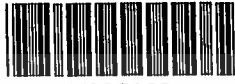


**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

การศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

Study on the factors that effect activity and stability of soy protein isolate emulsion



T096663

นางสาวฐิติมา อรุณย์ศักดิ์  
นางสาววณิภา พิงนุสนธิ์

ฟ.พ.  
ค 351ก  
2546

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....96663

วัน,เดือน,ปี..... 4 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง  
(Study on the factors that effect activity and stability of soy protein isolate emulsion )

โดย

นางสาวฐิติมา อนุรักษศักดิ์

รหัสประจำตัว

42040151

นางสาววนิดา พึ่งนุสนธิ์

รหัสประจำตัว

42040163

ได้รับการพิจารณาจาก

..... 20 / 1 / 25 46 ..... อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(อาจารย์ยุพร พิชกมุทร)

โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

.....  
(ผศ.ดร. ระติพร หาเรือนกิจ)

รักษาการคณบดีโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นางสาว จุติมา อนุรักษ์ศักดิ์ และ นางสาววนิดา พึ่งนุสนธิ์ . การศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ( Study on the factors that effect activity and stability of soy protein isolate emulsion ) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะโครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง .  
 อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ยุพร พิษกมูทร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ชมพูนุช สิทธิโสภณ และ อาจารย์ปรียาพร เขียวจำ . 26 หน้า .

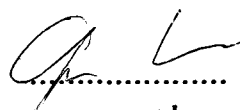
SPI เป็นโปรตีนที่สกัดจากถั่วเหลือง สามารถใช้แทนเนื้อสัตว์โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เป็น ส่วนผสมของอาหาร เพื่อให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น ในที่นี้ได้ทำการศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง โดยที่ปัจจัยดังกล่าวคือ ไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ คาราจีแนน แชนแทน กัม และ อัลจิเนต เกลือ และ pH

ความเข้มข้นของ คาราจีแนน แชนแทน กัม และอัลจิเนตที่ใช้ เท่ากับ 0.25% 0.5% และ 1% โคนเติมลงในอิมัลชันที่เตรียมจากสารละลาย Soy protein isolate ที่มีความเข้มข้น 0.5% (pH 7.4) นำมาคิอิมัลชันกับน้ำมันถั่วเหลืองที่อัตราส่วน สารละลายโปรตีน : น้ำมันถั่วเหลือง เท่ากับ 9 : 1 แล้วนำมาทำการวัดค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability แล้ววิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าคาราจีแนนที่ความเข้มข้น 0.5% ได้ลักษณะของอิมัลชันที่ดี มีค่า Emulsion Activity สูงกว่าไฮโดรคอลลอยด์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาผลของเกลือที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง โดยทำการศึกษาเกลือที่ความเข้มข้น 0% 0.5% 1% และ 1.5% ปรากฏว่าที่ความเข้มข้น 0% และ 1% ให้ลักษณะอิมัลชันที่ดี และจากค่า Emulsion Activity ควรเติมเกลือที่ความเข้มข้นต่ำกว่า 0.5% ส่วนผลของ pH ที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง โดยทำการศึกษาที่ pH 3 5 7.4 9 และ 11 ปรากฏว่าที่ pH 7.4 และ pH 9 ให้ลักษณะอิมัลชันที่ดี

ผู้ศึกษา.....อนุรักษ์ศักดิ์

วนิดา.....พึ่งนุสนธิ์

ลายมือชื่อนักศึกษา



ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

...20...ปี...46....

วัน เดือน ปี

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับคำแนะนำจาก ดร. ยุพร พิษกมฺพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษของคณะผู้จัดทำ ที่กรุณาชี้แนะแนวทางในการค้นคว้าข้อมูล การทำการทดลอง ตอบปัญหาที่สงสัย ฝึกให้คณะผู้จัดทำรู้จักการคิดและการวางแผนที่เป็นระบบ ตลอดจนแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณ พี่ณัชชา พี่สันติธรรมที่ให้คำปรึกษาที่ดี รวมทั้งพี่ที่ห้องปฏิบัติการที่ให้ความสะดวกในการยืมของ และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนๆทุกคน ที่ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 อิมัลชัน	3
2.2 การเกิดอิมัลชัน	3
2.3 สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน	3
2.4 ความคงตัวของอิมัลชัน	4
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชัน	4
2.5.1 ความเข้มข้นของโปรตีน	4
2.5.2 ความเป็นกรด – ด่าง	4
2.5.3 ความแรงของประจุ	5
2.5.4 การให้ความร้อน	5
2.6 วิธีการวัดคุณสมบัติในการเกิดอิมัลชัน	5
2.6.1 การวัดขนาดเม็ดไขมัน	6
2.6.2 Emulsion Activity	6
2.6.3 Emulsion Capacity	6
2.6.4 Emulsion Stability	6
2.7 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	7
2.8 ไฮโดรคอลลอยด์	8
2.8.1 แคปลา – คาร์ราจีแนน	8
2.8.2 อัลจิเนต	9
2.8.3 แซนแทนกัม	9
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	หน้า
3. วิธีดำเนินการทดลอง	11
3.1 วัตถุประสงค์	11
3.1.1 โพรตีนสกัดจากถั่วเหลือง Supro EX 33	11
3.1.2 ไฮโดรคอลลอยด์	11
3.1.3 สารเคมี	11
3.2 อุปกรณ์	11
3.3 สถานที่ทดลอง	12
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	12
3.4.1 ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	12
3.4.2 ศึกษาผลของเกลือที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	16
3.4.3 ศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	16
4. ผลการทดลอง	17
4.1 ผลการศึกษาของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	17
4.2 ผลการศึกษาของเกลือที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	18
4.3 ผลการศึกษาของ pH ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง	19
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง	21
5.2 ข้อเสนอแนะ	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	23
ประวัติผู้เขียน	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. องค์ประกอบของ Soy Protein Isolate	8
2. แสดงลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ	17
3. แสดงค่า Emulsion Activity	17
4. แสดงค่า Emulsion Stability	18
5. แสดงลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่เติมเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ	18
6. แสดงค่า Emulsion Activity	19
7. แสดงค่า Emulsion Stability	19
8. แสดงลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่ pH ต่างๆ	19
9. แสดงค่า Emulsion Activity	20
10. แสดงค่า Emulsion Stability	20



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ขั้นตอนการตีอิมัลชัน	13
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ( Emulsion Activity )	14
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ความคงตัวของอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง( Emulsion Stability )	15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 บทนำ

ในปัจจุบันความนิยมในการนำโปรตีนจากพืชมาใช้เป็นส่วนผสมของอาหารมีมากขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนจากถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองมีโปรตีนใกล้เคียงกับโปรตีนจากเนื้อสัตว์ แต่มีราคาถูกกว่า จึงมีการนำมาใช้แทนในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อสัตว์ เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต อีกทั้งยังเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ ลดการหดตัวของผลิตภัณฑ์ระหว่างการให้ความร้อน และยังทำให้อิมัลชันคงตัวมากขึ้น นอกจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แล้ว ยังสามารถพัฒนาไปใช้ในผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีกด้วย (Zayas, 1997)

โปรตีนจากถั่วเหลือง ที่สำคัญตัวหนึ่งคือ Soy Protein Isolate ซึ่งเป็นโปรตีนที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื่องจากมีโปรตีนสูงถึง 90% สามารถใช้แทนเนื้อสัตว์ได้ แต่ส่วนมากนิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร เพื่อทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชัน ประกอบไปด้วยหลายปัจจัย เช่น ไฮโดรคอลลอยด์ เกลือ และ pH เป็นต้น โดยที่ไฮโดรคอลลอยด์มีคุณสมบัติในการเพิ่มความหนืดของเฟสเคลื่อนที่ (continuous phase) ของอิมัลชัน ทำให้เฟสกระจาย (dispersed phase) ลดการเคลื่อนที่เข้ามารวมกัน ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น โดยไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และกลไกการทำงานแตกต่างกันขึ้นกับโครงสร้างและสภาวะการใช้งานที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ (Zayas, 1997)

เกลือ มีผลต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชัน โดยจะทำให้ electrostatic interaction ลดลงและมีผลกับการกระจายตัวของโปรตีนและการคลายตัวของโมเลกุลของโปรตีนที่ผิวสัมผัสของเม็ดไขมันด้วย

pH มีผลต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชัน โดยที่อิมัลชันที่มีความขุ่นหนืดที่ระดับ pH เท่ากับ pI จะทำให้แรงผลักระหว่างโมเลกุลของโปรตีนมีน้อย ทำให้ฟิล์มที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรง อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น แต่ในอิมัลชันที่เจือจาง ที่ระดับ pH เท่ากับ pI จะทำให้แรงผลักระหว่างเม็ดไขมันลดลงทำให้เม็ดไขมันเกิดการรวมตัวกัน อิมัลชันจึงมีความคงตัวต่ำ

จะเห็นได้ว่าไฮโดรคอลลอยด์ เกลือ และ pH มีผลต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชัน จึงทำการศึกษาผลของปัจจัยเหล่านี้ที่มีต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชันจากโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง
- 1.2.2 ศึกษาผลของเกลือที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง
- 1.2.3 ศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 อิมัลชัน

อิมัลชัน คือ เป็นของผสมระหว่างของเหลว 2 ชนิด ที่ไม่ละลายเข้าด้วยกัน แต่มีการกระจายตัวของของเหลวชนิดหนึ่งเป็นหยดของเหลวเล็กๆ ( droplet ) ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง โดยเรียกของเหลวที่กระจายตัวว่า dispersed phase และเรียกของเหลวที่ล้อมรอบว่า continuous phase

#### 2.2 การเกิดอิมัลชัน

ของเหลวที่ประกอบกันเป็นอิมัลชันทางอาหารส่วนใหญ่ คือ น้ำและน้ำมัน ซึ่งทั้งสองนี้ไม่ได้อยู่ในรูปของสารบริสุทธิ์ ส่วนที่เป็นน้ำมักอยู่ในรูปของสารละลายของน้ำตาล เกลือ หรือสารอินทรีย์อื่นๆ หรืออาจอยู่ในรูปของสารแขวนลอย โดยองค์ประกอบทั้งหมดจะเป็นสารที่เข้ากันได้กับน้ำ ( hydrophilic material ) ส่วนในน้ำมันอาจประกอบด้วยน้ำมันหลายชนิด ไฮโดรคาร์บอนจี๊sing เรซิน หรือองค์ประกอบอื่นที่เข้ากันได้กับน้ำมัน ( hydrophobic material )

ที่ผิวสัมผัสของเฟสเคลื่อนที่และเฟสกระจายนั้น จะมีพลังงานอิสระ ( free energy ) เกิดขึ้นเนื่องจากแรงที่พยายามทำให้ของเหลวแต่ละชนิดแยกออกมารวมตัวกัน พลังงานนี้จะเรียกว่า แรงตึงผิวสัมผัส ( interfacial tension ) ซึ่งพยายามทำให้เกิดการลดผิวสัมผัสให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นส่วนเฟสกระจายของอิมัลชันจะอยู่ในรูปทรงกลมเล็กๆ เพราะทรงกลมจะเป็นรูปทรงที่มีพื้นที่ผิวด้านหน่วยปริมาตรน้อยที่สุด นอกจากนั้นความพยายามลดพื้นที่ผิวจะทำให้หยดเล็กๆของเฟสกระจายพยายามรวมตัวกันเป็นหยดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เพื่อลดพื้นที่ผิวด้านหน่วยปริมาตร จนในที่สุดจะสูญเสียลักษณะการเป็นอิมัลชัน และของเหลวทั้งสองชนิดจะแยกออกจากกันได้สมบูรณ์

การทำให้เกิดอิมัลชัน จะต้องให้งานกับระบบจนมากกว่าแรงด้านการเกิดผิวสัมผัสใหม่ ซึ่งแรงด้านนี้จะเกิดจากแรงตึงผิวสัมผัส และยังคงทำให้เกิดแรงที่มากกว่าแรงเสียดทานระหว่างเฟสกระจายและเฟสเคลื่อนที่ เพื่อให้เฟสกระจายที่เป็นหยดเล็กๆนี้มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ตามปกติงานที่ให้กับของเหลวจะทำในรูปของการกวนอย่างรุนแรง การกวนที่เหมาะสมจะต้องทำให้ของเหลวที่เป็นเฟสกระจายเกิดแรงเฉือน จนแตกตัวเป็นหยดเล็กๆกระจายอยู่ทั่วไป ดังนั้นในของเหลวคู่ที่มีแรงดึงดูดระหว่างผิวสูงจะทำให้เกิดอิมัลชันได้ยากขึ้น และอิมัลชันที่เกิดขึ้นจะมีความเสถียรน้อยลง ในการลดแรงตึงระหว่างผิวสัมผัสเพื่อให้อิมัลชันเสถียรขึ้นนั้นทางหนึ่งที่ได้คือการใส่สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน ( emulsifier ) ( กิติพงษ์ )

#### 2.3 สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน

สารที่เติมลงไปเพื่อให้สารละลายตั้งแต่ 2 ชนิดซึ่งไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น น้ำกับน้ำมันผสมกันได้ จะเรียกว่า สารช่วยให้เกิดอิมัลชัน ( emulsifier ) ส่วนสารที่เติมลงไปเพื่อช่วยรักษาอิมัลชันที่เกิดขึ้นให้คงอยู่ได้ อาจเรียกว่า สารช่วยให้คงตัว ( stabilizer ) สารช่วยให้คงตัวนี้อาจมี

สมบัติพื้นฐานเหมือนกับสารช่วยให้เกิดอิมัลชัน หรืออาจเป็นสารที่ช่วยทำให้องค์ประกอบชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งหมดของอิมัลชันมีความหนืดเพิ่มขึ้น ทำให้มีแนวโน้มที่จะแยกออกจากกันน้อยลง

ในโมเลกุลของสารช่วยให้เกิดอิมัลชันจะมีทั้งส่วนที่มีขั้ว (polar) และส่วนที่ไม่มีขั้ว (non polar) เมื่อเติมสารช่วยให้เกิดอิมัลชันลงไป สารเหล่านี้จะไปอยู่ที่ผิวสัมผัสของของเหลวทั้งสองชนิด ช่วยลดแรงตึงที่ผิวสัมผัส การจัดเรียงตัวจะอยู่ในลักษณะที่ส่วนที่ไม่มีขั้วจะอยู่กับส่วนที่เป็นน้ำมัน ส่วนที่มีขั้วจะอยู่กับส่วนที่เป็นน้ำ ดังนั้นสารช่วยให้เกิดอิมัลชันจะเรียงตัวเป็นฟิล์มบางๆที่ผิวสัมผัสระหว่างอาหารเหลวทั้งสอง ช่วยป้องกันไม่ให้หยดเล็กๆของเฟสกระจายเข้ามารวมตัวกัน (กิติพงษ์)

#### 2.4 ความคงตัวของอิมัลชัน

คือสภาวะที่อนุภาคต่างๆภายในอิมัลชันสามารถกระจายตัวอยู่อย่างสมดุล โดยปราศจากการเกิดกลไกการหลอมรวมตัว (coalescence), การเกาะกลุ่ม (flocculation) และแยกชั้น (creaming) โดยที่ระบบของอิมัลชันมีความคงตัว และไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Zayas, 1997)

#### 2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดและความคงตัวของอิมัลชัน

##### 2.5.1 ความเข้มข้นของโปรตีน

ถ้าความเข้มข้นของโปรตีนต่ำ ฟิล์มที่เกิดขึ้นรอบเม็ดไขมันจะบางและไม่แข็งแรงทำให้อิมัลชันเกิดได้ยากและอิมัลชันที่เกิดจะไม่คงตัว เม็ดไขมันจะเกิดการเคลื่อนที่มารวมตัวกันได้ง่าย ที่ความเข้มข้นของโปรตีนสูง โปรตีนจะเกิดเป็น multilayer รอบเม็ดไขมัน

นอกจากความเข้มข้นของโปรตีนแล้วความคงตัวของอิมัลชันยังขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดไขมัน ถ้าเม็ดไขมันมีขนาดใหญ่จะเกิดการรวมตัวกันได้ง่ายกว่าเม็ดไขมันขนาดเล็ก การเพิ่มอัตราการโฮโมจิไนซ์จะทำให้ขนาดโดยเฉลี่ยของเม็ดไขมันขนาดเล็ก ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น (ปาริฉัตร, 2542)

Crenwelge และคณะ (1974) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโปรตีนจะทำให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนเพิ่มขึ้น โดยช่วงความเข้มข้นของโปรตีนที่ใช้อยู่ระหว่าง 0.2 – 1.7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร โดยโปรตีนแต่ละชนิดจะมีความเข้มข้นที่เหมาะสมแตกต่างกัน โปรตีนจากถั่วเหลืองจะมีความเข้มข้นที่เหมาะสมประมาณ 0.98 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

##### 2.5.2 ความเป็นกรด – ด่าง

โปรตีนบางชนิดสามารถเกิดอิมัลชันได้ดีที่ pH เท่ากับ pI เช่น ไข่ขาวและเจลาติน แต่โปรตีนส่วนใหญ่จะสามารถเกิดอิมัลชันได้ดีที่ pH ไม่เท่ากับ pI โดยระดับ pH จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการเกิดอิมัลชัน โดยจะเป็นผลมาจากความสามารถในการละลายของโปรตีน โครงสร้าง และค่า surface ที่ระดับ pH นั้นๆ ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนถั่วเหลืองได้รับผลกระทบจากระดับ pH และความแรงของประจุในส่วนของสารละลายในอิมัลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอิมัลชันที่มีความเข้มข้นที่ระดับ pH เท่ากับ pI จะทำให้แรงผลักระหว่างโมเลกุลของโปรตีนมีน้อย ทำให้ฟิล์มที่เกิดขึ้นมีความแข็งแรง อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น แต่ในอิมัลชันที่เจือจาง ที่ระดับ pH เท่ากับ pI จะทำให้แรงผลักระหว่างเม็ดไขมันลดลงทำให้เม็ดไขมันเกิดการรวมตัวกัน อิมัลชันจึงมีความคงตัวต่ำ ( ปารีฉัตร, 2542 )

### 2.5.3 ความแรงของประจุ

ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนจากถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้นเมื่อเติม NaCl โดยเมื่อเติม 0.1 M NaCl ลงในระบบอิมัลชันที่ใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นอิมัลซิฟายเออร์ จะทำให้ฟิล์มโปรตีนรอบเม็ดไขมันมีความแข็งแรงมากขึ้น การเติมเกลือสามารถทำให้ electrostatic interaction ลดลงและมีผลกับการกระจายตัวของโปรตีนและการคลายตัวของ โมเลกุลของโปรตีนที่ผิวสัมผัสของเม็ดไขมันด้วย ซึ่งผลจากการเติมเกลือจะส่งผลต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันด้วย ( ปารีฉัตร , 2542 )

### 2.5.4 การให้ความร้อน

คุณสมบัติในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสามารถปรับปรุงได้โดยการทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพตามธรรมชาติโดยการให้ความร้อน ซึ่งการเกิดการสูญเสียสภาพตามธรรมชาติจะสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของ surface hydrophobicity ของโปรตีนด้วย

การให้ความร้อนจะทำให้โปรตีนบางชนิดมีความหนืดเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้โปรตีนสามารถเกิดอิมัลชันได้ดี เมื่อโปรตีนคลายตัวหมู่ที่ชอบไขมันจะเพิ่มมากขึ้นทำให้โปรตีนสามารถจะจับกับไขมันได้มากขึ้น การเกิดอิมัลชันมีมากขึ้น

การใช้โปรตีนถั่วเหลือง ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เป็นอิมัลชันจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเกิดอิมัลชันและทำให้อิมัลชันที่ได้มีความคงตัวมากขึ้น โปรตีนจากถั่วเหลืองที่ใช้ในส่วนผสมของการผลิตไส้กรอกจะช่วยให้เกิดอิมัลชันได้ดีขึ้น เกิดเป็นเจลที่ข้นหนืดและผลิตภัณฑ์มีการอุ้มน้ำดีขึ้น ( ปารีฉัตร , 2542 )

Nir และคณะ ( 1994 ) ทำการทดลองโดยให้ความร้อนหรือใช้สารเคมี เช่น urea , guanidine , HCl กับโปรตีนถั่วเหลือง เมื่อโปรตีนได้รับความร้อนหรือเกิดการทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เติมลงในกระบวนการผลิต จะส่งผลให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพตามธรรมชาติ พบว่าโปรตีนสามารถเกิดอิมัลชันได้มากขึ้น และอิมัลชันที่ได้มีความคงตัวมากขึ้น

## 2.6 วิธีการวัดคุณสมบัติในการเกิดอิมัลชัน

โดยมากวิธีการวิเคราะห์จะใช้สำหรับ  $\omega/w$  อิมัลชัน ปัจจัยที่ต้องควบคุมในการวิเคราะห์ได้แก่ ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตอิมัลชัน พลังงานที่ใช้ในระบบ ปริมาณโปรตีน ปริมาณส่วนผสม ความแรงของประจุ ความเป็นกรด - ด่าง และชนิดของน้ำมันที่ใช้

### 2.6.1 การวัดขนาดเม็ดไขมัน

การวัดขนาดเม็ดไขมัน ใช้ microscopy ในการวัดการเปลี่ยนแปลงของขนาดของเม็ดไขมันกับเวลา จนกระทั่งอิมัลชันเกิด coalescence เป็นการวัดความคงตัวของอิมัลชัน วิธีการวัดขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะทำการเจือจางอิมัลชันที่สามารถเกิดเจลได้ ทำให้เกิดเป็นฟิล์มบางบนแผ่นสไลด์ ทำการวัดขนาดของเม็ดไขมัน โดยใช้ Haemocytometer แต่วิธีนี้ทำได้ยากและผลที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงมีการพัฒนาโดยใช้ Fluorescence microscopy และ Coulter counter ในการวัดขนาดซึ่งให้ผลการทดลองที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามขนาดของเม็ดไขมันที่จะวัดด้วยวิธีดังกล่าวจะต้องใหญ่กว่า 10 ไมครอน หากเม็ดไขมันมีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอนจะต้องใช้วิธีอื่น เช่น dynamic light scattering ซึ่งจะไม่สามารถวัดเม็ดไขมันที่มีขนาดใหญ่ได้ วิธีที่นิยมใช้วัดขนาดของเม็ดไขมันที่กระจายอยู่ใน o/w อิมัลชันคือการใช้วิธี spectroturbidity

### 2.6.2 Emulsion activity ( EA )

วิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการเกิดอิมัลชันทำได้หลายวิธีคือ วิเคราะห์จากขนาดของเม็ดไขมันที่กระจายตัวอยู่ใน dispersed phase หรือแสดงค่าเป็น Emulsion activity index ( EAI ) แสดงค่าเป็นพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาณ โปรตีน โดยวัดจากความขุ่นของอิมัลชันที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร นอกจากนี้อาจใช้การวัดขนาดของเม็ดไขมันด้วย laser diffraction แล้วทำการคำนวณเป็นค่า EAI วิธีอื่นๆ ในการวัด Emulsion activity คือ การวัดความแตกต่างของความสามารถในการนำไฟฟ้าของสารละลายโปรตีนและค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดของอิมัลชันในระหว่างการโฮโมจิไนซ์ 1 นาที

### 2.6.3 Emulsion capacity ( EC )

เมื่อทำการคนสารละลายโปรตีนอย่างแรงในขณะที่เติมน้ำมัน จะทำให้เกิดอิมัลชันขึ้น จะทำการเติมน้ำมันจนกระทั่งอิมัลชันเกิดการแยกตัวออก บันทึกปริมาณน้ำมันที่มากที่สุดที่เติมได้ สิ่งบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงอิมัลชันเมื่อเกิดการแยกตัวได้แก่ สิ่งสังเกตเห็นได้ด้วยตาคือเห็นน้ำมันแยกออกมา หรืออิมัลชันมีความหนืดลดลง หรือเกิดการเพิ่มขึ้นของ electrostatic resistance โดยทั่วไปจะใช้วิธีสังเกตจุดยุติโดยสังเกตจากความหนืดของอิมัลชันที่ลดลงเนื่องจากเม็ดไขมันเกิดการรวมตัวกัน แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะต้องมีประสบการณ์และฝึกฝนในการสังเกตจุดยุติ และวิธีนี้ใช้ไม่ได้กับอิมัลชันที่มีความหนืดต่ำ หากทำการวิเคราะห์โดยสังเกตน้ำมันที่แยกออกจากอิมัลชันควรเติมสารที่เกิดสกับส่วนของน้ำมันเพื่อให้สังเกตจุดยุติได้ง่ายขึ้น

### 2.6.4 Emulsion stability ( ES )

มีวิธีการวิเคราะห์หลายวิธี แต่โดยทั่วไปจะทำการวัดปริมาณน้ำมัน และ/หรือ คริมที่แยกจากอิมัลชันระหว่างระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิคงที่ หรือทำการวิเคราะห์โดยทำการวัดความคงตัวโดยวัดการเกิด coalescence หรือเกิด creaming ในระบบที่เป็นสารละลายเจือจางจะเกิด layer ขึ้น ซึ่งจะทำให้การสุ่มและเจือจางจากนั้นทำการวัดความขุ่น นอกจากนี้การเกิด creaming สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดได้ด้วยการใช้ ultrasound ซึ่งวิธีนี้สามารถที่จะวัดการเกิด creaming ได้ก่อนที่จะสังเกตได้ด้วยตา

## 2.7 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ( Soy Protein Isolate : SPI )

เป็นโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์ โดยการกำจัดพวก water insoluble polysaccharide และ water soluble sugar รวมทั้งสาร minor constituents อื่นๆ ขั้นตอนการผลิตจะเริ่มจากการใช้แปรงถั่วเหลืองที่ปราศจากไขมัน และมีค่าการละลายของโปรตีนสูงมาละลายน้ำ และปรับให้อยู่ในสถานะที่เป็นค่าเล็กน้อย (pH 7–9) ด้วยค่าที่เจือจาง โดยรักษาอุณหภูมิที่ 50–55 องศาเซลเซียส จากนั้นก็มาผ่านการแยกเอาส่วนที่ไม่ละลายออกไปโดยการกรอง ( ส่วนที่เป็นกากได้แก่พวก water insoluble polysaccharide และบางส่วนของโปรตีน ) จากนั้นนำส่วนที่กรองได้มาปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 4.5 ( Isoelectric region ) ด้วยกรด ( food grade acid ) ซึ่งโปรตีนส่วนใหญ่ก็จะตกตะกอน จากนั้นกรองตะกอนออกแล้วล้างด้วยน้ำ ถ้านำไปอบแห้งเลยจะได้เป็น Isoelectric Protein แต่ถ้านำโปรตีนที่ตกตะกอนแล้วไปล้างแล้วละลายน้ำ และปรับสภาพให้เป็นกลาง ( Neutralize ) ก่อน แล้วจึงนำไปทำให้แห้งโดยการ Spray drying ก็จะได้เป็น SPI ที่ละลายน้ำได้ดีกว่า และง่ายต่อการรวมตัวในอาหาร SPI สามารถผ่านสถานะต่างๆ ได้แก่ การเพิ่ม whipping ability , gelation , protein binding , protein solubility , fat and oil emulsification and water absorption เป็นต้น ( Lui,1997 )

ถั่วเหลืองมีความสมดุลของกรดอะมิโนจำเป็นและเป็นแหล่งของไลซีนที่ดี โปรตีนถั่วเหลืองถูกนำมาสกัดและนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านเป็น binder และ extender ในการผลิตอาหารต่างๆกัน หน้าที่สำคัญที่สุดของโปรตีนถั่วเหลืองในกระบวนการผลิตเนื้อและอาหารอื่นๆคือ การที่มีคุณสมบัติเป็น emulsifier โดยทำให้น้ำและไขมันรวมตัวกัน

Emulsion Capacity ( EC ) และ Emulsion Stability ( ES ) ของโปรตีนถั่วเหลืองเป็นลักษณะหน้าที่ที่เป็นประโยชน์ และมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ Soy protein-containing สำหรับใช้ในอาหาร

Emulsion Activity ของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองมีความสำคัญในการประยุกต์ใช้ในอาหารหลากหลายประเภท โดยเฉพาะเมื่อใช้ในการพัฒนา Sausage batter

ใช้โปรตีนถั่วเหลืองใน Emulsified food systems ช่วยในการยึดไขมัน เพื่อลดการสูญเสียในระหว่างกระบวนการผลิต ปรับปรุง EC และช่วยรักษาความคงตัวของ emulsion system

โปรตีนถั่วเหลืองมี 2 บทบาทในการเกิดอิมัลชันคือ forming และ stabilizing ในการเกิดอิมัลชันแบบ oil in water

การใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์โปรตีนถั่วเหลืองมีมากขึ้นเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง รวมถึงความอุดมสมบูรณ์ของโปรตีนถั่วเหลือง มีราคาถูก ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะสัมผัสที่ต้องการ และคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนถั่วเหลือง โปรตีนถั่วเหลืองมีส่วนร่วมในการเกิดอิมัลชันใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารในด้านความหนืด ความคงตัวของเม็ดไขมัน การดูดซับน้ำและน้ำมัน ความคงตัวของ โปรตีนถั่วเหลืองในอิมัลชันมีความสัมพันธ์กับจำนวนประจุ และจำนวน โปรตีนที่ชอบน้ำและชอบ ไขมัน ( มีขั้วและไม่มีขั้ว ) ซึ่งส่งผลถึงลักษณะปรากฏ สี ลักษณะสัมผัส และผลผลิตของผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนถั่วเหลืองมีค่ามากขึ้น เมื่อถูกทำให้สูญเสียสภาพ เนื่องจากความร้อน เป็นเพราะว่าจะเกิด hydrophobic group และมีพื้นที่ผิวของ hydrophobic group มากขึ้นและมีแรงดึงดูดลดลง คุณสมบัติผิวของ โปรตีนจะถูกเปลี่ยนแปลงโดยการให้ความร้อน และยังพบว่าเมื่อความร้อนเพิ่มขึ้น พื้นที่ผิวของ hydrophobic group ก็เพิ่มขึ้นด้วย การเพิ่มพื้นที่ผิวของ hydrophobic group จะแปรผันตรงกับค่า EC และ ES อิมัลชันที่ถูกตีใหม่ๆจากโปรตีนถั่วเหลืองที่ผ่านการ ให้ความร้อนเบื้องต้นจะมี droplet ขนาดเล็ก ความคงตัวของอิมัลชันจะเพิ่มขึ้นได้ โดยมีการ ให้ความร้อนเบื้องต้นแก่โปรตีนถั่วเหลือง

คุณสมบัติความคงตัวของอิมัลชันจะแปรตามเปอร์เซ็นต์ของการดูดซับ โปรตีนในชั้นครีม โปรตีนถั่วเหลืองจะสร้างฟิล์มป้องกันรอบๆเม็ดไขมัน และจะเกิดได้ดีโดยอาศัย pH การสร้างฟิล์มให้เสถียรต้องอยู่ที่ pH ในช่วง Isoelectric point ถึง pH ที่ไม่ต่ำกว่า 1 ( Zayas, 1997 )

#### ตารางที่ 1 องค์ประกอบของ Soy Protein Isolate

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%)
โปรตีน	92 – 94
ความชื้น	4 – 7
ใยอาหาร	0.1 – 0.2
เถ้า	2 – 3.8
pH ( 1:10 aqueous dispersion )	6.8 – 7.1

ที่มา : วันชัย ( 2527 )

## 2.8 ไอโครคอลลอยด์

### 2.8.1 แคปปา – คาร์ราจีแนน ( kappacarragenan )

เป็นคาร์ราจีแนนชนิดหนึ่ง จะละลายได้ในน้ำร้อนเป็นอย่างดี แต่ละลายได้เพียงเล็กน้อย ในน้ำเย็น ยกเว้นเกลือโซเดียมแคปปา-คาร์ราจีแนนที่ละลายได้ในน้ำเย็น อุณหภูมิที่ใช้เตรียมสารละลายชนิดนี้ขึ้นกับความเข้มข้นของคาร์ราจีแนนและแคทไอออนที่มีอยู่ โดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิประมาณ 120 °ฟ และสามารถละลายได้ในสารละลายน้ำตาลอุณหภูมิสูง แต่ไม่สามารถละลายได้ในสารละลายน้ำตาลเข้มข้น 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์ราจีแนนจะมีความเสถียรที่ pH มากกว่า 7 ที่ pH ต่ำกว่า 7 เสถียรภาพจะลดลงและลดลงมากขึ้นถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

คาร์ราจีแนนทุกชนิดละลายน้ำได้ที่อุณหภูมิสูง ในช่วงอุณหภูมิ 40 – 70 °ซ จะเกิดเจลซึ่งจะมีเสถียรภาพที่อุณหภูมิห้องแต่จะหลอมละลายได้อีกเมื่อนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า อุณหภูมิในการเกิดเจล ประมาณ 5 – 10 °ซ และเมื่อทิ้งไว้ให้เย็นก็จะสามารถเกิดเจลได้อีก แคปป์ลา – คาร์ราจีแนนปริมาณพอเหมาะในสภาวะที่มีโปแทสเซียมไอออน ( $K^+$ ) หลังจากให้ความร้อนและทิ้งไว้ให้เย็นจะเกิดเจลที่ผันกลับได้โดยความร้อน ส่วนเกลือโซเดียมของแคปป์ลา – คาร์ราจีแนน จะไม่เกิดเจลและสามารถละลายได้ในน้ำเย็น การใช้โซเดียมไอออนในปริมาณที่พอเหมาะ จะไปยับยั้งการเกิดเจลของแคปป์ลา – คาร์ราจีแนน (Imeson A. , 1992 )

### 2.8.2 อัลจิเนต ( Alginate )

กรดอัลจินิกไม่ละลายในน้ำเย็น และละลายได้เพียงเล็กน้อยในน้ำร้อน แต่เกลือโซเดียมโปแตสเซียม และแอมโมเนียม รวมทั้งโพทัสสิียมไกลคอนเอสเทอร์ของอัลจิเนต จะละลายได้เป็นอย่างดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น แต่ปัญหาที่มักพบก็คือ อัลจิเนตมักจับตัวเป็นก้อนเมื่อนำไปละลายน้ำ ดังนั้นการค่อยๆเติมอัลจิเนตลงในน้ำพร้อมทั้งคนสารละลายอย่างรวดเร็ว สามารถช่วยลดปัญหาการจับตัวเป็นก้อนของอัลจิเนตได้เป็นอย่างดี

ความหนืดของสารละลายอัลจิเนตจะมากหรือน้อยขึ้นกับความเข้มข้น อุณหภูมิ น้ำหนักโมเลกุลของอัลจิเนต pH และ polyvalent metal cations อัลจิเนตเชิงการค้าแต่ละเกรดที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน จะให้ค่าความหนืดแตกต่างกันไป การให้ความร้อนแก่สารละลายอัลจิเนตพบว่าความหนืดจะลดลงไป 2.5 % ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทุก 1 °ซ

สารละลายเกลือที่ละลายน้ำของอัลจิเนต จะมีความหนืดค่อนข้างคงที่ในช่วง pH ระหว่าง 4 – 10 ซึ่งเป็นช่วงที่ใช้โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหาร ความหนืดจะมีค่าสูงสุดเมื่อ pH เป็นกลางและเมื่อ pH ต่ำกว่า 4 ความหนืดของสารละลายจะมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการละลายของกรดอิสระลดลง

การใช้ Polyvalent metal cations ในปริมาณน้อยๆสามารถที่จะทำให้สารละลายอัลจิเนตมีความหนืดเพิ่มขึ้น แต่ถ้าในปริมาณที่พอเหมาะก็สามารถทำให้เกิดเจลได้ ในบางครั้งก็สามารถเพิ่มความหนืดของสารละลายได้โดยไม่ต้องใช้อัลจิเนตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น โดยใช้ปริมาณอัลจิเนตเข้มข้นต่ำร่วมกับเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อย

สารละลายอัลจิเนตสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิห้อง เจลที่ได้จะทนความร้อน โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้  $Ca^{2+}$  หรือ polyvalent metal cations ช่วยในการเกิดเจล ( Imeson A. , 1992 )

### 2.8.3 แซนแทนกัม ( Xanthan gum )

แซนแทนกัมละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนน้ำเย็น ถ้ามีการใช้ร่วมกับเกลือ โซเดียม 0.1 – 0.15 % จะช่วยปรับปรุงความคงตัวของแซนแทนกัมที่อุณหภูมิสูง

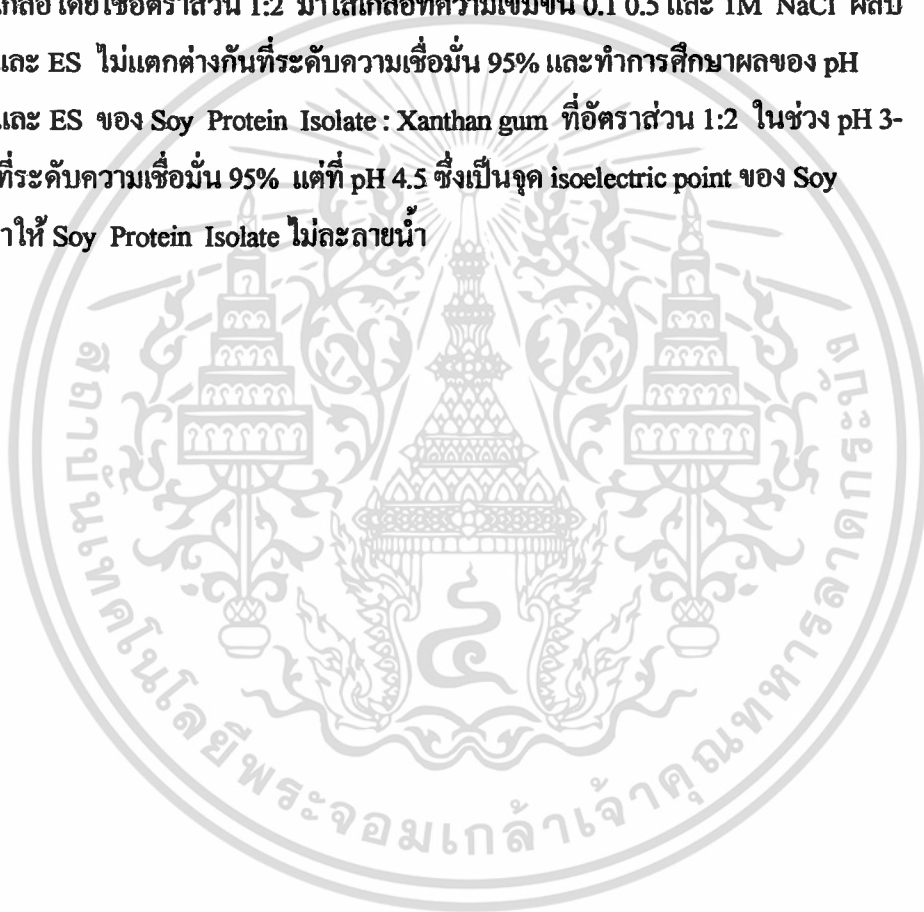
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pH จะไม่มีผลต่อความหนืดของแซนแทนกัน คือที่ pH 2 – 13 แซนแทนกันที่ละลายในสารละลายเกลือ โซเดียม 0.1 % ค่าความหนืดจะคงที่ที่ 1500 cps.

สารละลายแซนแทนกันที่มีความเข้มข้นต่ำสารละลายจะมีความหนืดลดลงเล็กน้อยที่อุณหภูมิสูงขึ้น (Imeson A. , 1992)

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Y.R.Xie and N.S.Hettiarachchy ได้ทำการทดลองหาผลของแซนแทนกันต่อการเกิดอิมัลชันของ Soy Protein Isolate โดยใช้อัตราส่วนของ Soy Protein Isolate : Xanthan gum เท่ากับ 3:1 , 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 และทำการละลายใน 0.1 M Sodium Phosphate buffer ( pH 7.4) ซึ่งได้ผลการทดลองออกมาว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเกิดอิมัลชันเท่ากับ 1:2 แล้วได้ทำการศึกษาผลของเกลือ โดยใช้อัตราส่วน 1:2 มาใส่เกลือที่ความเข้มข้น 0.1 0.5 และ 1M NaCl ผลปรากฏว่ามีค่า EA และ ES ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และทำการศึกษาผลของ pH ปรากฏว่าค่า EA และ ES ของ Soy Protein Isolate : Xanthan gum ที่อัตราส่วน 1:2 ในช่วง pH 3-9 ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ที่ pH 4.5 ซึ่งเป็นจุด isoelectric point ของ Soy Protein Isolate ทำให้ Soy Protein Isolate ไม่ละลายน้ำ



### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการทดลอง

##### 3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง Supro EX 33

3.1.2 ไฮโดรคอลลอยด์

Alginate

Carrageenan

Xanthan gum

3.1.3 สารเคมี

$\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

$\text{Na}_2\text{HPO}_4$

$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Tris amine

0.1% SDS

0.1M NaOH

0.1M HCl

1 M HCl

##### 3.2 อุปกรณ์

หลอดทดลองขนาด 16 x 100

หลอดทดลองขนาด 16 x 150

ปิเปต 5 มิลลิลิตร

ปิเปต 10 มิลลิลิตร

หลอดฉีดยาขนาด 1 มิลลิลิตร

บีกเกอร์พลาสติก 100 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร

กระบอกตวง 250 มิลลิลิตร

ขวดปรับปริมาตร 200 มิลลิลิตร

ขวดปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

เทอร์โมมิเตอร์ 100 °ซ

ตะแกรง

กรวยแก้ว

ช้อนตักสาร

ลูกยาง

แท่งแก้ว

กระบอกน้ำกลั่น

ขวดแก้วสีชา 2.5 ลิตร

ขวดแก้วสีชา 500 มิลลิลิตร

Vortex mixer

Spectrophotometer พร้อม Cell

เครื่อง Centrifuge

เครื่อง Ultrasonic

Eppendorf

### 3.3 สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการ โครงการจัดตั้งคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

### 3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

#### 3.4.1 ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

3.4.1.1 ทำการศึกษาโดยใช้ไฮโดรคอลลอยด์ดังต่อไปนี้ Alginate, Carrageenan, Xanthan gum ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.25% 0.5% และ 1% ซึ่งต้องทำการเตรียมอิมัลชันโดยเตรียมสารละลาย Soy protein isolate 0.5% w/v ใน 0.1M Phosphate buffer , pH7.4 และใส่ไฮโดรคอลลอยด์ตามอัตราส่วนที่กำหนด ทำการเตรียมอิมัลชันในอัตราส่วนน้ำมันถั่วเหลือง 10 % และสารละลายโปรตีน 90 % ทำการตีอิมัลชันด้วยเครื่อง Ultrasonic ที่ amplitude 35% เป็นเวลา 2 นาที และทำการควบคุมอุณหภูมิขณะตีด้วยการใช้น้ำแข็งหล่อหลอดค้ำนอก ดังภาพที่ 1

#### 3.4.1.2 วิธีการตรวจสอบคุณภาพของอิมัลชัน

ก) ทำการตรวจวัดความสามารถในการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ดังภาพที่ 2 โดยค่าที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงยิ่งมากแสดงว่าเกิดอิมัลชันได้ดี

ข) ทำการตรวจวัดความคงตัวของอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง ดังภาพที่ 3 โดยค่าที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงยิ่งมากแสดงว่าอิมัลชันมีความคงตัวมาก

ค) ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลการทดลองเป็นแบบCRD

ปีเปตสารละลาย Soy protein isolate 0.5 % w/v 3.6 ml.

ใส่หลอดทดลองขนาด 16 x 100



ใส่ไฮโดรคอลลอยด์ ตามอัตราส่วนที่ต้องการ  
และน้ำมันถั่วเหลือง 0.4 ml.



ทำการตีอิมัลชันด้วย Ultrasonic 2 นาที ที่ amplitude 35%  
หล่อหลอดค้ำนอกด้วยน้ำแข็งควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 2 °

ภาพที่1 ขั้นตอนการตีอิมัลชัน (ณัชชา, 2545)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมัลชัน



เก็บตัวอย่างอิมัลชัน 0.1 มิลลิลิตร ที่กั้นภาชนะทันทีที่ตีอิมัลชันเสร็จ  
ใส่หลอดทดลองขนาด 16 x 150



ทำการเจือจางด้วย 0.1 % SDS อัตราส่วน 1/100



วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจาก  
ถั่วเหลือง ( Emulsion Activity ) ( ฉัชชา,2545 )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมัลชัน



เก็บตัวอย่างอิมัลชัน 1 มิลลิลิตรใส่ eppend drop

ไป centrifuge ที่ 8000 rpm 5 นาที



นำส่วนของสารละลายใสด้านล่าง 0.1 มิลลิลิตร ทำการเจือจางด้วย

0.1 % SDS อัตราส่วน 1/100 ใส่ในหลอดทดลองขนาด 16 x 150



วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความคงตัวของอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง  
( Emulsion Stability ) ( ฉัษา, 2545 )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.2 ศึกษาผลของเกลือที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

ทำการทดลองเหมือนข้อ 3.4.1.1 โดยใช้อัตราส่วนของ Soy protein isolate : ไฮโดรคอลลอยด์ ที่เลือกแล้วว่าเหมาะสมในการเกิดอิมัลชัน โดยเติมเกลือความเข้มข้นต่างๆดังต่อไปนี้ 0% 0.5% 1% และ 1.5% ตามลำดับ แล้วทำการทดลองดังภาพที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล

### 3.4.3 ศึกษาผลของ pH ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

ทำการทดลองเหมือนข้อ 3.4.1.1 โดยใช้อัตราส่วนของ Soy protein isolate : ไฮโดรคอลลอยด์ ที่เลือกแล้วว่าเหมาะสมในการเกิดอิมัลชัน โดยเติม buffer ที่ pH ต่างๆดังต่อไปนี้ 0.1M Tris buffer , pH 3 0.1M Tris buffer , pH 5 0.1M Phosphate buffer, pH 7.4 0.1M Phosphate, pH 9 และ 0.1M Phosphate buffer, pH 11 ตามลำดับ แล้วทำการทดลองดังภาพที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูล



## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง จากการทดลองตามข้อ 3.4.1 เมื่อทำการตีอิมัลชัน ตามภาพที่ 1 แล้ว นำมาสังเกต ลักษณะปรากฏ จะได้ผลดังตารางที่ 2

ชนิดไฮโดรคอลลอยด์	ลักษณะปรากฏ
Carrageenan 0.25%	มีน้ำมันลอยเล็กน้อย
Carrageenan 0.5%	เข้ากันดี
Carrageenan 1%	มีน้ำมันลอย
Xanthan gum 0.25%	มีน้ำมันลอยเล็กน้อย
Xanthan gum 0.5%	มีน้ำมันลอย
Xanthan gum 1%	ไม่เข้ากัน มีน้ำมันลอย
Alginate 0.25%	มีน้ำมันลอยเล็กน้อย
Alginate 0.5%	เข้ากันดี
Alginate 1%	มีน้ำมันลอย

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

จากตารางจะเห็นได้ว่ามีเพียง Carrageenan 0.5% และ Alginate 0.5% ที่ให้ลักษณะปรากฏที่ดี จึงนำมาตรวจวัดค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability เทียบกับ Soy protein isolate ที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ ผลปรากฏดังตารางที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

ชนิดไฮโดรคอลลอยด์	Emulsion Activity
SPI	1.645 <sup>b</sup>
Carrageenan 0.5%	1.913 <sup>a</sup>
Alginate 0.5%	1.554 <sup>b</sup>

ตารางที่ 3 แสดงค่า Emulsion Activity

จากตารางค่า Emulsion Activity จะเห็นได้ว่า Carrageenan 0.5% ให้ค่า Emulsion Activity แตกต่างจาก Soy protein isolate และ Alginate 0.5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชนิด	Emulsion Stability
ไฮโดรคอลลอยด์	
SPI	0.072 <sup>ns</sup>
Carrageenan 0.5%	0.147 <sup>ns</sup>
Alginate 0.5%	0.054 <sup>ns</sup>

ตารางที่ 4 แสดงค่า Emulsion Stability

จากตารางค่า Emulsion Stability จะเห็นว่า Soy protein isolate Carrageenan 0.5% และ Alginate 0.5% ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากผลการทดลองจึงเลือกอิมัลชันที่เติม Carrageenan 0.5% มาทำการทดลองขั้นตอนต่อไป

#### 4.2 ผลการศึกษาผลของเกลือที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

เมื่อเลือกอิมัลชันของ Soy protein isolate ที่เติม Carrageenan 0.5% มาทำการทดลองตามข้อ 3.4.2 นำมาสังเกตลักษณะปรากฏ จะได้ผลดังตารางที่ 5

เกลือ	ลักษณะปรากฏ
0 %	อิมัลชันที่ดี
0.5 %	มีน้ำมันลอยบนผิวหน้าเล็กน้อย
1 %	อิมัลชันที่ดี
1.5 %	มีน้ำมันลอยบนผิวหน้าเล็กน้อย

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่เติมเกลือที่ความเข้มข้นต่างๆ

จากตารางจะเห็นว่าเมื่อเติมเกลือที่ความเข้มข้น 0% และ 1% ให้ลักษณะอิมัลชันที่ดี จึงนำ 2 สภาวะนี้มาทำการวัดค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability ต่อไป ดังตารางที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

เกลือ	Emulsion Activity
0 %	1.913 <sup>a</sup>
1 %	1.039 <sup>b</sup>

ตารางที่ 6 แสดงค่า Emulsion Activity

ค่า Emulsion Activity ที่วัดได้ แสดงให้เห็นว่าการเติมเกลือที่ความเข้มข้น 0% และ 1% มีค่า Emulsion Activity ที่แตกต่างกันทางนัยสำคัญ

เกลือ	Emulsion Stability
0 %	0.147 <sup>ms</sup>
1 %	0.052 <sup>ms</sup>

ตารางที่ 7 แสดงค่า Emulsion Stability

ค่า Emulsion Stability ที่วัดได้ แสดงให้เห็นว่าการเติมเกลือที่ความเข้มข้น 0% และ 1% มีค่า Emulsion Stability ไม่แตกต่างทางสถิติ

#### 4.3 ผลการศึกษาผลของ pH ที่ต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

เลือกอิมัลชันของ Soy protein isolate ที่เติม Carrageenan 0.5% มาทำการทดลองตามข้อ 3.4.3 แล้วนำมาสังเกตลักษณะปรากฏ จะได้ผลดังตารางที่ 8

pH	ลักษณะปรากฏ
3	ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และแยกชั้น
5	บริเวณผิวหน้าไม่เข้ากัน
7.4	อิมัลชันที่ดี
9	อิมัลชันที่ดี
11	มีน้ำมันลอยอยู่บนผิวหน้าเล็กน้อย

ตารางที่ 8 แสดงลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่ pH ต่างๆ

จากตารางได้ว่าที่ pH 7.4 และ pH 9 ให้ลักษณะปรากฏของอิมัลชันที่ดี จึงนำ 2 สภาวะนี้ไปทำการวัดค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability ดังตารางที่ 9 และ 10 ตามลำดับ

pH	Emulsion Activity
7.4	1.391 <sup>ns</sup>
9	1.481 <sup>ns</sup>

ตารางที่ 9 แสดงค่า Emulsion Activity

จากตารางค่า Emulsion Activity ที่ pH 7.4 และ pH 9 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

pH	Emulsion Stability
7.4	0.076 <sup>a</sup>
9	0.052 <sup>b</sup>

ตารางที่ 10 แสดงค่า Emulsion Stability

จากตารางค่า Emulsion Stability ที่ pH 7.4 และ pH 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

## สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

- 5.1.1 Carrageenan ที่ความเข้มข้น 0.5% ให้ลักษณะของอิมัลชันที่ดี มีค่า Emulsion Activity สูงกว่าไฮโดรคอลลอยด์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ
- 5.1.2 เกลือที่ความเข้มข้น 0% และ 1% ให้ลักษณะอิมัลชันที่ดี และเมื่อพิจารณาจากค่า Emulsion Activity ไม่ควรเติมเกลือลงในอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลืองที่ได้จากสภาวะการทดลองนี้
- 5.1.3 ที่ pH 7.4 และ pH 9 ให้ลักษณะอิมัลชันที่ และเมื่อพิจารณาจากค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability ควรเลือก pH 7.4

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการละลายของ Soy protein isolate และ ไฮโดรคอลลอยด์ อาจมีการให้ความร้อนในระหว่างขั้นตอนของการละลาย เพื่อช่วยเพิ่มการละลายของ Soy protein isolate และไฮโดรคอลลอยด์
- 5.2.2 ความเข้มข้นของเกลือมีผลต่อความคงตัวของอิมัลชันควรทำการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า Emulsion Activity และ Emulsion Stability ในแต่ละสภาวะการผลิต

## อ้างอิง

G.M.Hall.1996. Methods of testing protein functionality. London : Blackie Academic & Professional.265pp.

Imeson A. 1992 . Thickening and Gelling Agent For Food . Glosgow : Blackie & Professional . 247 pp.

Joseph F.Zayas.1997. Functionality of Proteins in Food. New York : Springer. 373 pp.

Lui,K. 1997. Soybean. New York : Chapman&Hall.

Y.R.XIE and N.S.HETTIARACHCHY. 1997 . Xanthan Gum Effects on Solubility and Emulsification Properties of Soy Protein Isolate. J.Food Science. 62 : 1101 – 1104.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์.กระบวนการแปรรูปอาหาร.กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 797 หน้า.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2542. เคมีกายภาพของอาหาร : คอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล.

กรุงเทพมหานคร : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 91 หน้า.

ณัชชา สุพิชญางกูร. 2545 .การสกัดและการศึกษาคุณลักษณะของ โปรตีนจากโอคารา. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขา ศึกษาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วันชัย สมจิต. 2527. การใช้ประโยชน์จากถั่วเหลือง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สยามออฟเซ็ท.

## ภาคผนวก

## ตารางผลการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ CRD ของแต่ละปัจจัย

1. การศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

## Oneway

## ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EA	Between Groups	.139	2	6.945E-02	163.740	.001
	Within Groups	1.273E-03	3	4.242E-04		
	Total	.140	5			
ES	Between Groups	2.093E-02	2	1.046E-02	1184.509	.000
	Within Groups	2.650E-05	3	8.833E-06		
	Total	2.095E-02	5			

Post Hoc Tests  
Homogeneous Subsets

EA

Duncan<sup>a</sup>

hydrocolloid	N	Subset for alpha = .01	
		1	2
Alginate	2	1.55400	.
SPI	2	1.64500	.
Carrageenan	2	.	1.91250
Sig.		.022	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

ES

Duncan<sup>a</sup>

hydrocolloid	N	Subset for alpha = .01		
		1	2	3
Alginate	2	5.35E-02	.	.
SPI	2	.	7.20E-02	.
Carrageenan	2	.	.	.18700
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การศึกษาผลของเกลือที่มีต่อการเกิดอิมัลชันของ โปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

**Oneway****ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EA	Between Groups	1.130	3	.377	1889.219	.000
	Within Groups	7.975E-04	4	1.994E-04		
	Total	1.131	7			
ES	Between Groups	1.317E-02	3	4.390E-03	6.179	.055
	Within Groups	2.842E-03	4	7.105E-04		
	Total	1.601E-02	7			

**Post Hoc Tests****Homogeneous Subsets**

EA

Duncan<sup>a</sup>

salt	N	Subset for alpha = .01		
		1	2	3
1.5%	2	1.00800		
1%	2	1.03850	1.03850	
0.5%	2		1.09650	
0%	2			1.91250
Sig.		.097	.015	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

ES

Duncan<sup>a</sup>

salt	N	Subset for alpha = .01
		1
1%	2	5.15E-02
1.5%	2	5.25E-02
0.5%	2	5.45E-02
0%	2	.14650
Sig.		.026

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3. การศึกษาผลของ pH ต่อการเกิดอิมัลชันของโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง

**Oneway****ANOVA**

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
EA	Between Groups	1.016	4	.254	105.152	.000
	Within Groups	1.208E-02	5	2.416E-03		
	Total	1.028	9			
ES	Between Groups	1.498E-03	4	3.745E-04	20.353	.003
	Within Groups	9.200E-05	5	1.840E-05		
	Total	1.590E-03	9			

**Post Hoc Tests****Homogeneous Subsets**

EA

Duncan<sup>a</sup>

pH	N	Subset for alpha = .01			
		1	2	3	4
pH 3	2	.76600			
pH 5	2		.99600		
pH 7.4	2			1.39050	
pH 9	2			1.48100	1.48100
pH 11	2				1.61900
Sig.		1.000	1.000	.125	.038

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

ES

Duncan<sup>a</sup>

pH	N	Subset for alpha = .01	
		1	2
pH 3	2	4.65E-02	
pH 9	2	5.15E-02	
pH 5	2	5.25E-02	
pH 11	2		7.35E-02
pH 7.4	2		7.60E-02
Sig.		.231	.585

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล                      นางสาวจิตติมา อนุรักษ์ศักดิ์  
 วัน เดือน ปีเกิด                5 ตุลาคม 2523  
 สถานที่เกิด                      พิชณุโลก  
 ประวัติการศึกษา                พ.ศ.2542 โรงเรียนเฉลิมขวัญสตรี

ชื่อ – สกุล                      นางสาววนิภา ฟิ่งนุสนธิ์  
 วัน เดือน ปีเกิด                20 กรกฎาคม 2524  
 สถานที่เกิด                      กรุงเทพมหานคร  
 ประวัติการศึกษา                พ.ศ.2542 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้