การลดปริมาณคอเลสเทอรอลและการดัดแปรองค์ประกอบไขมันในไข่แดงด้วยน้ำมันพืชและอิมัลซิฟายเออร์

นางสาว จุฑามาส แก้วประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-380-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

REDUCTION OF CHOLESTEROL CONTENT AND MODIFICATION OF LIPID COMPOSITION OF EGG YOLK BY VEGETABLE OIL AND EMULSIFIERS

Miss Jutamat Kaewprasert

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology
Department of Food Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-332-380-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปริมาณคอเลสเทอรอลและการดัดแปรองค์ประกอบไขมันในไข่แดงด้วยน้ำมันพืชและอิมัลซิฟายเออร์
โดย	นางสาว จุฑามาส แก้วประเสริฐ
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. วินัย ดะห์ลัน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. วินัย ดะห์ลัน)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์)

...ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

จุฑามาส แก้วประเสริฐ : การลดปริมาณคอเลสเทอรอลและการดัดแปรองค์ประกอบไขมันในไข่แดงด้วยน้ำมันพืชและอิมัลซิฟายเออร์ (REDUCTION OF CHOLESTEROL CONTENT AND MODIFICATION OF LIPID COMPOSITION OF EGG YOLK BY VEGETABLE OIL AND EMULSIFIERS) อ.ที่ปรึกษา : อ. ดร. รมณี สงวนดีกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. วินัย ดะห์ลัน, 127 หน้า. ISBN 974-332-380-5

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดคอเลสเทอรอลออกจากไข่แดง (โปรตีน 31.75% ไขมัน 62.74% คาร์โบไฮเดรต 2.61% เถ้า 2.91% คอเลสเทอรอล 2480 mg/100g ฟอสโฟลิปิด 17220 mg/100g โดยน้ำหนักแห้ง) โดยการใช้น้ำมันพืชและอิมัลซิฟายเออร์ รวมทั้งศึกษาถึงองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงที่เปลี่ยนแปลงไป จากการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงและน้ำมันถั่วเหลือง พบว่ากรดไขมันหลักในไข่แดงคือกรดโอเลอิกและกรดปาล์มมิติก กรดไขมันหลักในน้ำมันถั่วเหลืองคือกรดลิโนเลอิกและกรดโอเลอิก emulsifying capacity และอุณหภูมิในการเกิด coagulation ของไข่แดง คือ 36.50 ml of emulsified oil/gm of egg yolk และ 68.67^{o}C ตามลำดับ ศึกษาหา pH ชนิด และปริมาณอิมัลซิฟายเออร์ในน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสม โดยการแปร pH เป็น 2 ค่า คือ 4.5 และ 9.0 ปรับ pH เป็น 4.5 ด้วยสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 15% (v/v) และปรับ pH เป็น 9.0 ด้วยสารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล เพื่อให้เกิดการแยกตัวของ granule แปรชนิดของอิมัลซิฟายเออร์เป็น 3 ชนิด ได้แก่ Glyceryl monooleate (GMO) , Sorbitan monooleate (SMO) และ Lecithin (LC) โดยแต่ละชนิดแปรปริมาณของอิมัลซิฟายเออร์ในน้ำมันถั่วเหลืองเป็น 3 ระดับ คือ 8% , 10% และ 12% ของน้ำหนักน้ำมันถั่วเหลือง พบว่าการใช้ GMO 10% ที่ pH 4.5 , SMO 10% ที่ pH 9.0 และ LC 8% ที่ pH 4.5 จะได้ชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลต่ำสุดซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ปริมาณฟอสโฟลิปิดในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่ได้จากการใช้ LC จะมีปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกที่จะใช้ LC ในการศึกษาหาปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมในขั้นต่อไป โดยแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองเป็น 3 ระดับ คือ 2 , 3 และ 4 เท่าของน้ำหนักไข่แดง พบว่าปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการสกัดคอเลสเทอรอล คือ 3 เท่าของน้ำหนักไข่แดง ศึกษาหาความดันในการโฮโมจีไนซ์ที่เหมาะสม โดยแปรความดันเป็น 3 ค่า คือ 1000 , 2000 และ 3000 psi พบว่าความดันที่เหมาะสมในการโฮโมจีไนซ์ คือ 2000 psi ผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่ได้มีปริมาณคอเลสเทอรอลและฟอสโฟลิปิด 650 และ 9969 mg/100g มีโปรตีน ไขมัน และเถ้า ร้อยละ 72.03, 21.47 และ 2.47 โดยน้ำหนักแห้งตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่ได้มีสีขาวเหลือง มีองค์ประกอบของกรดไขมันที่เปลี่ยนแปลงไปโดยมีกรดลิโนเลอิกและกรดโอเลอิกเป็นกรดไขมันหลัก emulsifying capacity และอุณหภูมิในการเกิด coagulation ของไข่แดงที่ลดปริมาณคอเลสเทอรอลลง คือ 20.27 ml of emulsified oil/gm of egg yolk และ 64.83^{o}C ตามลำดับ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต จุฑามาส แก้วประเสริฐ

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C827408 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY
KEY WORD:
EGG YOLK / CHOLESTEROL / VEGETABLE OIL / EMULSIFIER

JUTAMAT KAEWPRASERT : REDUCTION OF CHOLESTEROL CONTENT AND MODIFICATION OF LIPID COMPOSITION OF EGG YOLK BY VEGETABLE OIL AND EMULSIFIERS. THESIS ADVISOR : DR. ROMANEE SANGUANDEEKUL, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. DR. WINAI DAHLAN, Ph.D. 127 pp. ISBN 974-332-380-5

The conditions to extract cholesterol from egg yolk (31.75 % protein , 62.74 % fat , 2.61 % Carbohydrate , 2.91 % ash , 2480 mg/100g cholesterol , 17220 mg/100g phospholipid on dry basis) by using vegetable oil and emulsifiers were studied along with the modification of fatty acids profile after extraction. The fatty acids profile of egg yolk and soybean oil were analysed. Oleic acid and Palmitic acid were major fatty acid in egg yolk while Linoleic acid and Oleic acid were major fatty acid in soybean oil. Emulsifying capacity and coagulation temperature of egg yolk were 36.50 ml of emulsified oil/gm of egg yolk and 68.67^{o}C respectively. The appropriate pH, type and amount of emulsifiers were studied. pH was adjusted to 4.5 by using 15% acetic acid (v/v) and to 9.0 by using 1N KOH to dissociate granule. Glyceryl monooleate (GMO), Sorbitan monooleate (SMO) and Lecithin (LC) were used as emulsifiers. The amount of each emulsifiers were 8%, 10% and 12% of soybean oil's weight. It was found that the condition using GMO 10% at pH 4.5, SMO 10% at pH 9.0 and LC 8% at pH 4.5 gave the lowest cholesterol egg yolk (P>0.05). By using LC, the reduced cholesterol egg yolk had the highest phospholipid content. This was consequently chosen to study the amount of soybean oil by varying the amount of soybean oil to 2, 3 and 4 times of egg yolk's weight. The appropriate amount of soybean oil was 3 times of egg yolk's weight. Homogenization pressure was studied by varying the pressure to 1000 , 2000 and 3000 psi. The appropriate homogenization pressure was 2000 psi. The reduced cholesterol egg yolk contained 650 mg cholesterol/100g egg yolk, 9969 mg phospholipid/100g egg yolk , 72.03% protein , 21.47% fat and 2.47% ash on dry basis. The product produced was white-yellow. The fatty acids profile was changed , Linoleic acid and Oleic acid were major fatty acids in the treated yolk. Emulsifying capacity and coagulation temperature of the reduced cholesterol egg yolk were 20.27 ml of emulsified oil/gm of reduced cholesterol egg yolk and 64.83^{o}C respectively.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต จุฑามาศ แก้วประเสริฐ

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.รมณี สงวนดีกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.วินัย ดะห์ลัน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและข้อปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและข้อคิดต่างๆของงานวิจัยด้วยดี ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. พันธิพา จันทวัฒน์ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ นาย มงคล ลีประดิษฐ์วรรณ บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์น้ำมันถั่วเหลือง

ขอขอบพระคุณ นางสาว บุญสม บริบูรณ์วิกกัย บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความช่วยเหลือประสานงานในการติดต่อขอความอนุเคราะห์น้ำมันถั่วเหลือง

ขอขอบพระคุณ บริษัท อิมพีเรียล เคมิคัลส์ ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ Glyceryl monooleate และ Sorbitan monooleate

ขอขอบพระคุณ บริษัท ไฮน์วินแชนด์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เลซิติน

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บุคคลใกล้ชิดที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ เป็นอย่างดี

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ช่วยสนับสนุนในด้านการเงินและให้การสนับสนุนทุกอย่างแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญรูป.....ฎ

บทที่

1. บทนำ.....1

2. วารสารปริทัศน์.....3

3. การทดลอง.....31

4. ผลการทดลอง.....41

5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....75

6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....89

รายการอ้างอิง.....91

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.....100

ภาคผนวก ข.....111

ภาคผนวก ค.....112

ภาคผนวก ง.....113

ภาคผนวก จ.....114

ประวัติผู้เขียน.....127

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณกรดอะมิโนในไข่....4
2.2 แร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบของไก่....5
2.3 วิตามินในไข่....6
2.4 สัดส่วนของไข่แดง ไข่ขาว และเปลือกไข่ ในไข่ชนิดต่างๆ....6
2.5 องค์ประกอบของไข่ไก่....7
2.6 องค์ประกอบของไข่แดงในไข่ไก่....11
2.7 องค์ประกอบของกรดไขมันของ cholesteryl esters, triglyceride และ phospholipid ของไข่แดง....12
2.8 แหล่งอาหารที่มีคอเลสเทอรอล....14
2.9 องค์ประกอบของเลซิตินในทางการค้า....25
2.10 มาตรฐานทางการค้าของเลซิติน....25
2.11 องค์ประกอบโดยเฉลี่ยของน้ำมันถั่วเหลืองดิบและน้ำมันถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการ....29
2.12 องค์ประกอบของกรดไขมันของแหล่งน้ำมันชนิดต่างๆ....30
4.1 องค์ประกอบทางเคมีและค่าสี (L , a และ b) ของไข่แดง....42
4.2 องค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดง....42
4.3 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง....43
4.4 สมบัติเชิงหน้าที่ของไข่แดง....43
4.5 ปริมาณชั้นแต่ละชั้นของตัวอย่างที่ pH 4.5 หลังการเซนตริฟิวจ์....46
4.6 ปริมาณชั้นแต่ละชั้นของตัวอย่างที่ pH 9.0 หลังการเซนตริฟิวจ์....47
4.7 ความหนืดของตัวอย่างที่เตรียม โดยใช้ GMO 8% , 10% และ 12%....48
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) , ปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์ และความหนืดของตัวอย่างที่เตรียมเมื่อใช้ GMO 8% , 10% และ 12% ที่ pH 4.5 และ 9.0....51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 ความหนืดของตัวอย่างที่เตรียม โดยใช้ SMO 8% 10% และ 12%.....52

4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) ปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์ และความหนืดของตัวอย่างที่เตรียมเมื่อใช้ SMO 8% 10% และ 12% ที่ pH 4.5 และ 9.0.....55

4.11 ความหนืดของตัวอย่างที่เตรียม โดยใช้ LC 8% 10% และ 12%.....56

4.12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) ปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์ และความหนืดของตัวอย่างที่เตรียมเมื่อใช้ LC 8% 10% และ 12% ที่ pH 4.5 และ 9.0.....59

4.13 ปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) และปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์เมื่อใช้ GMO 10% ที่ pH 4.5 SMO 10% ที่ pH 9.0 และ LC 8% ที่ pH 4.5.....60

4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) , ปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์ และความหนืดของตัวอย่างที่เตรียมเมื่อใช้ GMO 10% ที่ pH 4.5 SMO 10% ที่ pH 9.0 และ LC 8% ที่ pH 4.5.....61

4.15 ปริมาณชั้นแต่ละชั้นของตัวอย่างหลังการเซนตริฟิวจ์ เมื่อใช้ LC 8% ที่ pH 4.5 โดยแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง.....62

4.16 ปริมาณโปรตีน (%) ไขมัน (%) คาร์โบไฮเดรต (%) และเถ้า (%) ในชั้นผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ LC 8% ที่ pH 4.5 โดยแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง.....62

4.17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) ปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อใช้ LC 8% ที่ pH 4.5 โดยแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง.....65

4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีน (%) ไขมัน (%) คาร์โบไฮเดรต (%) และเถ้า (%) ในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อใช้ LC 8% ที่ pH 4.5 โดยแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง.....65

4.19 ปริมาณโปรตีน (%) ไขมัน (%) เถ้า (%) ในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง และขนาดอนุภาคของหยดน้ำมัน (μm) ในตัวอย่างที่เตรียม เมื่อแปรความดันโดยใช้ LC 8% ที่ pH 4.5.....69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณคอเลสเทอรอล (mg/100g) , ปริมาณฟอสโฟลิปิด (mg/100g) ในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง และขนาดอนุภาคของหยดน้ำมัน (μm) ในตัวอย่างที่เตรียม เมื่อแปรความดัน โดยใช้ LC 8% ที่ pH 69

4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีน (%) ไขมัน (%) และเถ้า (%) ในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อแปรความดัน โดยใช้ LC 8% ที่ pH 70

4.22 องค์ประกอบทางเคมีและค่าสี (L , a และ b) ของไข่แดง..... 72

4.23 องค์ประกอบของกรดไขมันในไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลง..... 73

4.24 สมบัติเชิงหน้าที่ของไข่แดงที่ลดปริมาณคอเลสเทอรอลลง..... 74

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ส่วนประกอบของไข่....3
2.2 โครงสร้างของ lipoproteins....10
2.3 โครงสร้างของคอเลสเทอรอล....13
2.4 โครสร้างของ β- cyclodextrin....17
2.5 ส่วน hydrophilic (polar) และ hydrophobic ของอิมัลซิฟายเออร์ในอิมัลชัน....19
2.6 monoglyceride และ diglyceride....20
2.7 โครงสร้างของ sorbitan esters....21
2.8 โครงสร้างของ organic acid ester ของ monoglyceride....23
2.9 โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิวในเลซิติน....24
2.10 เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ความดันสูงชนิดที่มีวาล์ว 2 ขั้น....27
3.1 ขั้นตอนการสกัดคอเลสเทอรอลออกจากไข่แดง....36
4.1 ลักษณะปรากฏของไข่แดง....41
4.2 การแยกชั้นของอิมัลชันที่เตรียม หลังการปั่นแยก....45
4.3 ปริมาณคอเลสเทอรอลในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลงที่ pH 4.5 และ 9.0 เมื่อใช้ GMO 8% 10% และ 12%....49
4.4 ปริมาณฟอสโฟลิปิดในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลงที่ pH 4.5 และ 9.0 เมื่อใช้ GMO 8% 10% และ 12%....50
4.5 ปริมาณคอเลสเทอรอลในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลงที่ pH 4.5 และ 9.0 เมื่อใช้ SMO 8% 10% และ 12%....53
4.6 ปริมาณฟอสโฟลิปิดในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลงที่ pH 4.5 และ 9.0 เมื่อใช้ SMO 8% 10% และ 12%....54
4.7 ปริมาณคอเลสเทอรอลในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลงที่ pH 4.5 และ 9.0 เมื่อใช้ LC 8% 10% และ 12%....57
4.8 ปริมาณฟอสโฟลิปิดในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดงที่มีปริมาณคอเลสเทอรอลลดลงที่ pH 4.5 และ 9.0 เมื่อใช้ LC 8% 10% และ 12%....58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 ปริมาณคอเลสเทอรอลในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อใช้ LC 8% pH 4.5 โดยการแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง....63

4.10 ปริมาณฟอสโฟลิปิดในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อใช้ LC 8% pH 4.5 โดยการแปรปริมาณน้ำมันถั่วเหลือง....64

4.11 ปริมาณคอเลสเทอรอลในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อใช้ LC 8% pH 4.5 โดยการแปรความดันในการโฮโมจิไนซ์....67

4.12 ปริมาณฟอสโฟลิปิดในชั้นผลิตภัณฑ์ไข่แดง เมื่อใช้ LC 8% pH 4.5 โดยการแปรความดันในการโฮโมจิไนซ์....68

4.13 ลักษณะปรากฏของไข่แดงที่ลดปริมาณคอเลสเทอรอลลง....71