

## ผลของสารเพิ่มความคงตัวบางชนิด ต่อคุณภาพน้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋อง

จันทิมา ภูงามเงิน<sup>1</sup>, นภาพร เชี่ยวชาญ<sup>2</sup> และ สุวิช ศิริวัฒนโยธิน<sup>3</sup>  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

รับเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2546 ตอรับเมื่อ 9 มิถุนายน 2547

### บทคัดย่อ

จากการศึกษาพบว่า สารเพิ่มความคงตัวที่ใช้มีผลต่อความคงตัวและลักษณะปรากฏของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121.1 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที เพื่อให้ได้ค่า  $F_0$  เท่ากับ 5 นาที ผลการทดลองโดยรวมพบว่า ค่า Emulsion Stability การเกิดตะกอนอ่อน และ ค่า  $L/b$  เพิ่มขึ้นตามปริมาณ Montanox 60, Montanox 60/Montane 80 และ CMC : Montanox 60 โดยการเติม CMC เพียงชนิดเดียวไม่สามารถเกิดลักษณะปรากฏที่ดีได้ ผลการเปรียบเทียบทางสถิติปรากฏว่า การเติม Montanox 60 ปริมาณ 0.6%w/v หรือ การเติม Montanox 60/Montane 80 ปริมาณ 0.6%w/v หรือ CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v ช่วยให้น้ำกะทิมีความคงตัวสูง ซึ่งให้ค่า ES มากกว่าร้อยละ 80 มีสีใกล้เคียงน้ำกะทิสด และไม่เกิดตะกอนอ่อนหลังจากกระบวนการให้ความร้อน

เมื่อเก็บรักษาตัวอย่าง จากการเตรียมทั้ง 3 สภาวะ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 สัปดาห์ พบว่าทุกตัวอย่าง มีค่า ES ลดลงในช่วง 2 สัปดาห์แรก และเริ่มคงที่ แต่ยังคงให้ค่า ES มากกว่าร้อยละ 80 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยค่า  $L/b$  มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย มีการตรวจพบตะกอนอ่อนในตัวอย่างที่เติม Montanox 60 และ Montanox 60/Montane 80 โดยปริมาณตะกอนอ่อนเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาตลอด 12 สัปดาห์ หลังจากนั้นคงที่ ในขณะที่ตรวจพบตะกอนอ่อนเพียงเล็กน้อยในตัวอย่างที่เติม CMC : Montanox 60 ดังนั้นจึงอาจจะสรุปได้ว่าสารเพิ่มความคงตัวที่ใช้ได้กับการผลิตน้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋องคือ CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วนเท่ากับ 0.6 : 0.6%w/v

**คำสำคัญ :** น้ำกะทิ / สารเพิ่มความคงตัว / กระป๋อง

<sup>1</sup> นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

<sup>2</sup> อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

<sup>3</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

## Effect of Some Stabilizers on the Quality of Canned High Fat Coconut Milk

Chanthima Phungamngoen <sup>1</sup>, Naphaporn Chiewchan <sup>2</sup>, and Suwit Siriwattanayothin <sup>3</sup>

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

*Received 14 November 2003 ; accepted 9 June 2004*

### Abstract

The results showed that a stabilizer, CMC, and emulsifiers, Montanox 60 and Montane 80, used had marked effects on the stability and appearance of coconut milk after commercially sterilizing process (121.1°C for 60 min to achieve  $F_0 = 5$  min). Emulsion Stability (%), Curding (%) and  $L/b$  values were found to increase with increasing levels of Montanox 60 and Montanox 60/Montane 80 and CMC : Montanox 60 and using CMC alone could not improve the quality of coconut milk. By statistically analyzing data, 0.6%w/v Montanox 60, 0.6%w/v Montanox 60/Montane 80 and CMC : Montanox 60 (0.6 : 0.6%w/v) gave the high stability products (ES > 80%), no significantly difference in colors comparing to fresh coconut milk and without curding coconut milk was found after heat treatment. The changes in characteristics of coconut milk during storage period were also investigated for 16 weeks at 30°C. The ES of 3 samples were decreased in the first two weeks and followed with no further change but still higher than 80%.  $L/b$  values changed slightly and curding formation were observed in the samples containing 0.6%w/v Montanox 60 and 0.6%w/v Montanox 60/Montane 80. Curding (%) increased steadily during the first 12 weeks and then remained constant where as slight amounts of curd were found in the sample containing CMC : Montanox 60 (0.6 : 0.6%w/v). It may conclude that CMC : Montanox 60 (0.6 : 0.6%w/v) was applicable for improving the quality of canned high fat coconut milk.

**Keywords :** Coconut Milk / Stabilizers / Can

---

<sup>1</sup> Postgraduate Student, Department of Food Engineering.

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Food Engineering.

<sup>3</sup> Assistant Professor, Department of Food Engineering.

## 1. บทนำ

น้ำกะทิเป็นที่นิยมบริโภคมากในแถบเอเชียแปซิฟิก โดยใช้เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นในอาหารคาวและอาหารหวาน นอกเหนือจากการบริโภคสดได้มีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น กะทิผง น้ำกะทิบรรจุกล่อง UHT (ultra high temperature) หรือผลิตภัณฑ์น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้นและสะดวกในการใช้ ซึ่งผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศและจำหน่ายยังต่างประเทศ น้ำกะทิมือถือประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำประมาณร้อยละ 52 ไขมันประมาณร้อยละ 38 และโปรตีนประมาณร้อยละ 3.5 จัดเป็นอาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (low acid food) มีค่า pH ประมาณ 6 [1] มีลักษณะเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) สำหรับกระบวนการผลิตน้ำกะทิสำเร็จรูป [1] เริ่มจากการนำเนื้อมะพร้าวมาคั้นโดยอาจมีการเติมหรือไม่เติมน้ำ จากนั้นปรับสัดส่วนไขมันให้ได้ตามต้องการ โดยมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดสัดส่วนไขมันต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 [2] นำไปผ่านความร้อนที่ระดับพาสเจอร์ไรส์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับน้ำกะทิบางส่วน และทำลายเอนไซม์ไลเปสเพื่อป้องกันการย่อยสลายไขมันในน้ำกะทิซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืนจากนั้นเติมสารเพิ่มความคงตัวคือสเตบิลิเซอร์ เช่น sodium caseinate หรือ stearyl lactylate [3] แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการโฮโมจิไนส์ เพื่อลดขนาดอนุภาคไขมัน ซึ่งทำให้น้ำกะทิไม่แยกชั้น บรรจุ และนำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน การผลิตอาหารจำพวกอิมัลชันที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบหลักเช่นน้ำกะทินั้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากไขมันมีผลทำให้ค่าความคงตัวของอาหารลดลง [4] [5] ถึงแม้ว่าน้ำกะทิสดโดยทั่วไปจะมีสารเพิ่มความคงตัวธรรมชาติคือ เลซิธิน (lecithin) [1] แต่อัตราส่วนระหว่างสารเพิ่มความคงตัวที่มีอยู่ตามธรรมชาติต่อปริมาณไขมันในน้ำกะทิมีปริมาณไม่เพียงพอ ที่จะทำให้เกิดความคงตัวของน้ำกะทิสด และนอกจากนี้กระบวนการให้ความร้อนยังเป็นปัจจัยร่วมที่ทำให้ค่าความคงตัวของน้ำกะทิลดลง ดังนั้นผลิตภัณฑ์น้ำกะทิสำเร็จรูปจึงต้องมีการเติมสารเพิ่มความคงตัว การเลือกชนิดของสารเพิ่มความคงตัวที่เหมาะสมจะพิจารณาจากค่า hydrophile-lipophile-balance (HLB) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการละลายน้ำและน้ำมันของอิมัลชัน โดยทั่วไปอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ ควรใช้สารเพิ่มความคงตัวที่มีค่า HLB อยู่ในช่วง 8-18 [6] โดยค่า HLB จะเปลี่ยนไปตามสัดส่วนของน้ำกับน้ำมันที่มีอยู่ในอิมัลชันนั้น Gonzalez และคณะ [1] แนะนำให้ใช้สารเพิ่มความคงตัวที่มีค่า HLB ในช่วง 14-15 เพื่อทำให้น้ำกะทิสำเร็จรูปหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนมีความคงตัวดี ทั้งนี้การเติมสารเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยเติมได้ไม่เกิน 1%w/v [7] ในระบบอิมัลชันมีการเติมสารเพิ่มความคงตัวเพื่อทำหน้าที่แตกต่างกันคือ สารสเตบิลิเซอร์ทำหน้าที่เพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ จึงป้องกันการรวมตัวกันของอนุภาคไขมัน (coalescence) ส่วนหน้าที่ของสารอิมัลซิไฟเออร์คือ สร้างพันธะระหว่างผิวของอนุภาคไขมัน (dispersed phase) กับน้ำ (continuous phase) ทำให้อนุภาคไขมันสามารถกระจายตัวในน้ำได้ดี ดังนั้นการเติมสารเหล่านี้จึงช่วยให้อิมัลชันมีความคงตัวไม่เกิดการแยกชั้นหลังกระบวนการฆ่าเชื้อ

สารเพิ่มความคงตัวที่ใช้ในน้ำกะทิ มีการใช้ที่แตกต่างกันไปทั้งชนิด สเตบิลิเซอร์ อิมัลซิไฟเออร์ และแบบผสมระหว่างสเตบิลิเซอร์กับอิมัลซิไฟเออร์โดยที่ Seow และ Gwee [3] พบว่าการเติมสารสเตบิลิเซอร์ชนิด sodium caseinate และ stearyl lactylate ในปริมาณร้อยละ 0.5-2.5 ของน้ำกะทิที่ประกอบด้วยไขมันประมาณร้อยละ 14 สำหรับน้ำกะทิบรรจุขวดแก้วที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 30 ควรเติม carboxymethyl cellulose (CMC) ร้อยละ 0.15 จะช่วยเพิ่มความคงตัวของน้ำกะทิ ส่วนการเติมอิมัลซิไฟเออร์ Gonzalez และคณะ [1] แนะนำว่าน้ำกะทิสำเร็จรูปควรเติม Tween 60 นอกจากนี้ กรพภา [8] ศึกษาการผลิตน้ำกะทิแปลงไขมันที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 14

พบว่าการใช้ Tween 60 ปริมาณร้อยละ 0.3 ร่วมกับการโฮโมจีไนส์แบบ 2 ขั้นตอนด้วยความดัน 2500/500 psi (17/4 MPa) ทำให้น้ำกะทิแปลงไขมันมีความคงตัวสูงที่สุด คือไม่เกิดการแยกชั้นและไม่พบตะกอนอ่อน (curd) เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้มีรายงานว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์สองชนิดร่วมกันจะช่วยให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวดีกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดเดียว โดยควรผสมระหว่างอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB ต่ำ ซึ่งเป็นประเภทที่ละลายได้ดีในน้ำมัน และอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB สูง ซึ่งเป็นประเภทที่ละลายได้ดีในน้ำ [9] งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาผลของการใช้อิมัลซิไฟเออร์แบบผสมที่มีต่อความคงตัวของน้ำกะทิ จำรัส [10] รายงานว่าการเติม Tween 80 ร่วมกับ Span 85 (ค่า HLB รวมเท่ากับ 12.36) ในปริมาณร้อยละ 0.4 ในน้ำกะทิที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 14 ร่วมกับการโฮโมจีไนส์แบบขั้นเดียว (single stage) ที่ความดัน 2500 psi (17 MPa) พบว่าช่วยให้ผลิตภัณฑ์หลังผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง มีความคงตัวดี ไม่เกิดการแยกชั้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน ประสงค์ [11] พบว่าการเติม Tween 40 ร่วมกับ glycerol monostearate (GMS) ซึ่งให้ค่า HLB รวมเท่ากับ 14.5 ในปริมาณ 0.6%w/v หรือการเติม Tween 60 ร่วมกับ Span 80 ค่า HLB รวมเท่ากับ 14.5 เช่นเดียวกัน ในปริมาณ 0.5%w/v ร่วมกับการโฮโมจีไนส์แบบ 2 ขั้นตอน (two stage) ที่ความดัน 2500/500 psi (17/4 MPa) ช่วยให้ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิไขมันประมาณร้อยละ 14 หลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที มีลักษณะปรากฏที่ดี ไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน เมื่อเขย่าแล้วจะทำให้มีน้ำกะทิที่มีความคงตัวเช่นเดิม มีลักษณะเนื้อเนียน สี กลิ่น รสชาติที่ดี สำหรับการใส่สเตบิลไอเซอร์ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ นอกจากนี้มีงานวิจัยของ Srithunma [12] รายงานว่าการเติม CMC ร้อยละ 0.4 ร่วมกับ Montanox 60 ปริมาณร้อยละ 0.6 ทำให้น้ำกะทิที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 15-30 มีความคงตัวดี และเมื่อศึกษาผลของความดันในการโฮโมจีไนส์แบบ 2 ขั้นตอนคือ 4/4 7/4 และ 11/4 MPa พบว่าการใช้ความดันในการโฮโมจีไนส์ที่สภาวะ 11/4 MPa ทำให้น้ำกะทิมีค่าความหนืดปรากฏสูงสุด ซึ่งส่งผลให้น้ำกะทิมีค่า Consistency index (K) สูงสุดด้วย

น้ำกะทิสำเร็จรูปที่ผลิตจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของไขมันอยู่ประมาณร้อยละ 20 และมีแนวโน้มในการผลิตน้ำกะทิไขมันสูง เนื่องจากสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณของสารเพิ่มความคงตัวที่ใช้สำหรับผลิตน้ำกะทิสำเร็จรูปทั่วไปไม่สามารถทำให้น้ำกะทิไขมันสูงคงตัวได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษานิตและปริมาณสารเพิ่มความคงตัวที่มีผลต่อคุณภาพน้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋อง โดยตั้งสมมติฐานว่า คุณภาพของน้ำกะทิสำเร็จรูปบรรจุกระป๋องที่มีปริมาณไขมันเข้มข้น 30%w/v ขึ้นอยู่กับการใช้ CMC, Montanox 60, Montanox 60/Montanox 80 และ CMC : Montanox 60 ความเข้มข้น 0.2-1.0%w/v ร่วมกับการโฮโมจีไนส์แบบ 2 ขั้นตอนที่ความดัน 11/4 MPa (1500/500 psi) เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดสภาวะการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิไขมันสูงสำเร็จรูปที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคยิ่งขึ้น

## 2. อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำเนื้อมะพร้าวขูดคั้นแบบไม่เติมน้ำ ด้วยเครื่องคั้นน้ำกะทิแบบกึ่งอัตโนมัติ วิเคราะห์ปริมาณไขมันในน้ำกะทิเริ่มต้นโดยวิธี Rose-Gottlieb [13] จากนั้นปรับสัดส่วนของไขมันในน้ำกะทิด้วยน้ำกลั่นให้ได้สัดส่วนไขมันที่ระดับ 30%w/v แล้วเติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่างๆ ทั้งหมด 40 สภาวะการทดลอง ดังนี้

- caboxymethyl cellulose (CMC) เข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0%w/v
- Montanox 60 (polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate หรือ polysorbate 60 หรือ Tween 60) ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0%w/v
- Montanox 60 ร่วมกับ Montane 80 (sorbitan monooleate หรือ Span 80) ในอัตราส่วน 96:4 ส่วน เพื่อปรับค่า HLB ให้ได้ 14.5 [11] ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0%w/v
- CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วน 0.2:0.2, 0.2:0.4, 0.2:0.6, 0.2:0.8, 0.2:1.0, 0.4:0.2, 0.4:0.4, 0.4:0.6, 0.4:0.8, 0.4:1.0, 0.6:0.2, 0.6:0.4, 0.6:0.6, 0.6:0.8, 0.6:1.0, 0.8:0.2, 0.8:0.4, 0.8:0.6, 0.8:0.8, 0.8:1.0, 1.0:0.2, 1.0:0.4, 1.0:0.6, 1.0:0.8 และ 1.0:1.0%w/v

นำตัวอย่างที่เตรียมสารเพิ่มความคงตัวแล้วมาวนและให้ความร้อนด้วย stirrer hot plate (ยี่ห้อ Framo-Geratetechnik รุ่น M21/1 ประเทศเยอรมัน) จนอุณหภูมิถึง 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที แล้วโฮโมจิไนส์แบบ 2 ขั้นตอนด้วยเครื่องโฮโมจิไนส์ (ยี่ห้อ GEA รุ่น NS200 6L ประเทศอิตาลี) ที่ความดัน 11/4 MPa จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 60 นาที เพื่อให้ได้ค่า  $F_0$  เท่ากับ 5 นาที [3] วัดโดยชุดอุปกรณ์วัดค่า  $F_0$  (ยี่ห้อ ELLAB รุ่น CMC-821-UZ ประเทศเดนมาร์ก) ตั้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำไปวิเคราะห์คุณภาพต่อไป

## 2.2 การประเมินคุณภาพของน้ำกะทิหลังผ่านการฆ่าเชื้อ

ประเมินผลความคงตัวด้วยค่า Emulsion stability (ES) ของตัวอย่างบรรจุขวดแก้ว 400 มิลลิลิตร หลังนำไปให้ความร้อนด้วย Autoclave (ยี่ห้อ Becthai รุ่น HA-300D ประเทศญี่ปุ่น) แล้วตั้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 3 วัน [11] ซึ่งหาค่า ES จากการแยกชั้นเป็น 2 ส่วนของตัวอย่างน้ำกะทิคือ ส่วนของอิมัลชัน (emulsion phase) กับส่วนของน้ำ (aqueous phase) [14] ดังนั้นจึงคำนวณค่า ES จากสูตร

$$ES = \frac{\text{ความสูงของชั้นอิมัลชัน (emulsion phase)} \times 100\%}{\text{ความสูงของน้ำกะทิทั้งหมด}}$$

เลือกสภาวะการทดลองที่ให้ค่า Emulsion stability (ES) สูงกว่าร้อยละ 80 [15] มาทดสอบคุณภาพเพิ่มเติมคือ วิเคราะห์ร้อยละของการเกิดตะกอนอ่อน โดยกรองตัวอย่างด้วยตะแกรงกรองขนาด 100 mesh [8] เป็นเวลา 20 นาที โดย

$$\text{การเกิดตะกอนอ่อน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของตะกอนที่ไม่ผ่านตะแกรงกรอง} \times 100}{\text{น้ำหนักน้ำกะทิทั้งหมด}}$$

และทำการทดสอบสีด้วยเครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Juki รุ่น JP7100 ประเทศญี่ปุ่น) ควบคุมด้วย illuminant ชนิด Standard illuminant C โดยใช้ระบบ Hunter ( $L,a,b$ ) จากนั้นนำสภาวะการทดลองที่ไม่เกิดตะกอนอ่อนมาเปรียบเทียบกับน้ำกะทิสดและใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ โดยตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ตะกอนอ่อนและวัดสี เป็นตัวอย่างที่บรรจุกระป๋องขนาด 300 x 407 ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ให้ความร้อนด้วยหม้อฆ่าเชื้อแบบนิ่งแนวนอน (still retort) ขนาดบรรจุ 150 กระป๋อง

## 2.3 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา (storage test)

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำกะทิไขมันสูงในระหว่างการเก็บรักษา โดยนำตัวอย่างที่มีคุณภาพดีเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) จากนั้นเก็บตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลานาน 16 สัปดาห์ นำมาวิเคราะห์ค่า ES การเกิดตะกอนอ่อน และค่าสี ดังวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างข้างต้น

## 2.4 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ (complete randomize design, CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลแบบ One-way ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลทางสถิติโดยการทดสอบของ Tukey กำหนดให้มีความเสี่ยงในการเลือกสภาวะที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 95 ( $\alpha = 0.05$ )

# 3. ผลการทดลองและวิจารณ์

## 3.1 ผลการประเมินคุณภาพของน้ำกะทิล้างผ่านการฆ่าเชื้อ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของชนิดและปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์และสเตบิไลเซอร์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋องที่มีคุณภาพ โดยสังเกตจากลักษณะปรากฏของน้ำกะทิล้างผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง (commercial sterilization) ซึ่งใช้ค่า Emulsion stability, ร้อยละของการเกิดตะกอนอ่อน และสีของตัวอย่าง เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

### 3.1.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านความคงตัวของน้ำกะทิ (Emulsion Stability)

คุณภาพของน้ำกะทิสำเร็จรูปโดยทั่วไปมักพิจารณาจากความคงตัวเป็นสำคัญ ดังนั้นในการทดสอบเบื้องต้นจึงพิจารณาจากค่า Emulsion stability ของน้ำกะทิที่ผลิตจากสภาวะการทดลองต่างๆ ดังแสดงผลการศึกษาในตารางที่ 1 พบว่าน้ำกะทิสด แม้ผ่านการโฮโมจีไนส์แล้ว หากไม่เติมสารเพิ่มความคงตัว จะทำให้ตัวอย่างน้ำกะทิล้างผ่านการฆ่าเชื้อมีลักษณะเป็นก้อนและเกิดการแตกมันอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำกะทิที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จะทำให้โปรตีนในน้ำกะทิล้างเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) [3] จึงทำให้เกิดเป็นตะกอนอ่อนในตัวอย่างน้ำกะทิสด

โดยทั่วไป ระบบอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil-in-water) ควรมีค่า Emulsion stability (ES) สูงกว่าร้อยละ 80 [15] ผลการทดลองพบว่าสารสเตรียไลเซอร์คือ CMC มีผลต่อการเพิ่มความคงตัวของน้ำกะทิ โดยแปรผันตรงกับปริมาณ CMC ที่เติมลงไป เนื่องจาก CMC จะทำหน้าที่เพิ่มความหนืดให้ส่วนต่อเนื่อง (continuous phase) จึงป้องกันการเคลื่อนมารวมกันของเม็ดไขมันในน้ำกะทิ (flocculation) [6] งานวิจัยนี้พบว่า การเติม CMC ในปริมาณ 0.2-0.4%w/v ไม่เพียงพอในการต้านทานการรวมตัวของน้ำกะทิไขมันสูง ทำให้ค่า ES น้อยกว่าร้อยละ 80 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CMC เป็น 0.6%w/v ตัวอย่างหลังการฆ่าเชื้อมีความคงตัวดี และเมื่อเพิ่มปริมาณของ CMC เป็น 0.8-1.0%w/v พบว่าไม่สามารถวัดค่า ES ได้ เนื่องจากน้ำกะทิจะมีความหนืดมากเกินไปจนเปลี่ยนสภาพเป็นเจล ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า CMC ที่ระดับความเข้มข้น 0.6%w/v สามารถป้องกันการรวมตัวของเม็ดไขมันได้

Gonzalez และคณะ [1] แนะนำว่า สำหรับน้ำกะทิลำเร็จรูปทั่วไป (ไขมันประมาณร้อยละ 20) ควรเติม Tween 60 (Montanox 60) ในผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มความคงตัว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลของอิมัลซิไฟเออร์ชนิด Montanox 60 ที่มีค่า HLB เท่ากับ 14.9 ซึ่งผลการทดลองพบว่า ค่า ES จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ Montanox 60 ที่เติมในน้ำกะทิ อย่างไรก็ตาม การเติม Montanox 60 ในปริมาณ 0.2%w/v ไม่เพียงพอที่จะทำให้น้ำกะทิกเกิดความคงตัวที่ดี คือได้ค่า ES ต่ำกว่าร้อยละ 80 เมื่อเพิ่มปริมาณ Montanox 60 จะพบว่าค่า ES จะเพิ่มขึ้น คือปริมาณ Montanox 60 ตั้งแต่ 0.4-1.0%w/v ให้ค่า ES มากกว่าร้อยละ 80 จะเห็นได้ว่าปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ต้องเพียงพอที่จะยึดเกาะกับสัดส่วนของไขมันที่มีอยู่ในระบบอิมัลชันด้วย จึงจะทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัว ไม่เกิดการแยกชั้น

ได้มีการรายงานว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์แบบผสม ทำให้ระบบอิมัลชันมีความคงตัวดีกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดเดียว [9] สำหรับผลิตภัณฑ์น้ำกะทิ จำรัส [10] และ ประสงค์ [11] พบว่าการเติมอิมัลซิไฟเออร์แบบผสมสามารถทำให้น้ำกะทิลำเร็จรูปที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 14 มีคุณภาพดี ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของอิมัลซิไฟเออร์แบบผสมระหว่าง Montanox 60 กับ Montane 80 ในอัตราส่วน 96/4 เพื่อให้ได้ค่า HLB รวมเท่ากับ 14.5 [11] พบว่า การเติม Montanox 60/Montane 80 ให้ผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการใช้ Montanox 60 คือค่า ES เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ Montanox 60/Montane 80 ที่เติมลงไป ในน้ำกะทิ โดยที่ระดับความเข้มข้น 0.2%w/v ให้ค่า ES น้อยกว่าร้อยละ 80 และในปริมาณ 0.4-1.0%w/v ให้ค่า ES มากกว่าร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบค่า ES ของ Montanox 60 กับ Montanox 60/Montane 80 ในแต่ละความเข้มข้นมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากค่า HLB พบว่าอิมัลซิไฟเออร์แบบผสมระหว่าง Montanox 60/Montane 80 ที่มีค่า HLB เท่ากับ 14.5 กับ Montanox 60 เพียงชนิดเดียวมีค่า HLB เท่ากับ 14.9 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกัน ทำให้ความสามารถในการยึดเกาะกับน้ำมันและน้ำในน้ำกะทิของอิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 2 ชนิดใกล้เคียงกัน



ตารางที่ 1 ผลของสารเพิ่มความคงตัวต่อค่า Emulsion stability ของน้ำกะทิไขมันร้อยละ 30

ชนิดสารเพิ่มความคงตัว		ปริมาณที่ใช้ (%w/v)	Emulsion stability (%)
กะทิสด		-	มีลักษณะเป็นก้อนวัดไม่ได้
Stabilizer	CMC (100%)	0.2	66.62 ± 5.76 <sup>a</sup>
	CMC (100%)	0.4	73.84 ± 4.18 <sup>ab</sup>
	CMC (100%)	0.6	*80.15 ± 4.59 <sup>b</sup>
	CMC (100%)	0.8	มีลักษณะเป็นก้อนวัดไม่ได้
	CMC (100%)	1.0	มีลักษณะเป็นก้อนวัดไม่ได้
Emulsifier	Montanox 60 (100%)	0.2	74.25 ± 4.49 <sup>ab</sup>
	Montanox 60 (100%)	0.4	*88.37 ± 5.68 <sup>bc</sup>
	Montanox 60 (100%)	0.6	*97.94 ± 2.53 <sup>c</sup>
	Montanox 60 (100%)	0.8	100.00 ± 2.45 <sup>c</sup>
	Montanox 60 (100%)	1.0	*100.00 ± 1.57 <sup>c</sup>
Emulsifier แบบผสม	Montanox 60/Montane 80 (96:4)	0.2	73.98 ± 7.95 <sup>ab</sup>
	Montanox 60/Montane 80 (96:4)	0.4	*88.64 ± 5.00 <sup>bc</sup>
	Montanox 60/Montane 80 (96:4)	0.6	*98.25 ± 3.10 <sup>c</sup>
	Montanox 60/Montane 80 (96:4)	0.8	*100.00 ± 2.28 <sup>c</sup>
	Montanox 60/Montane 80 (96:4)	1.0	*100.00 ± 1.14 <sup>c</sup>
Stabilizer ผสมกับ Emulsifier	CMC : Montanox 60	0.2 : 0.2	68.31 ± 3.67 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.2 : 0.4	77.56 ± 6.63 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.2 : 0.6	*80.24 ± 5.58 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.2 : 0.8	*81.06 ± 3.11 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.2 : 1.0	*82.47 ± 3.53 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 0.2	70.00 ± 9.19 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 0.4	78.84 ± 5.65 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 0.6	*84.32 ± 6.36 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 0.8	*85.37 ± 4.95 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 1.0	*88.22 ± 4.24 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 0.2	73.50 ± 3.53 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 0.4	79.04 ± 6.36 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 0.6	*81.59 ± 4.07 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 0.8	*82.57 ± 4.94 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 1.0	*82.63 ± 2.65 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.8 : 0.2	72.57 ± 3.77 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.8 : 0.4	75.20 ± 2.99 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.8 : 0.6	76.12 ± 3.45 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.8 : 0.8	76.59 ± 7.57 <sup>ab</sup>
	CMC : Montanox 60	0.8 : 1.0	77.65 ± 6.11 <sup>ab</sup>
CMC : Montanox 60	1.0 : 0.2	67.33 ± 6.13 <sup>ab</sup>	
CMC : Montanox 60	1.0 : 0.4	68.50 ± 5.57 <sup>ab</sup>	
CMC : Montanox 60	1.0 : 0.6	69.25 ± 9.19 <sup>ab</sup>	
CMC : Montanox 60	1.0 : 0.8	73.81 ± 7.11 <sup>ab</sup>	
CMC : Montanox 60	1.0 : 1.0	76.33 ± 3.95 <sup>ab</sup>	

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันของค่า ES แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )



สำหรับผลการเติมสเตรปโตไมซินร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์คือ CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วนที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าความเข้มข้นของ CMC ช่วง 0.2-0.6%w/v ร่วมกับความเข้มข้นของ Montanox 60 ช่วง 0.6-1.0%w/v ทำให้ค่า ES ของน้ำกะทิมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 โดยที่ระดับความเข้มข้นของ CMC 0.8 และ 1.0%w/v แม้จะใช้ร่วมกับ Montanox 60 ก็ไม่สามารถทำให้น้ำกะทิมีค่า ES มากกว่าร้อยละ 80 ได้ แต่ยังให้ค่า ES สูงกว่าการเติม CMC เพียงชนิดเดียวอย่างชัดเจน ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของ CMC เท่ากับ 0.8-1.0%w/v ไม่สามารถวัดค่า ES ได้ เนื่องจากตัวอย่างน้ำกะทิมีความหนืดสูงจนมีลักษณะคล้ายเจล การเติม Montanox 60 ลงไป จะช่วยให้มีค่าแรงตึงผิวลดลง [6] จึงลดความหนืดของตัวอย่างน้ำกะทิ ดังนั้นน้ำกะทิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อนจึงไม่เป็นก้อน ทำให้สามารถวัดค่า ES ได้

### 3.1.2 ผลการประเมินการเกิดตะกอนอ่อน (% curding)

การทดลองในขั้นตอนต่อมาได้ทำการเลือกสภาวะการทดลองที่ให้ค่า ES สูงกว่าร้อยละ 80 มาศึกษาในขั้นต่อไป (ตามเครื่องหมาย \* ดังแสดงในตารางที่ 1) โดยนำตัวอย่างไปทดสอบเพิ่มเติมคือ วิเคราะห์ร้อยละของการเกิดตะกอนอ่อน ซึ่งบ่งบอกถึงลักษณะการเป็นของเหลวโดยไม่มีตะกอนเกิดขึ้นในน้ำกะทิหลังผ่านกระบวนการให้ความร้อน [8] และทดสอบสีของตัวอย่าง ดังแสดงผลในตารางที่ 2

น้ำกะทิเป็นอาหารจำพวกมีความเป็นกรดต่ำ ดังนั้นจึงต้องใช้การฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิสูง ซึ่งการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้โปรตีนในน้ำกะทิเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ เกิดเป็นตะกอนขึ้นในผลิตภัณฑ์ [3] เมื่อเติมสเตรปโตไมซินคือ CMC ซึ่งมีหน้าที่เป็นเพียงสารเพิ่มความหนืดทำให้น้ำกะทิ จึงช่วยป้องกันการตกตะกอนของโปรตีนที่เสียสภาพ [7] [14] จากการทดลองพบว่าตัวอย่างที่เติม CMC เข้มข้น 0.6%w/v มีการตรวจพบตะกอนอ่อนที่มีลักษณะยึดหยุ่นขนาดเล็ก ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนของเหลวเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2 ผลของปริมาณสารเพิ่มความคงตัวชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพของน้ำกะทิไขมันสูงร้อยละ 30

ชนิดสารเพิ่มความคงตัว		ปริมาณ (%w/v)	การเกิดตะกอน อ่อน (%)	สีของตัวอย่าง		
				ค่า <i>L</i>	ค่า <i>b</i>	<i>L/b</i>
กะทิสด		-	0.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	77.92 ± 1.31	4.85 ± 0.76	16.07 <sup>bc</sup>
Stabilizer	CMC	0.60	55.34 ± 7.95 <sup>f</sup>	69.53 ± 1.77	6.44 ± 1.00	10.79 <sup>a</sup>
	Montanox 60	0.40	6.79 ± 2.53 <sup>ab</sup>	76.64 ± 1.56	4.56 ± 0.99	16.81 <sup>cd</sup>
Emulsifier	Montanox 60	0.60	0.00 ± 1.82 <sup>a</sup>	77.89 ± 2.82	4.42 ± 1.10	17.62 <sup>d</sup>
	Montanox 60	0.80	12.84 ± 3.67 <sup>bc</sup>	78.71 ± 1.86	4.28 ± 0.84	18.39 <sup>e</sup>
	Montanox 60	1.00	37.85 ± 3.10 <sup>e</sup>	78.74 ± 1.99	4.22 ± 1.14	18.66 <sup>e</sup>
	Montanox 60	0.40	5.04 ± 1.56 <sup>ab</sup>	77.64 ± 1.01	4.55 ± 1.19	17.06 <sup>cd</sup>
Emulsifier ผสมผสม	Montanox 60/Montane 80	0.60	0.00 ± 1.24 <sup>a</sup>	78.15 ± 2.18	4.53 ± 0.95	17.25 <sup>cd</sup>
	Montanox 60/Montane 80	0.80	8.25 ± 2.57 <sup>b</sup>	78.80 ± 1.75	4.01 ± 0.65	19.47 <sup>f</sup>
	Montanox 60/Montane 80	1.00	18.91 ± 4.49 <sup>c</sup>	79.34 ± 1.49	3.84 ± 1.31	20.66 <sup>g</sup>
	Montanox 60/Montane 80	0.40	6.51 ± 1.11 <sup>ab</sup>	78.55 ± 2.53	4.78 ± 1.45	16.43 <sup>c</sup>
Stabilizer ผสมกับ Emulsifier	CMC : Montanox 60	0.2 : 0.6	6.02 ± 1.92 <sup>ab</sup>	77.98 ± 2.82	4.64 ± 1.36	16.80 <sup>cd</sup>
	CMC : Montanox 60	0.2 : 1.0	27.83 ± 5.58 <sup>d</sup>	78.15 ± 1.94	4.37 ± 1.07	17.83 <sup>de</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 0.6	0.00 ± 0.98 <sup>a</sup>	77.69 ± 2.24	4.94 ± 0.95	15.73 <sup>b</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 0.8	8.76 ± 2.95 <sup>b</sup>	77.83 ± 1.95	4.86 ± 1.36	16.01 <sup>bc</sup>
	CMC : Montanox 60	0.4 : 1.0	9.86 ± 3.67 <sup>b</sup>	78.70 ± 3.10	4.73 ± 1.28	16.64 <sup>cd</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 0.6	0.00 ± 1.02 <sup>a</sup>	78.99 ± 2.68	4.91 ± 0.91	16.08 <sup>bc</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 0.8	7.03 ± 1.33 <sup>b</sup>	77.89 ± 3.11	4.79 ± 0.84	16.26 <sup>bc</sup>
	CMC : Montanox 60	0.6 : 1.0	11.42 ± 2.10 <sup>bc</sup>	77.71 ± 1.54	4.74 ± 1.11	16.29 <sup>bc</sup>
	CMC : Montanox 60	0.2 : 0.8	6.51 ± 1.11 <sup>ab</sup>	78.55 ± 2.53	4.78 ± 1.45	16.43 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันของค่า *L/b* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

โดยทั่วไปนอกจาก Montanox 60 จะทำหน้าที่ยึดเกาะกับน้ำมันและน้ำในระบบอิมัลชันให้เกิดความคงตัวแล้ว ยังสามารถเกิดพันธะกับองค์ประกอบอย่างอื่นในน้ำกะทิได้ รวมถึงสามารถยึดเกาะกับโปรตีนที่เสถียรภาพให้แขวนลอยอยู่ได้ในผลิตภัณฑ์ [7] อย่างไรก็ตามต้องเติมอิมัลซิไฟเออร์ในปริมาณที่เพียงพอในการแขวนลอยโปรตีนที่เสถียรภาพ ในน้ำกะทิได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีการตรวจพบตะกอนอ่อนในตัวอย่างที่เติม Montanox 60 เข้มข้น 0.4% w/v แต่ไม่พบตะกอนอ่อนในตัวอย่างที่เติม Montanox 60 ปริมาณ 0.6%w/v แต่เมื่อเติมระดับความเข้มข้นของ Montanox 60 เท่ากับ 0.8-1.0%w/v พบตะกอนอ่อนเพิ่มขึ้นตามปริมาณ Montanox 60 ที่เติมลงไป โดยลักษณะของตะกอนอ่อนที่เกิดขึ้นอาจเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์คือ Montanox 60 ส่วนเกินที่ไม่เกิดพันธะกับสารใดๆ ในน้ำกะทิ

สำหรับผลการตรวจวัดตะกอนอ่อนในตัวอย่างที่เติมอิมัลซิไฟเออร์แบบผสมชนิด Montanox 60/Montane 80 พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับการเติม Montanox 60 เพียงชนิดเดียว โดยไม่พบตะกอนอ่อนในตัวอย่างที่เติม Montanox 60 ในปริมาณ 0.6%w/v ส่วนการเติมในปริมาณที่น้อยเกินไปคือ 0.4%w/v และมากเกินไปคือ 0.8-1.0%w/v จะพบตะกอนอ่อนเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตาม ร้อยละของการเกิดตะกอนอ่อนของสารผสม Montanox 60/Montane 80 ที่ความเข้มข้น 0.8-1.0%w/v จะน้อยกว่าการเติม Montanox 60 เพียงชนิดเดียว อย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์แบบผสมที่ได้จากการนำอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB สูง ละลายได้ดีในน้ำ (Montanox 60) และอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB ต่ำละลายได้ดีในน้ำมัน (Montane 80) มาผสมกันในอัตราส่วน 96:4 ทำให้การเกิดพันธะกับองค์ประกอบในน้ำจะมีความแข็งแรงกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์เพียงชนิดเดียว [11] ดังนั้นตัวอย่างน้ำกะทิที่เติมอิมัลซิไฟเออร์แบบผสมคือ Montanox 60/Montane 80 จึงตรวจพบปริมาณตะกอนอ่อนน้อยกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดเดียวคือ Montanox 60 เมื่อเติมในปริมาณที่เท่ากัน

ผลการเติม CMC ร่วมกับ Montanox 60 พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของ CMC เดียวกัน ปริมาณตะกอนอ่อนที่ตรวจพบจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ Montanox 60 ที่เติมลงไป เนื่องจากปริมาณของ Montanox 60 ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นส่วนเกินที่ไม่เกิดพันธะกับสารใดๆ กลายเป็นตะกอนอ่อนในตัวอย่างน้ำกะทิ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเติม CMC หรือ Montanox 60 เพียงชนิดเดียว ณ ปริมาณความเข้มข้นเดียวกัน พบว่า การเติม CMC ร่วมกับ Montanox 60 มีผลทำให้ตะกอนอ่อนที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) เนื่องจาก CMC ทำหน้าที่เพิ่มความหนืดให้กับตัวอย่างน้ำกะทิ จึงช่วยต้านทานการเกิดตะกอนอ่อนของ Montanox 60 ส่วนเกินที่เติมในน้ำกะทิ

### 3.1.3 ผลการประเมินค่าสีของน้ำกะทิ

โดยทั่วไปลักษณะน้ำกะทิลำเร็จรูปที่ดีควรมีสีใกล้เคียงกับสีของน้ำกะทิสด [2] ซึ่งหมายถึงสีของน้ำกะทิสดควรมีค่า  $L$  สูง และค่า  $b$  ต่ำ ดังนั้นการอธิบายโดยใช้สัดส่วนของค่า  $L/b$  จึงเป็นค่าที่บอกลักษณะของสีน้ำกะทิที่ชัดเจน ซึ่งผลการวัดสีแสดงดังตารางที่ 2 จากการวัดสีของน้ำกะทิสดพบว่า มีสัดส่วนค่า  $L/b$  เท่ากับ 16.07 ผลการเติม CMC พบว่าน้ำกะทิบรรจุกระป๋องหลังผ่านการฆ่าเชื้อมีสีค่อนข้างเหลือง ส้มเกิดได้จากค่า  $b$  เพิ่มขึ้น และค่า  $L$  ลดลง จึงทำให้สัดส่วน  $L/b$  มีค่าต่ำกว่าสีของน้ำกะทิสดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) สำหรับผลการเติม Montanox 60 ทำให้ค่า  $L/b$  สูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ Montanox 60 โดยความเข้มข้นของ Montanox 60 เพิ่มขึ้นทำให้ค่า  $L$  จะสูงขึ้น แต่ค่า  $b$  ลดลง สัดส่วนของค่า  $L/b$  จึงแปรผันตรงกับปริมาณ Montanox 60 ที่เติมลงไป ในผลิตภัณฑ์ และผลการเติม Montanox 60/Montane 80 พบว่าค่า  $L/b$  มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการเติม Montanox 60 เพียงชนิดเดียว ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสีของน้ำกะทิที่เติม Montanox 60 และ Montanox 60/Montane 80 พบว่ามีค่า  $L/b$  สูงกว่าการเติมสารเพิ่มความคงตัวชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากตัวอย่างที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ทั้งสองชนิด มีความคงตัวสูงเมื่อพิจารณาจากค่า ES สูง (แสดงในตารางที่ 1) คือสามารถแขวนลอยองค์ประกอบในน้ำกะทิได้ดี ทำให้เกิดความเป็นอิมัลชันสูง จึงสามารถสะท้อนแสงได้มากขึ้น เมื่อทดสอบสีของตัวอย่างจึงมีค่า  $L$  สูง ค่า  $b$  ต่ำ ในขณะที่ตัวอย่างที่เติม CMC อย่างเดียว ไม่สามารถแขวนลอยองค์ประกอบน้ำกะทิได้ทั้งหมด มีค่า ES ต่ำกว่า จึงทำให้การสะท้อนแสงของตัวอย่างเกิดขึ้นน้อยกว่า ตัวอย่างจึงมีสีค่อนข้างเหลือง แต่เมื่อพิจารณาค่าสีของน้ำกะทิที่ผ่านการเติม CMC ร่วมกับ Montanox 60 พบว่าค่า  $L$  ของน้ำกะทิตัวอย่างไม่ต่างกับค่า  $L$  ของน้ำกะทิที่ผ่านการเติมเฉพาะ CMC เพียงชนิดเดียว ณ ระดับความเข้มข้นของ CMC ระดับเดียวกัน

แต่ค่า  $b$  ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) ทั้งนี้เนื่องจาก Montanox 60 มีผลในการช่วยให้สีของน้ำกะทิดีขึ้น โดยการลดลงของค่า  $b$  แปรผกผันกับปริมาณ Montanox 60 ที่เติมลงไป ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ผลของค่าสีในรูปแบบของ  $L/b$  แล้วจึงทำให้ค่า  $L/b$  มีความแตกต่างอย่างชัดเจน

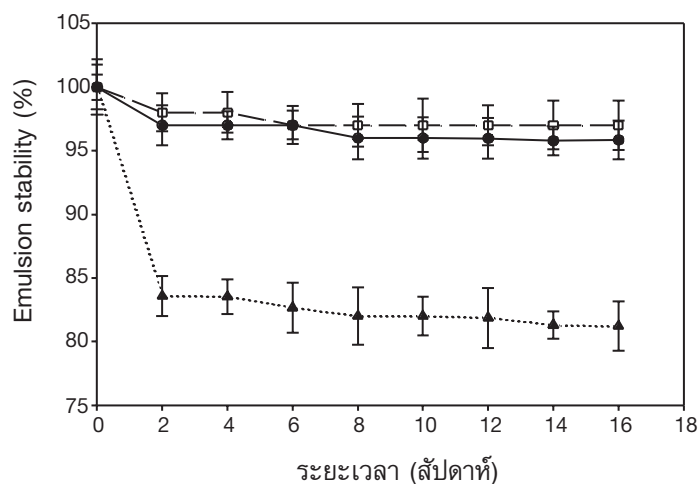
### 3.2 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา (storage test)

ผลของข้อมูลในตารางที่ 1 และ 2 นำไปสู่การตัดสินใจเลือกสภาวะสำหรับผลิตน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง โดยพิจารณาจากค่า Emulsion stability (ES) ต้องสูงกว่าร้อยละ 80 ไม่เกิดตะกอนอ่อนขึ้นในผลิตภัณฑ์ และค่าสีต้องมีค่าไม่น้อยกว่าค่า  $L/b$  ของน้ำกะทิสด ซึ่งพบว่าการใช้ Montanox 60 ปริมาณ 0.6%w/v, Montanox 60/Montanox 80 ในปริมาณ 0.6%w/v และ CMC : Montanox 60 อัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v ทำให้น้ำกะทิบรรจุกระป๋องหลังผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อมีคุณภาพดีผ่านเกณฑ์ดังกล่าว เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำกะทิบรรจุกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา จึงได้นำตัวอย่างน้ำกะทิบรรจุกระป๋องที่ผ่านกระบวนการผลิตข้างต้น 3 สภาวะ มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลานาน 16 สัปดาห์ ดังผลการทดลองในรูปแบบที่ 1 พบว่าค่า Emulsion stability (ES) ของทุกตัวอย่างมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 2 สัปดาห์แรก โดยค่า ES ของ Montanox 60 เข้มข้น 0.6%w/v และ Montanox 60/Montanox 80 เข้มข้น 0.6%w/v มีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกันคือค่า ES ลดลงเหลือร้อยละ 97 ในขณะที่ค่า ES ของน้ำกะทิที่เติม CMC : Montanox 60 อัตราส่วน 0.6 : 0.6 %w/v มีการลดลงอย่างมาก โดยค่า ES วัดได้เพียงร้อยละ 83 หลังจากนั้นค่า ES มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่า ES ของทุกตัวอย่างยังคงสูงกว่าร้อยละ 80 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐาน ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อเขย่าจะได้น้ำกะทิที่มีเนื้อเนียนเข้ากันดี ซึ่งถือได้ว่าน้ำกะทิที่เตรียมจากทั้ง 3 สภาวะ เป็นระบบอิมัลชันที่มีความคงตัวที่ดี ดังแสดงในรูปแบบที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบค่า ES กับตัวอย่างน้ำกะทิในตารางที่ 1 ที่สภาวะการทดลองเดียวกัน ซึ่งทำการวัดค่า ES หลังจากเก็บตัวอย่างไว้นาน 3 วัน พบว่าค่า ES ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แสดงว่าค่า ES จะลดลงภายใน 3 วันแรก แต่การเปลี่ยนแปลงหลังจากนั้นจะลดลงน้อยมาก ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของประสงค์ [11] ที่ทำการศึกษาความคงตัวของน้ำกะทิไขมันร้อยละ 14 พบว่าตัวอย่างที่เติม Tween 40 ร่วมกับ glycerol monostearate (GMS) ซึ่งให้ค่า HLB รวมเท่ากับ 14.5 ในปริมาณ 0.6%w/v หรือเติม Tween 60 ร่วมกับ Span 80 ค่า HLB รวมเท่ากับ 14.5 เช่นเดียวกัน ในปริมาณ 0.5%w/v ร่วมกับการโฮโมจิไนส์แบบ 2 ชั้น (two stage) ที่ความดัน 2500/500 psi (17/4 MPa) มีลักษณะปรากฏที่ดีคือ ไม่เกิดการแยกชั้นเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน

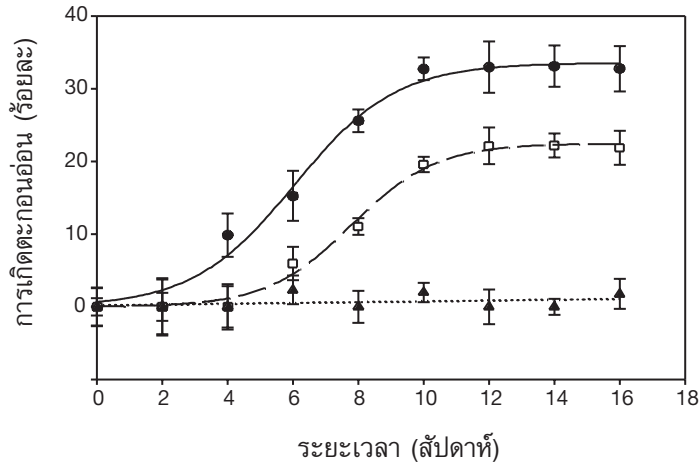
สำหรับการติดตามการเกิดตะกอนอ่อนในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิในรูปแบบที่ 2 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปประมาณ 2 สัปดาห์ มีตะกอนอ่อนเกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ที่เติม Montanox 60 ความเข้มข้น 0.6%w/v, Montanox 60/Montanox 80 เข้มข้น 0.6%w/v โดยปริมาณตะกอนอ่อนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงประมาณสัปดาห์ที่ร้อยละ 12 จึงเริ่มคงที่ โดยการเติม Montanox 60 พบปริมาณตะกอนอ่อนคงที่เท่ากับร้อยละ 32 ซึ่งมากกว่าการเติม Montanox 60/Montanox 80 ซึ่งพบปริมาณตะกอนอ่อนเพียงร้อยละ 20 ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนในน้ำกะทิที่เสียสภาพสามารถแขวนลอยได้โดยการเติมอิมัลซิไฟเออร์ในปริมาณที่เหมาะสมแต่เมื่อเวลาผ่านไปโปรตีนที่เสียสภาพนั้นอาจเกิดเคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากขึ้น เกิดการรวมตัวกันเป็นตะกอนอ่อนขึ้นภายหลัง ซึ่งผลการทดลองที่ได้จากตัวอย่างน้ำกะทิที่มีการเติม CMC : Montanox 60 อัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v พบการเกิดตะกอนอ่อนน้อยมาก โดยในระยะเวลา 6 สัปดาห์แรกไม่พบการเกิดตะกอนอ่อน และมีตะกอนอ่อนเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยคือ 3-4%w/w เมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจาก CMC ที่เติมไปจะทำหน้าที่เสริม

กับ Montanox 60 คือช่วยเพิ่มความหนืดให้น้ำกะทิทำให้โปรตีนที่เสียดสภาพแขวนลอยอยู่ในผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดตะกอนในผลิตภัณฑ์น้ำกะทิเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

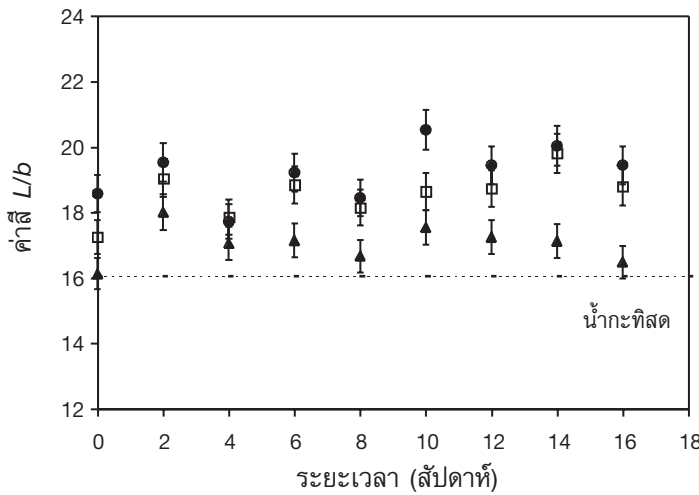
สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ตามรูปที่ 3 เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ แล้วนำค่าสีของตัวอย่างเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำกะทิสด พบว่าค่า  $L$  ของตัวอย่างน้ำกะทิทั้ง 3 สภาวะ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่า  $b$  ของตัวอย่างที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ทั้ง 2 ชนิดคือ Montanox 60 ในปริมาณ 0.6%w/v และ Montanox 60/Montane 80 ในปริมาณ 0.6%w/v มีค่าน้อยกว่าค่า  $b$  ของตัวอย่างที่เติม CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v จึงทำให้ค่า  $L/b$  ของน้ำกะทิตัวอย่างที่เติมอิมัลซิไฟเออร์แบบชนิดเดียวและชนิดผสม มีค่าเริ่มต้นสูงกว่าตัวอย่างน้ำกะทิที่เติม CMC : Montanox 60 โดยที่สีของตัวอย่างน้ำกะทิที่เติมสารเพิ่มความคงตัวต่างกันทั้ง 3 ชนิด มีค่า  $L$  และค่า  $b$  ไม่เปลี่ยนแปลงจากค่าสีเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ ตลอดระยะเวลาการเก็บ 16 สัปดาห์ จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ค่า  $L/b$  ของตัวอย่างน้ำกะทิที่เติม Montanox 60 ในปริมาณ 0.6%w/v และเติม Montanox 60/Montane 80 ปริมาณ 0.6%w/v ยังคงมีค่าสีสูงกว่าค่า  $L/b$  ของน้ำกะทิสด ส่วนค่า  $L/b$  ของน้ำกะทิที่เติม CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วน 0.6:0.6%w/v มีค่า  $L/b$  ไม่แตกต่างจากค่า  $L/b$  ของน้ำกะทิสดอย่างมีนัยสำคัญ ( $p>0.05$ ) ซึ่งถือว่าเป็นค่าสีที่สามารถยอมรับได้ [2]



**รูปที่ 1** ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Emulsion stability (%ES) ของน้ำกะทิบรรจุกระป๋องเติมสารเพิ่มความคงตัว และเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส [Montanox 60 เข้มข้น 0.6%w/v (●) Montanox 60/Montane 80 เข้มข้น 0.6%w/v (▲) CMC : Montanox 60 อัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v (□)]



**รูปที่ 2** ความสัมพันธ์ของการเกิดตะกอนอ่อน (ร้อยละ) ของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเพิ่มความคงตัว และเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส [Montanox 60 เข้มข้น 0.6%w/v (●) Montanox 60/Montane 80 เข้มข้น 0.6%w/v (▲) CMC : Montanox 60 อัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v (□)]



**รูปที่ 3** ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนค่า (L/b) ของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง เติมน้ำเพิ่มความคงตัว และเวลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส [Montanox 60 เข้มข้น 0.6%w/v (●) Montanox 60/Montane 80 เข้มข้น 0.6%w/v (▲) CMC : Montanox 60 อัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v (□)]

## 5. สรุปผลการทดลอง

การทดสอบค่า Emulsion stability (ES) พบว่า การเติม Montanox 60 กับ Montanox 60/Montane 80 ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันคือ ค่า ES จะสูงขึ้นตามปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลการเติม CMC ร่วมกับ Montanox 60 จะทำให้ค่า ES ของตัวอย่างสูงกว่าการเติมเพียง CMC อย่างเดียว การเกิดตะกอนอ่อนสำหรับการเติม CMC ร่วมกับ Montanox 60 จะช่วยลดปริมาณตะกอนอ่อนในน้ำกะทิได้ดีกว่าการเติม CMC หรือ Montanox 60 หรือ Montanox 60/Montane 80 เพียงชนิดเดียว และค่าสีของตัวอย่างที่เติมอิมัลซิไฟเออร์ทั้ง Montanox 60 และ Montanox 60/Montane 80 มีค่าแปรผันตรงกับปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ที่เพิ่มขึ้น โดยให้ค่า  $L/b$  สูงกว่าน้ำกะทิที่ใช้ Montanox 60 ร่วมกับ CMC และเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋องที่มีคุณภาพดีเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า การใช้สารเพิ่มความคงตัวชนิด CMC : Montanox 60 ในอัตราส่วน 0.6 : 0.6%w/v ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิไขมันสูงบรรจุกระป๋องที่มีคุณภาพที่ดี

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนอุดหนุนวิจัยครั้งนี้ และบริษัท อติเนฟ จำกัด ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์สารเพิ่มความคงตัวคือ Montanox 60 (polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate) และ Montane 80 (sorbitan monooleate) เพื่อใช้ในงานวิจัย

## 7. เอกสารอ้างอิง

1. Gonzalez, O. N., de Leon, S. Y., and Sanchez, P. C., 1990, *Coconut as Food*, Philippines Coconut Research and Development Foundation Inc, pp. 13 - 40.
2. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, มอก.00582-2528, *มาตรฐานกะทิสำเร็จรูป*, กรุงเทพมหานคร, 11 หน้า.
3. Seow, C. C. and Gwee, C. N., 1997, "Review, Coconut Milk : Chemistry and Technogy," *International Journal of Science and Technology*, Vol. 32, No. 3, pp. 189 - 201.
4. Guinee, P. T., Auty, A. E., and Fenelon, A., 2000, "The Effect of Fat Content on Rheology, Microstructure and Heat - Induced Functional Characteristics of Cheddar Cheese," *International Dairy Journal*, Vol. 10, pp. 277 - 288.
5. Shaker, R. R., Jumah, R. Y., and Jdayil, B. A., 2000, "Rheological Properties of Plain Yogurt during Coagulation Process : Impact of Fat Content and Preheat Treatment of Milk," *Journal of Food Engineering*, Vol. 44, pp. 175 - 180.



6. McClements, D. J., 1999, *Food Emulsions : Principles, Practice, and Techniques*, CRC Press LLC, Florida pp. 161-265.
7. Branen, A. L., Davison, P. M., and Salminen, S., 2002, *Food Additives*, Marcel Dekker, New York, 983 p.
8. กรพกา อรรถนิตย์, 2539, *การผลิตน้ำกะทิคั้นรูปแปลงไขมันบางส่วนด้วยน้ำมันพืชบรรจุกระป๋อง*, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร, 92 หน้า.
9. เทวี โพธิผละ, 2536, *การใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food Additive Selection)*, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพมหานคร, 163 หน้า.
10. จำรัส วัฒนศรีสิน, 2529, *ผลของการให้ความร้อน การไฮโมจิไนส์และอิมัลซิไฟเออร์ต่อความคงตัวของน้ำกะทิสำเร็จรูป*, เทคนิควิจัย ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร, 31 หน้า.
11. ประสงค์ พุ่งแก้ว, 2531, *การใช้อิมัลซิไฟเออร์และกัมในการรักษาความคงตัวของน้ำกะทิบรรจุกระป๋อง*, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การอาหาร) คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร, 73 หน้า.
12. Srithunma, S., 2002, *Effects Fat Content and Homogenization Pressure on Apparent Viscosity of Coconut Milk*, Thesis for the Master's Degree of Food Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi, 42 p.
13. Association of Official Analytical Chemistry (AOAC), 1990, *Official Method of Analysis*, 15<sup>th</sup> ed., The Association of Official Agricultural Chemists, Virginia.
14. Rydhag, L. and Wilton, I., 1981, "The Function of Phospholipids of Soybean Lecithin in Emulsions," *Journal of Animal Oil Chemistry Society*, Vol. 58, pp. 830 - 837.
15. Prieke, P. E., Wei, L. S., Nelson, A. I., and Steinberg, M. P., 1980, "Suspension Stability of Illinois Soybean Beverage," *Journal of Food Science*, Vol. 45, pp. 242 - 245.