ 1900 รอบต่อนาที นาน 5 นาที นำหลอดเหวี่ยงออกมาแยกเอาสารละลายออก แล้วนำตะกอนที่ได้ไปอบที่ 105°C เป็นเวลา 45 นาที ทำให้เย็นใน Desicator ซึ่ง

น้ำหนัก (ข) เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\% \text{ Acetone Insoluble} = \left\{ (x-g) \times 100 \right\} / \left\{ \text{น้ำหนักตัวอย่าง} \right\} - \% \text{ Benzene Insoluble}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การหา Benzene Insoluble (BI) (AOCS (Ja 3-87))

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กรวยแก้ว
2. ชุดกรองระบบสุญญากาศ
3. เมนซิน (Analytical grade)
4. ตู้อบลมร้อน
5. เดซิเคเตอร์

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักกรวยแก้ว (sintered glass funnel) ให้เป็นน้ำหนัก (ก)
2. ชั่งตัวอย่างเลขชี้ทศ 0.2 กรัม เติมเมนซิน 15 มิลลิลิตร
3. เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำมากรองด้วยกรวยแก้วโดยใช้ชุดกรองระบบสุญญากาศ
4. นำกรวยแก้วไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. ทำให้เย็นใน เดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักให้เป็นน้ำหนัก ข

การคำนวณ

$$\% \text{ Benzene Insoluble} = \frac{(ข-ก) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การหาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์

ก. การหาความชื้นในไฮโดรไลซ์เลซิทิน

อุปกรณ์และสารเคมี

1. Volumetric flask 50 ml.
2. บีเปต 5 มิลลิลิตร
3. เมธานอล
4. คลอโรฟอร์ม
5. เครื่อง Karl Fischer

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายผสมของเมธานอล และ คลอโรฟอร์ม ในอัตราส่วน 1:4 (V/V) ใช้เป็นตัวทำละลาย
2. นำสารละลายในข้อ 1 เติมลงใน Volumetric flask 50 ml. ซึ่งน้ำหนักของสารละลาย
3. บีเปตสารละลาย 5 มิลลิลิตร นำไปหาปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fischer

ข. การหาปริมาณความชื้นในไฮโดรไลซ์เลซิทินผง

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักของไฮโดรไลซ์เลซิทินผงประมาณ 0.1 กรัม โดยทราบน้ำหนักที่แน่นอน
2. นำไปหาปริมาณความชื้นด้วยเครื่อง Karl Fischer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การศึกษาศามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยวิธีการหาค่าการนำไฟฟ้า

อุปกรณ์และสารเคมี

1. Homomixer
2. Conductometer
3. บีกเกอร์
4. น้ำมันถั่วเหลือง
5. น้ำกลั่น
6. Water bath

วิธีทดลอง

1. ละลายไฮโดรไลซ์เลซิทินผง 3.0 กรัม ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 50°C 60 กรัม ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย Homomixer ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
2. เติมน้ำมันถั่วเหลือง 40 กรัม ลงในสารละลายข้อที่ 1 ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย Homomixer ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที
3. นำอิมัลชันที่ได้จากข้อ 2 แช่ใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 50°C ตลอดเวลาพร้อมทั้งวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วย Conductometer โดยทำการวัดทุก ๆ 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การศึกษาศาตมสามารถในการเป็นอิมัลซีไฟเออร์โดยวิธี Whipping test

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อ่างผสมขนาดเล็กและใหญ่
2. บีกเกอร์ปากเรียบ
3. เครื่องตีไฟฟ้า
4. เครื่องตีด้วยมือ
5. ถูพลาสติก
6. น้ำตาลทราย
7. วิปปิ้งครีมสด

วิธีทดลอง

1. เตรียมน้ำแข็งลงในอ่างใหญ่และวางอ่างเล็กบนอ่างใหญ่
2. ชั่งวิปปิ้งครีม น้ำตาล และเลซิทินผง (ปริมาณน้ำตาล และ เลซิทินผงเป็น 10 และ 0.87% ของปริมาณวิปปิ้งครีม)
3. ชั่งน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวิปปิ้งครีมก่อนตีในบีกเกอร์ปากเรียบ
4. ใช้เครื่องตีไฟฟ้าตีส่วนผสมจนได้เป็นครีมชั้น จับเวลาตั้งแต่เริ่มตีจนครีมชั้นในหน่วยน้ำหนัก เป็นเวลาที่ใช้ในการ thick
5. เมื่อครีมชั้นให้เปลี่ยนใช้เครื่องตีด้วยมือ ตีต่อจนครีมชั้นไม่หยุดจับเวลาต่อไปจากข้อ 4 เป็นเวลาในการเกาะตัว
6. ใช้พายบรรจุครีมที่ได้ในข้อ 5 ลงในบีกเกอร์บรรจุจนผิวเรียบ แล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหา % over run
7. นำครีมส่วนหนึ่งไปหยอดบน petri-dish ครีมจะมีรูปทรงเป็นก้นหอยประมาณ 3-4 อัน ตั้งครีมทิ้งไว้แล้วประมาณ 1 ชั่วโมง หากไม่มีการยุบแสดงว่าครีมใช้ได้
8. นำส่วนที่เหลือไปบรรจุในถูพลาสติก เก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. เมื่อครบ 24 ชั่วโมงให้คนซ้ำ ๆ ประมาณ 1 นาที แล้วตรวจ % overrun อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ % overrun

$$\%overrun = (A-B)100/B$$

โดยที่ A = น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวิปิ้งครีมก่อนตี
 B = น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของวิปิ้งครีมที่ผ่านการตี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

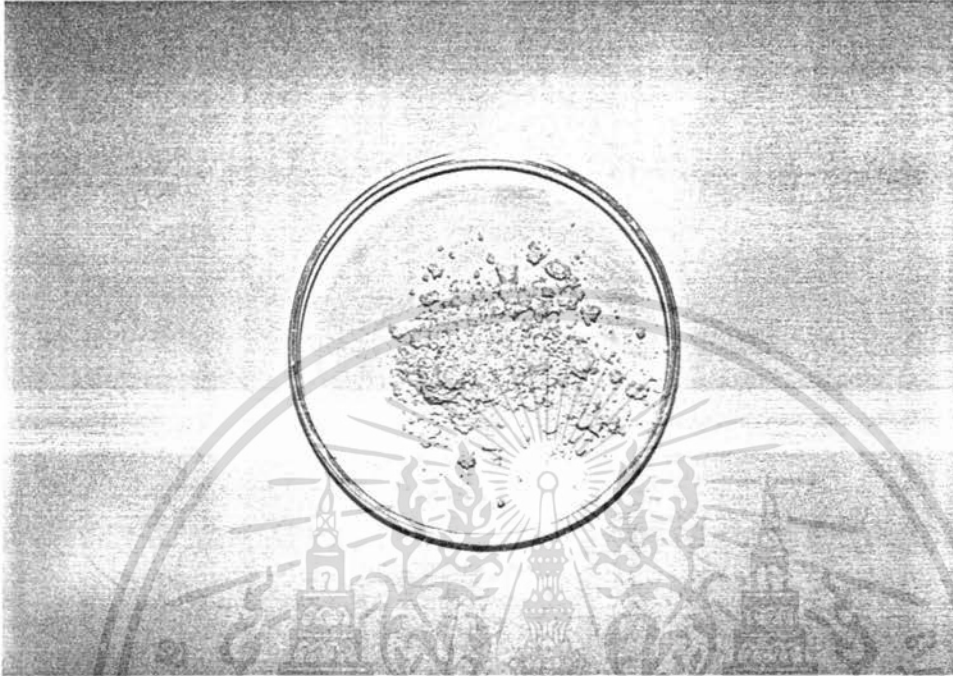
ตารางแสดงค่าการนำไฟฟ้าของไฮโดรไลซ์เลซีทินผงจากการใช้ทางนมผงเคลือบในสัดส่วนต่างๆ

นาที	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)						
	Control 1	control 2	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
0	0.029	0.217	0.399	0.325	0.318	0.311	0.279
10	0.027	0.210	0.389	0.315	0.248	0.229	0.239
20	0.025	0.215	0.387	0.312	0.238	0.277	0.249
30	0.024	0.215	0.395	0.313	0.232	0.228	0.245
40	0.022	0.218	0.397	0.311	0.251	0.242	0.236
50	0.021	0.226	0.411	0.305	0.248	0.229	0.237
60	0.020	0.224	0.414	0.299	0.236	0.232	0.237
70	0.020	0.219	0.415	0.311	0.234	0.229	0.239
80	0.020	0.220	0.391	0.311	0.245	0.223	0.240
90	0.019	0.222	0.377	0.297	0.238	0.21 8	0.255
100	0.019	0.230	0.373	0.279	0.236	0.212	0.248

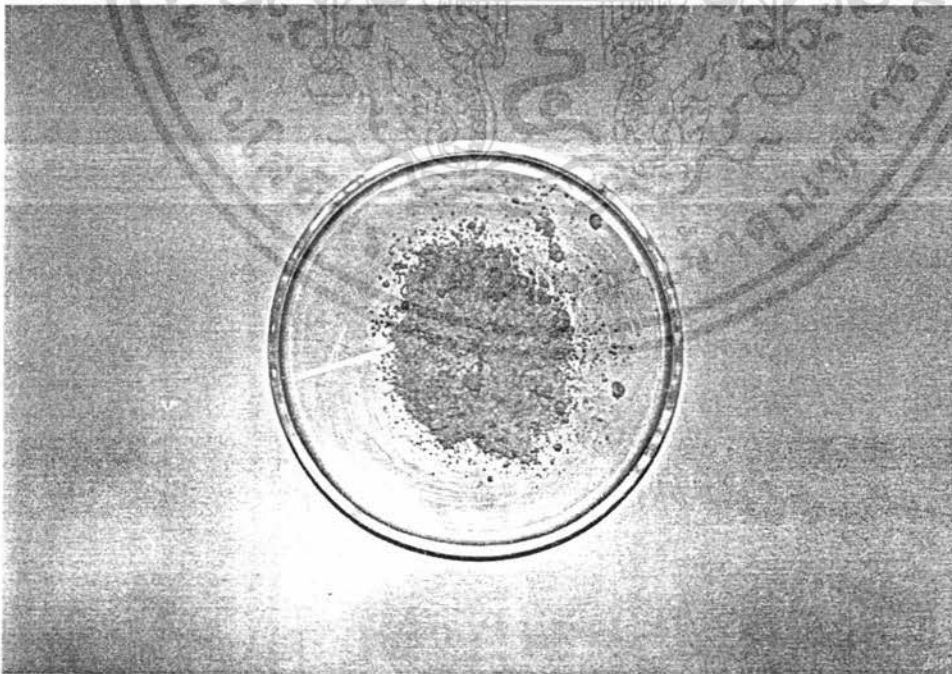
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

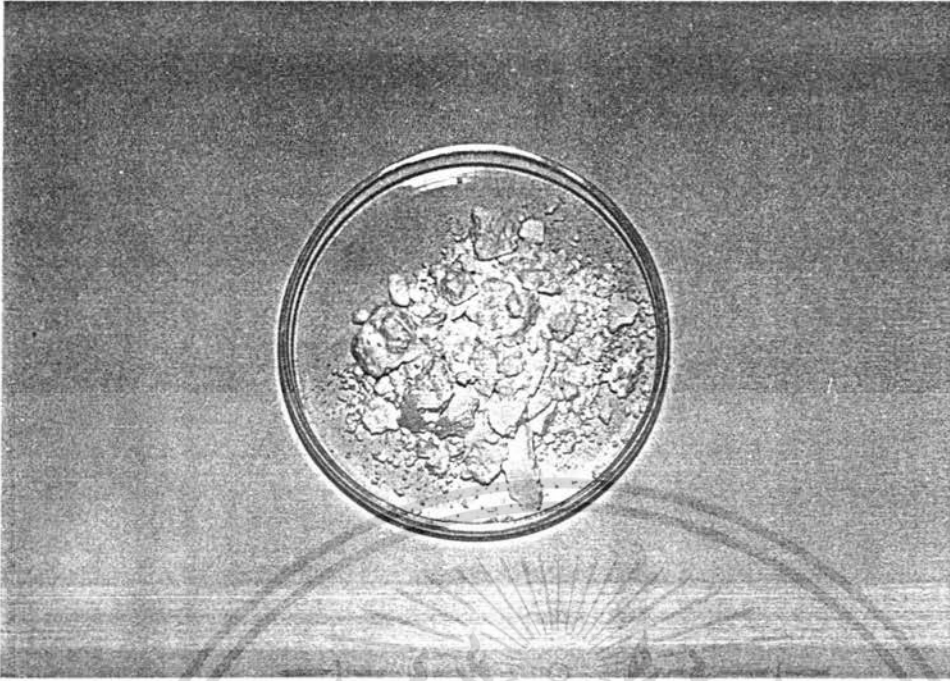
ภาคแสดงผลิตภัณฑ์และเครื่องมือ



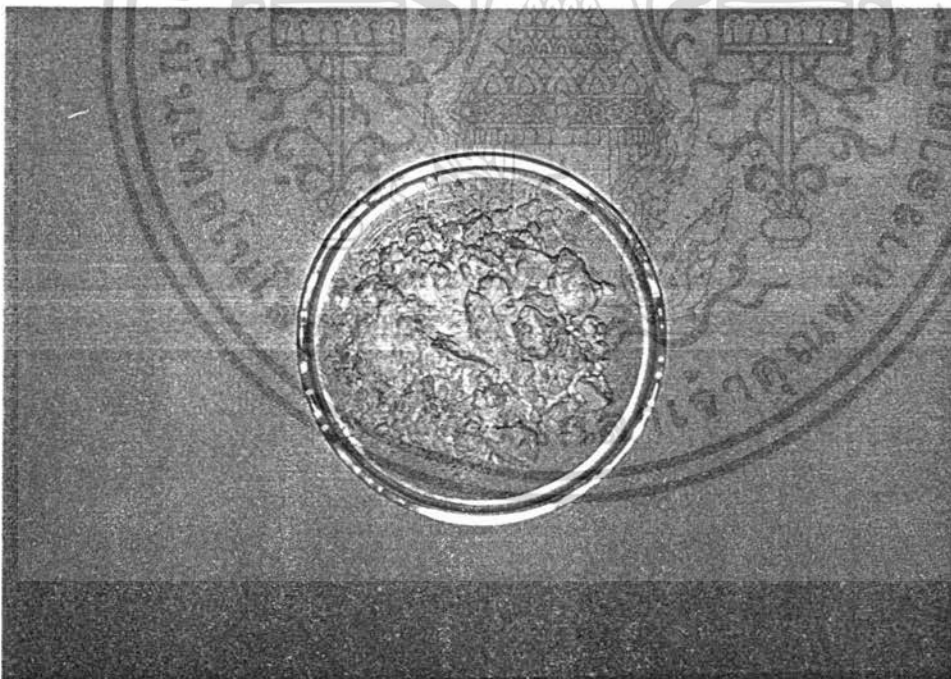
ภาคผนวก ช 1 : Crude Lecithin Powder



ภาคผนวก ช 2 : ไฮโดรไลซ์เลซิทินผง
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

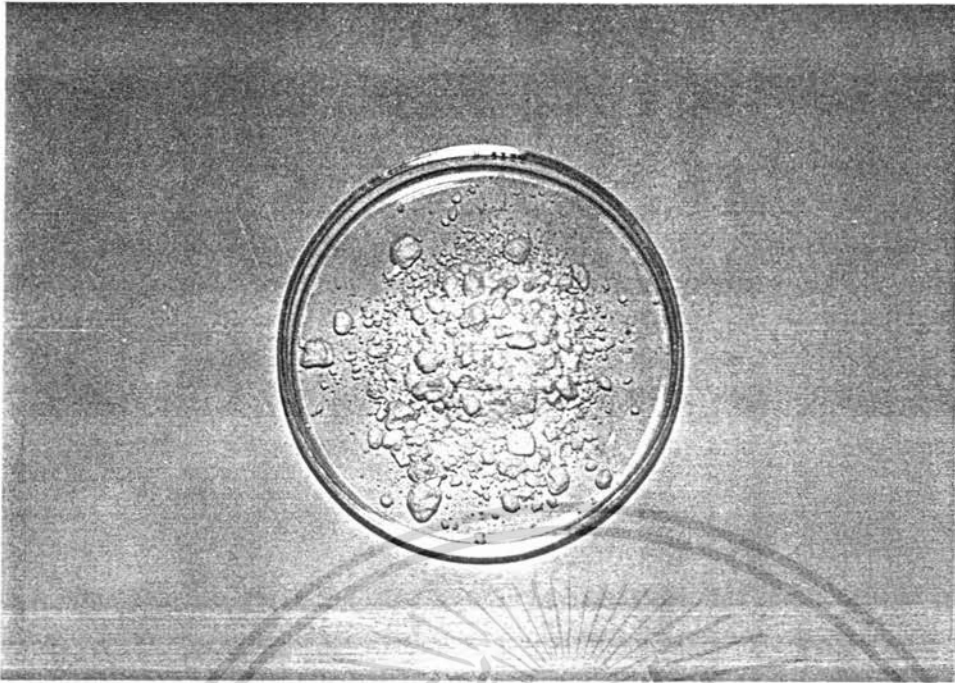


ภาคผนวก ซ 3 : ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 1 : 1

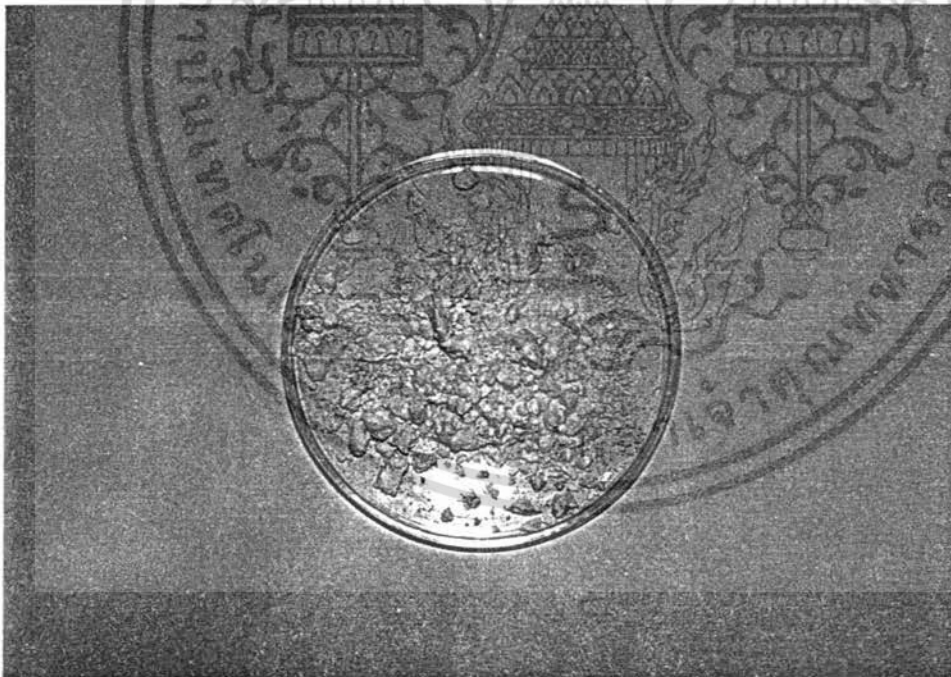


ภาคผนวก ซ 4 : ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 2 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

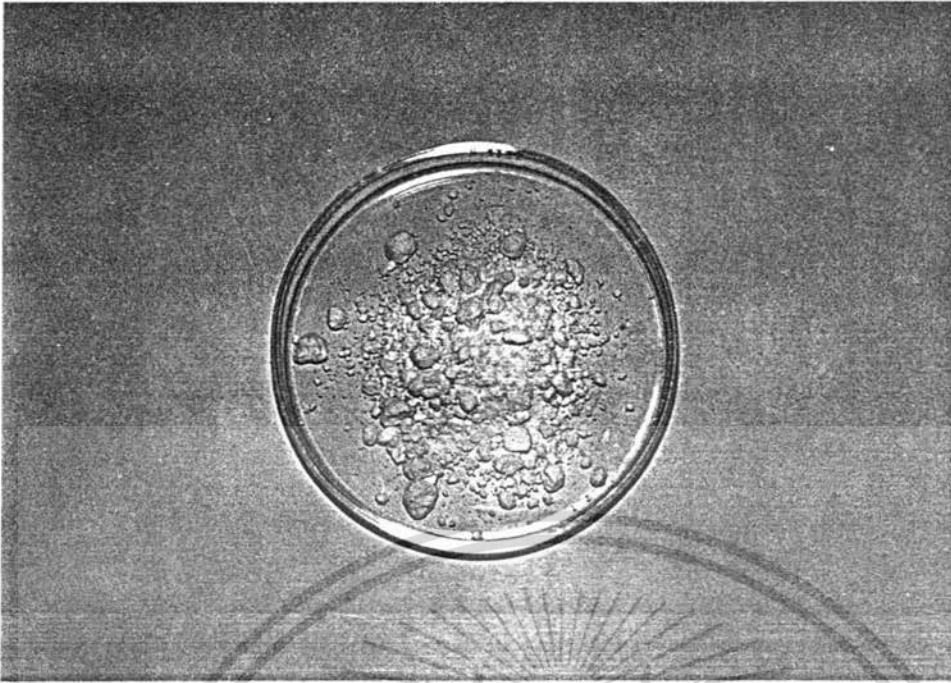


ภาคผนวก ช 5 : ไฮโดรไลซ์เลซีทีนต่อหางนมผง 3 : 1

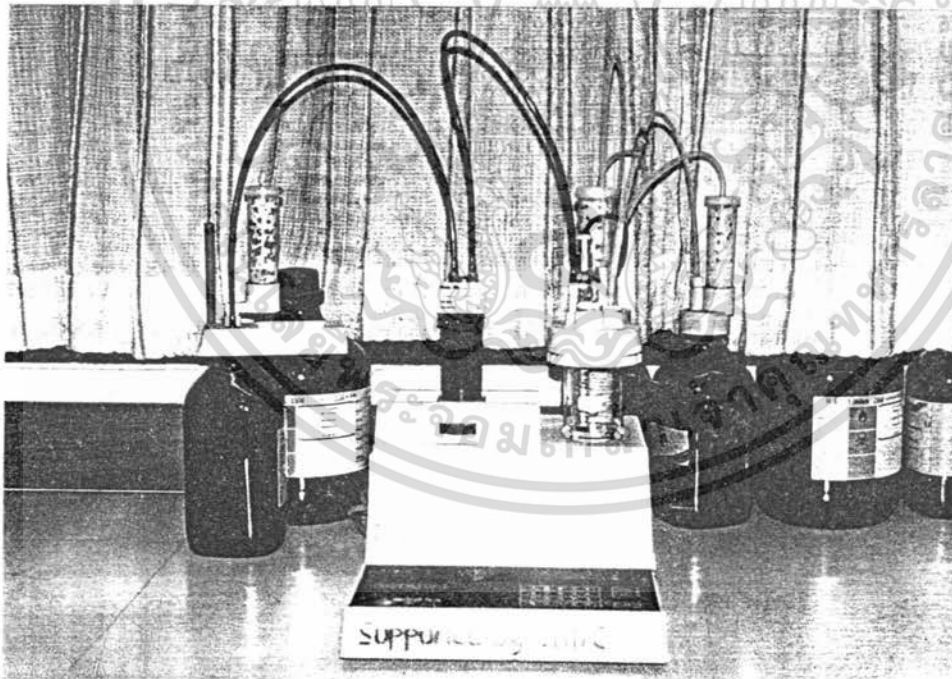


ภาคผนวก ช 6 : ไฮโดรไลซ์เลซีทีนต่อหางนมผง 4 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

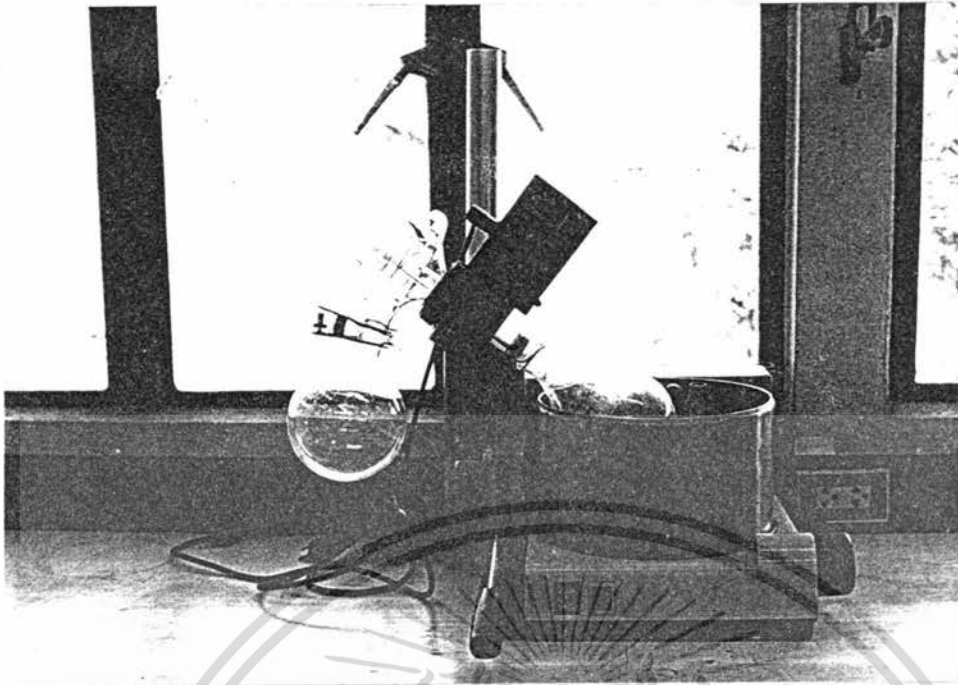


ภาคผนวก ซ 7 : ไฮโดรไลซ์เลซิทินต่อหางนมผง 5 : 1

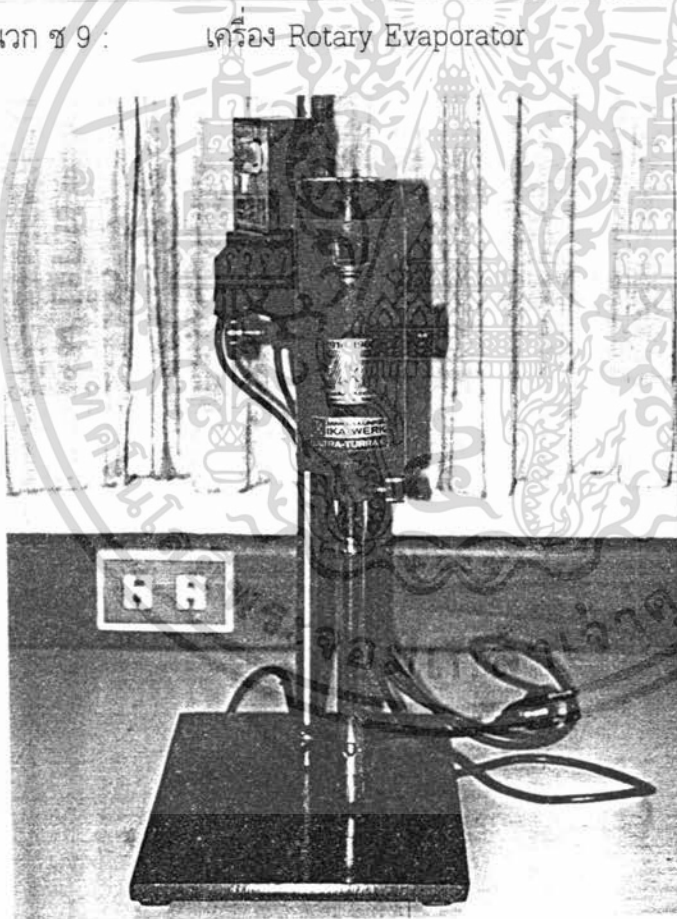


ภาคผนวก ซ 8 : เครื่อง Karl Fischer Titrator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

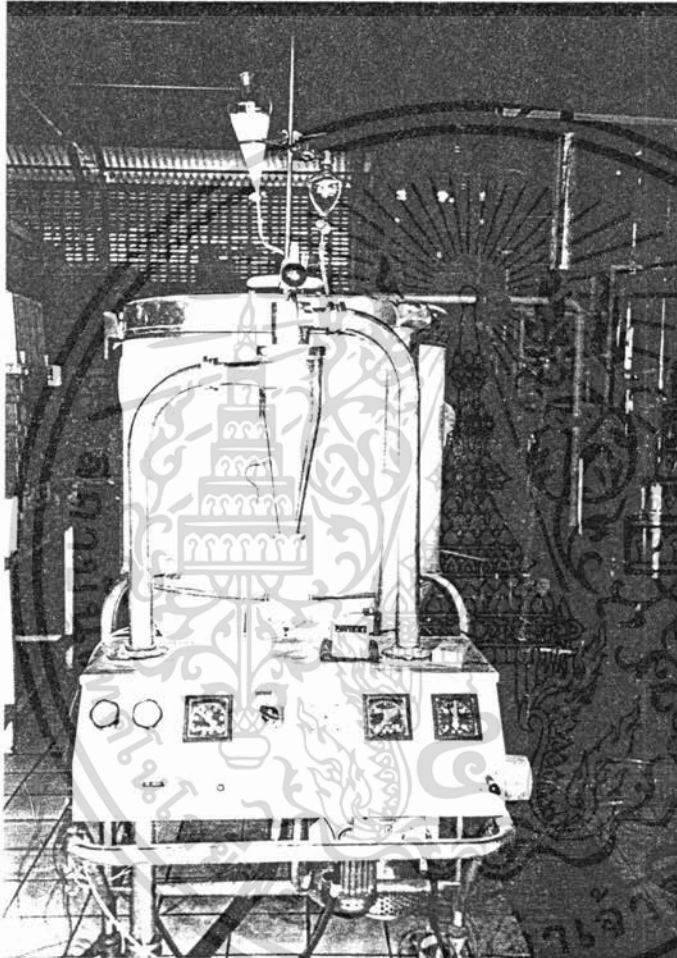


ภาคผนวก ซ 9 : เครื่อง Rotary Evaporator



ภาคผนวก ซ 10 : เครื่อง Homomixer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ซ 11 : เครื่อง Spray Dryer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิราภรณ์ เคารพพวงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 26 กันยายน 2517 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวิทยา ในปี พ.ศ. 2535 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2539

นายอภัย พงศ์พุทธิชาติ เกิดเมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2517 ที่จังหวัดนนทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนวัดเขมาภิรตาราม ในปี พ.ศ. 2535 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2539



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้