

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์



นางสาวนนทพรณ วิเศษจรณา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร  
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2552  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



# FACTORS AFFECTING FUNCTIONAL PROPERTIES OF PASTEURIZED EGG WHITE

Miss Nontapan Visesrojana

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

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

522312

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์

โดย

นางสาวนนทพรณ วิเศษรจนา

สาขาวิชา

เทคโนโลยีทางอาหาร

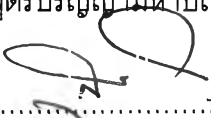
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย

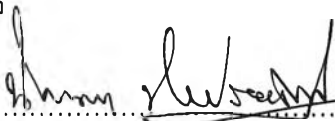
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารักสา แสงนาค


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

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

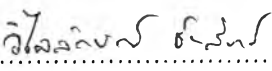
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. นินนาท ชินประห์สุข)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อารักสา แสงนาค)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรารัตน์ ทัดติยกุล)

  
..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(อาจารย์ ดร. วิไลลักษณ์ ชัยสิทธิ์)

นันทพรณ วิเศษรจนา : ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์.

(FACTORS AFFECTING FUNCTIONAL PROPERTIES OF PASTEURIZED EGG WHITE)

อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
ร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาภัสรา แสงนาค, 95 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ โดยชั้นแรกศึกษาผลของชนิดน้ำตาล (ซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส) และปริมาณน้ำตาล (10, 20, 30 และ 40% (w/v)) ต่อสมบัติการเกิดโฟมของไข่ขาวเปรียบเทียบกับไข่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาล พบว่าเมื่อเติมน้ำตาลลงในไข่ขาวปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลให้ไข่ขาวมีความสามารถในการเกิดโฟมลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ในขณะที่โฟมไข่ขาวจะมีความคงตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยที่ปริมาณน้ำตาลน้อยกว่า 40% (w/v) ชนิดของน้ำตาลไม่มีผลต่อความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งภาวะที่เติมน้ำตาลลงในไข่ขาวปริมาณ 30% (w/v) เป็นภาวะที่ดีที่สุดในการเกิดโฟมของน้ำตาลแต่ละชนิด การเติมน้ำตาลลงในไข่ขาวทำให้ไข่ขาวมีความหนืดเพิ่มขึ้น ขนาดฟองอากาศภายในโฟมไข่ขาวลดลง และทำให้น้ำในไข่ขาวมีความอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ชั้นที่สองเป็นการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บไข่ขาว (1, 4 และ 7 วัน) ต่อสมบัติด้านการเกิดโฟมของไข่ขาว พบว่าระยะเวลาการเก็บไข่ขาวไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการเกิดโฟม ความคงตัวของโฟม และค่าความหนืดของไข่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาล และที่เติมน้ำตาลชนิดต่าง ๆ อย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ชั้นที่สามเป็นการศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติการเกิดเจลของไข่ขาว พบว่าการผสมน้ำตาลลงในไข่ขาวมีผลให้อุณหภูมิในการเกิดเจลของไข่ขาวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยไข่ขาวที่ผสมน้ำตาลกลูโคสมีอุณหภูมิในการเกิดเจลสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ขาวที่ผสมน้ำตาลซูโครสและฟรุกโตส ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งเจลไข่ขาวที่ผสมน้ำตาลฟรุกโตสมีการเปลี่ยนแปลงสีมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเจลไข่ขาวที่ผสมน้ำตาลซูโครสและกลูโคส ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของเจลไข่ขาวสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของไข่ขาว โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำตาลในไข่ขาวเพิ่มขึ้น เจลไข่ขาวมีค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) จากการวิเคราะห์ความอิสระของน้ำภายในเจลไข่ขาว พบว่าการผสมน้ำตาลลงในไข่ขาวมีผลให้น้ำภายในเจลไข่ขาวมีความอิสระลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) ชั้นตอนสุดท้ายเป็นการศึกษาผลของชนิดคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s และปริมาณ CMC (0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v)) ต่อสมบัติการเป็นอิมัลชันไฟเออร์ของไข่ขาวในระบบอิมัลชันเปรียบเทียบกับอิมัลชันที่ไม่เติม CMC พบว่าอิมัลชันที่เติม CMC ปริมาณ 0.5% (w/v) มีค่า emulsion activity index (EAI) ไม่เปลี่ยนแปลง และไม่เกิดการแยกชั้นของน้ำมันหลังจากตั้งอิมัลชันทิ้งไว้นาน 30 นาที ซึ่งชนิดของ CMC ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า EAI ของอิมัลชันที่ภาวะดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) ในขณะที่อิมัลชันที่ไม่เติม CMC และเติม CMC ปริมาณ 0.1 และ 0.3% (w/v) มีค่า EAI ลดลง และเกิดการแยกชั้นของน้ำมันหลังจากตั้งอิมัลชันทิ้งไว้นานเพียง 5 นาที โดยอิมัลชันที่เติม CMC ปริมาณ 0.5% (w/v) มีค่าความหนืดสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอิมัลชันที่ภาวะอื่น ( $p \leq 0.05$ ) และภาพถ่ายอิมัลชันยังแสดงให้เห็นว่าอิมัลชันที่เติม CMC ปริมาณ 0.5% (w/v) มีขนาดหยดนํ้ามันสม่ำเสมอ และมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในวัฏภาคต่อเนื่อง

ภาควิชา.....เทคโนโลยีทางอาหาร...ลายมือชื่อนิสิต..... นันทพรณ วิเศษรจนา  
สาขาวิชา...เทคโนโลยีทางอาหาร...ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย  
ปีการศึกษา.....2552.....ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... อาภัสรา แสงนาค

# # 5072608923: MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS: PASTEURIZED EGG WHITE/ FOAMING/ GELATION/ EMULSIFYING/ SUCROSE/ GLUCOSE/ FRUCTOSE/ CARBOXYMETHYLCELLULOSE

NONTAPAN VISESROJANA: FACTORS AFFECTING FUNCTIONAL PROPERTIES OF PASTEURIZED EGG WHITE. THESIS ADVISOR: KIATTISAK DUANGMAL, Ph. D., THESIS CO-ADVISOR: ARPATHSRA SANGNARK, D. Tech. Sci., 95 pp.

Factors affecting on functional properties of pasteurized egg white, in terms of foaming properties of pasteurized egg white were investigated. Three types of sugar (sucrose, glucose or fructose) were varied into 4 level: 10, 20, 30 and 40% (w/v), compared with control. The results showed that foaming capacity of egg white was decreased inversely with the amount of sugar. While, the stability of foam was increased directly with the amount of sugar ( $p \leq 0.05$ ). At the sugar less than 40% (w/v), foaming properties of the pasteurized egg white were not significantly affected by types of sugar ( $p > 0.05$ ). The best foaming properties was obtained by 30% (w/v) sugar addition. The addition of sugar into egg white led to an increase in the viscosity of egg white and a decrease in the size of air bubble in egg white foam ( $p \leq 0.05$ ). Availability of water was monitored using Nuclear magnetic resonance (NMR) technique. Increasing sugar content resulted in a decrease in NMR relaxation time. The results, during storage (1, 4 and 7 days), revealed that the foaming capacity, foaming stability and the viscosity of egg white with sugar and without sugar were not significantly affected by storage time ( $p > 0.05$ ). The effect of sugar on heat-induce egg white gelation was then investigated. The results showed that the presence of sugar significantly promoted an increase in gelation temperature of egg white ( $p \leq 0.05$ ). Egg white gel containing fructose showed the highest value of color difference compared to non sugar treatment. The texture of egg white gel related to gelation temperature. An increase in the amount of sugar led to a significantly decrease in maximum force required to break the gel and NMR relaxation time. Finally, the effect of carboxymethylcellulose (CMC) on the emulsifying properties of egg white emulsion was studied. Two types of CMC (1800 and 3000 mPa.s) at the levels of 0.1, 0.3 and 0.5% (w/v) were used and emulsion without CMC was set as a control. The results showed the emulsion activity Index (EAI) value of emulsions containing 0.5% (w/v) CMC was constant and emulsion exhibited no sign of serum separation during aging time of 30 min. The EAI value of emulsion containing 0.5% (w/v) CMC was not significantly affected by type of CMC ( $p > 0.05$ ). While, EAI value of emulsions without CMC and emulsion containing 0.1 and 0.3% (w/v) CMC decreased and emulsions exhibited serum separation after 5 min. The viscosity of emulsion containing 0.5% (w/v) CMC was significantly higher than the emulsion containing 0.1 and 0.3% (w/v) CMC ( $p \leq 0.05$ ). Moreover, the uniform distribution and uniform size of oil droplet was also observed in continuous phase of emulsion containing 0.5% (w/v) CMC.

Department : ..... Food Technology .....

Field of Study : ..... Food Technology .....

Academic Year : ..... 2009 .....

Student's Signature Nontapan Visesrojana

Advisor's Signature Kiattisak Duangmal

Co-Advisor's Signature Arpathsra Sangnark

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภัสรา แสงนาค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เป็นอย่างสูง ที่เสนอแนวคิดริเริ่มของงานวิจัยนี้ และได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และความช่วยเหลือในทุกด้าน อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.นินนาท ชินประห์ชัย ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.จิรารัตน์ ทัดติยกุล และ อ.ดร.วิไลลักษณ์ ชัยสิทธิ์ ที่กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ กรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบริษัท กรุงเทพผลิตผลอุตสาหกรรมการเกษตร จำกัด (มหาชน) และบริษัท ท็อปไฟลท์อินเตอร์ฟู้ดส์ จำกัด สำหรับความอนุเคราะห์ให้ชาวพาสเจอร์ไรซ์ และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ตามลำดับ สำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ ตลอดงานวิจัย และขอบคุณเพื่อนปริญญาโท พี่ปริญญาเอก และน้อง ๆ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคน รวมทั้งเพื่อนสมัยเรียนมัธยมและปริญญาตรี ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และให้กำลังใจตลอดมา

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ ขอขอบคุณพี่ชายและญาติทุกคน ที่คอยเอาใจใส่ ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน และเป็นกำลังใจที่สำคัญยิ่ง รวมทั้งให้การสนับสนุนและส่งเสริมผู้วิจัยจนประสบผลสำเร็จในการศึกษาตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
2. วารสารปริทัศน์.....	2
2.1 ไซโก้.....	2
2.1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของไซโก้.....	2
2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของไซโก้.....	4
2.2 ไซข้าว.....	5
2.2.1 โพรตีนที่พบในไซข้าว.....	6
2.2.2 สมบัติทางกายภาพของไซข้าว.....	9
2.3 สมบัติเชิงหน้าที่ของไซข้าว.....	10
2.3.1 สมบัติด้านการเกิดโฟม.....	10
2.3.2 สมบัติด้านการเกิดเจล.....	15
2.3.3 สมบัติด้านการเป็นอิมัลซิไฟเออร์.....	20
3. อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย.....	25
3.1 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติของโฟมไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์.....	28
3.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติของไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์.....	29
3.3 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ต่อสมบัติของโฟมไซข้าว.....	30
3.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ต่อสมบัติของไซข้าว.....	31
3.5 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติของเจลไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์.....	31
3.6 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ในระบบอิมัลชัน.....	33

บทที่	หน้า
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	36
4.1 ผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติของโฟมไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์.....	36
4.2 ผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์.....	41
4.3 ผลของระยะเวลาการเก็บไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ต่อสมบัติของโฟมไข่ขาว.....	44
4.4 ผลของของระยะเวลาการเก็บไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ต่อสมบัติของไข่ขาว.....	46
4.5 ผลของชนิดและปริมาณน้ำตาลต่อสมบัติของเจลไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์.....	50
4.6 ผลของชนิดและปริมาณคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสต่อสมบัติการเป็น อิมัลซิไฟเออร์ของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ในระบบอิมัลชัน.....	58
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ.....	72
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	81
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดลองเพิ่มเติม.....	85
ภาคผนวก ง ภาพถ่ายการทดลองเพิ่มเติม.....	92
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	95



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบทางเคมีของไซไก่อ.....	4
2.2	คุณค่าทางโภชนาการของไซไก่อ.....	5
2.3	ชนิด สมบัติทางเคมีและกายภาพของโปรตีนที่พบในไซข้าว.....	6
3.1	ลักษณะจำเพาะของไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์รายงานโดยบริษัท กรุงเทพมหานคร อุตสาหกรรมเกษตร จำกัด (มหาชน).....	25
4.1	สมบัติด้านการเกิดโฟมของไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาล ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสในปริมาณต่างกัน.....	36
4.2	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของฟองอากาศ และพื้นที่หน้าตัดโดยเฉลี่ย ฟองอากาศภายในโฟมไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ภาวะต่าง ๆ.....	39
4.3	ความสามารถในการเกิดโฟมของไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติม น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสหลังจากเก็บไซข้าวไว้เป็นเวลา 7 วัน.....	44
4.4	ความคงตัวของโฟมไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสหลังจากเก็บไซข้าวไว้เป็นเวลา 7 วัน.....	45
4.5	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของฟองอากาศภายในโฟมไซข้าวพาสเจอร์- ไรซ์ที่ ภาวะต่าง ๆ หลังจากเก็บไซข้าวไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	45
4.6	พื้นที่หน้าตัดโดยเฉลี่ยของฟองอากาศภายในโฟมไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ภาวะ ต่าง ๆ หลังจากเก็บไซข้าวไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	46
4.7	ปริมาณโปรตีนเอส-โอวัลบูมินในไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ไม่เติมน้ำตาล และเติม น้ำตาลซูโครสหลังจากเก็บไซข้าวไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	49
4.8	อุณหภูมิในการเกิดเจลของไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ภาวะต่าง ๆ.....	52
4.9	ค่าสีและค่าการเปลี่ยนแปลงสีของเจลไซข้าวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่ผสมน้ำตาล และ ผสมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสในปริมาณต่างกัน.....	54
4.10	ค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกและค่างานที่ทำให้เจลแตกของเจลไซข้าวพาส- เจอร์ไรซ์ที่ภาวะต่าง ๆ.....	55
ข.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการเกิดโฟม และความคง ตัวของโฟมไซข้าวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ในปริมาณต่างกัน.....	80

ตารางที่	หน้า	
ข.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ย และพื้นที่หน้าตัดโดยเฉลี่ยของฟองอากาศภายในโฟมโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในปริมาณต่างกัน.....	81
ข.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Longitudinal relaxation time ( $T_1$ ) ของโปรตอนของน้ำในโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในปริมาณต่างกัน.....	81
ข.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการเกิดโฟมโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสหลังจากเก็บโซ่ขาวไว้เป็นเวลา 7 วัน.....	82
ข.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความคงตัวของโฟมโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 7 วัน.....	82
ข.6	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของฟองอากาศภายในโฟมโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสหลังจากเก็บไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	82
ข.7	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของพื้นที่หน้าตัดโดยเฉลี่ยของฟองอากาศภายในโฟมโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสหลังจากเก็บไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	82
ข.8	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนเอส-โอวัลบูมินในโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครสหลังจากเก็บไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	83
ข.9	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิในการเกิดเจลของโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในปริมาณต่างกัน.....	83
ข.10	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกและค่างานที่ทำให้เจลแตกของเจลโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคสและฟรุกโตสในปริมาณต่างกัน.....	83
ข.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Longitudinal relaxation time ( $T_1$ ) ของโปรตอนของโมเลกุลน้ำในเจลโซ่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาลและเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสในปริมาณต่างกัน.....	83
ข.12	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า EAI ของอิมัลชันที่เติม CMC ชนิดที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v).....	84

ตารางที่	หน้า
ข.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความหนืดของอิมัลชันที่ไม่เติม CMC และเติม CMC ชนิดที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5 % (w/v).....	84
ค.1 ค่า pH ของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตสปริมาณ 30% (w/v) หลังจากเก็บไข่ขาวไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	85
ค.2 การเปลี่ยนแปลงค่า EAI ของอิมัลชันที่เติม CMC ชนิดที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v) หลังจากตั้งอิมัลชันทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที.....	86

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของไข่ไก่.....	2
2.2 แบบจำลองกลไกการเกิดโฟมของโปรตีน.....	11
2.3 แบบจำลองกลไกการเกิดเจลของไข่ขาว.....	16
2.4 แบบจำลองการดูดซับของโปรตีนบนอนุภาคน้ำมัน และแรงผลักดันเดียวริก.....	21
4.1 ฟองอากาศภายในโฟมไข่ขาวที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสในปริมาณต่างกัน.....	40
4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ปริมาณ 0, 10, 20, 30 และ 40% (w/v) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	42
4.3 ค่า Longitudinal relaxation time ( $T_1$ , s) ของโปรตอนของโมเลกุลน้ำในไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ภาวะต่าง ๆ.....	43
4.4 ฟองอากาศภายในโฟมไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสหลังจากเก็บไข่ขาวไว้ในช่วงเวลา 7 วัน.....	47
4.5 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุคโตส ปริมาณ 30% (w/v) หลังจากเก็บไข่ขาวไว้ในช่วงเวลา 1, 4 และ 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	48
4.6 การเปลี่ยนแปลงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติมน้ำตาล ซูโครส กลูโคส และฟรุคโตสในปริมาณต่างกัน.....	51
4.7 ค่า Longitudinal relaxation time ( $T_1$ , s) ของโปรตอนของโมเลกุลน้ำภายในเจลของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ภาวะต่าง ๆ.....	57
4.8 การเปลี่ยนแปลงค่า EAI ของอิมัลชันที่เติม CMC ชนิดที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v) หลังจากตั้งอิมัลชันทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที.....	58
4.9 การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของอิมัลชันที่ไม่เติม CMC และเติม CMC ชนิดที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	60
4.10 ค่าความหนืดของอิมัลชันที่ไม่เติม CMC และเติม CMC ที่ภาวะต่าง ๆ ที่อัตราเฉือน $10 \text{ s}^{-1}$ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	61
4.11 อิมัลชันที่เติม CMC และเติม CMC ชนิดที่มีความหนืด 1800 และ 3000 mPa.s ปริมาณ 0.1, 0.3 และ 0.5% (w/v).....	62

ภาพที่	หน้า
ก.1	กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีไบยูเรต..... 77
ก.2	กราฟการวัดค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกและค่างานที่ทำให้เจลแตกของเจล ไซชาวพาสเจอร์ไรซ์..... 79
ก.3	กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Modified Lowry..... 81
ค.1	การหาค่าอุณหภูมิในการเกิดเจลของไซชาวพาสเจอร์ไรซ์ที่เติมน้ำตาลฟรุกโตส จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของไซขาว..... 87
ค.2	การเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของไซชาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่เติมน้ำตาล และเติม น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตส ปริมาณ 0, 10, 20, 30 และ 40% (w/v) ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส..... 88
ค.3	กราฟการวัดค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกและค่างานที่ทำให้เจลแตกของเจล ไซชาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ไม่ผสมน้ำตาล และผสมน้ำตาลซูโครส..... 89
ค.4	กราฟการวัดค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกและค่างานที่ทำให้เจลแตกของเจล ไซชาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ผสมน้ำตาลกลูโคส..... 90
ค.5	กราฟการวัดค่าแรงสูงสุดที่ทำให้เจลแตกและค่างานที่ทำให้เจลแตกของเจล ไซชาวพาสเจอร์ไรซ์ที่ผสมน้ำตาลฟรุกโตส..... 91
ง.1	การเตรียมโฟมไซขาว และวิธีวิเคราะห์สมบัติของโฟมไซขาว..... 92
ง.2	การเตรียมเจลไซขาว..... 93
ง.3	การเตรียมอิมัลชันไซขาว..... 94