การผลิตไข่มุกนมถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม

Soymilk bubble ball production by spherification technique

นางสาวธนัชพร หอมฟุ้ง
นางสาวพรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตไข่มุกนมถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม

Soymilk bubble ball production by spherification technique

T148894

นางสาวธนัชพร หอมฟุ้ง

นางสาวพรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ

หมวดหมู่
เลขทะเบียน 148894
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ย. 2560

.b 12871807
.i

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การผลิตไข่มุกนมถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม

Soymilk bubble ball production by spherification technique

จัดทำโดย

ธนัชพร หอมฟุ้ง รหัสนักศึกษา 55080024

พรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ รหัสนักศึกษา 55080038

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก

Yupa P.

.....

(ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

17 / พ.ค. / 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การผลิตไข่มุกนมถั่วเหลือง[illegible]โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม		
นักศึกษา	ธนัชพร หอมฟุ้ง	รหัสนักศึกษา	55080024
	พรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ	รหัสนักศึกษา	55080038
หลักสูตร	อุตสาหกรรมเกษตร		
พ.ศ.	2559		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ยุพร พืชกมุทร		

บทคัดย่อ

ไข่มุกนมถั่วเหลืองเป็นการนำเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม โดยอาศัยโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ เกิดเป็นโครงสร้างเจลที่มีลักษณะเป็นทรงกลม งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมสารปรุงแต่งรสชาติโดยน้ำตาล และเกลือ เพื่อเพิ่มรสชาติให้กับไข่มุกนมถั่วเหลือง ศึกษาผลของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำแครอท เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ และความหลากหลายของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 2.0 และแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 1.75 ระยะเวลาในการแช่น้ำเย็น 16 ชั่วโมง โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาล 5% , 10% และเกลือ 0.5% , 1% พบว่า การเติมน้ำตาล 10% ทำให้ไข่มุกนมถั่วเหลืองไม่สามารถขึ้นรูปได้ และเมื่อเติมเกลือและน้ำตาลจะทำให้ค่าความแข็งของไข่มุกนมถั่วเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลของการเติมน้ำแครอทที่ความเข้มข้นต่างๆ (30% , 40% และ 50%) พบว่า ค่าสีแดง (a*) ของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทความเข้มข้น 50% ที่เติมน้ำตาล 5% เกลือ 0.5% เกลือ 1% พบว่า สามารถขึ้นรูปได้ดี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท พบว่าประกอบด้วย ความชื้น 95.40% เถ้า 0.50% โปรตีน 1.74% ไขมัน 0.76% คาร์โบไฮเดรต 0.66% และ ใยอาหาร 0.94%

คำสำคัญ : การขึ้นรูปทรงกลม ไข่มุกนมถั่วเหลือง น้ำแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Soy milk bubble ball production by spherification technique
Student name	Thanatchaporn Homfung Student ID 55080024
	Pornratsamee Rojwattanatanakij Student ID 55080038
Program	Bachelor ofScience Program inFood Science and Technology
Year	2016
Advisor	Assist.Prof.Dr. Yuporn Peuchkamut

ABSTRACT

Soymilk bubble ball production by spherification technique using sodium alginate and calcium chloride to gelation. In this study, the soymilk bubble ball was prepared by adding sodium alginate and submerging in the bath of calcium chloride to form a sphere. The propose of this study to determine the effect of sugar and salt on the quality of soymilk bubble ball. To determine the effect of quality of soymilk bubble ball when add carrot juice to increase the nutritional values of food and add value to their products. The condition of experiment is using 2% sodium alginate, 1.75% calcium chloride and soaking time 16 hours. The physical properties (size, weight, L-value, a-value, b-value and hardness) of soymilk bubble ball when add sugar 5%, 10% salt 0.5%, 1% and carrot juice 30% , 40% and 50% compare with soy milk bubble ball were studied. The results showed that sugar 10% can't form gal completely and hardness value of soymilk bubble ball when add sugar and salt was decreased. Red color (a*) of soymilk bubble ball with varies amount of carrot juice was increased. Soymilk bubble ball with carrot juice (50:50) addition sugar and salt can form gal completely. The sensory evaluation of soymilk with carrot juice (50:50) bubble ball, panel accept product in range like moderately. The results of chemical composition showed that moisture 95.40%, ash 0.50%, protein 1.74%, fat 0.76%, fiber 0.94% and carbohydrate 0.66%.

Keyword : spherification soymilk bubble ball carrot juice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความรู้และคำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ศึกษา การค้นคว้า การปฏิบัติ และการเขียนปัญหาพิเศษฉบับนี้ รวมทั้งการเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำและตรวจทานแก้ไขรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.สิทธิพงศ์ นลินานนท์ คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษ ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่สนับสนุนการศึกษา พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนทุกๆ ท่านที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ด้วย ที่มีส่วนช่วยให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ธนัชพร หอมฟุ้ง
พรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ
2 พฤษภาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ถั่วเหลือง	3
2.2 นมถั่วเหลือง	7
2.3 แครอท	9
2.4 การขึ้นรูปทรงกลม	10
2.5 อัลจิเนต	12
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	16
3.2 อุปกรณ์	16
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	20
4.1 ผลการศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือ	20
4.2 ผลการศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง ในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน	22
4.3 ผลการศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล	24
4.4 ผลการศึกษาการยอมรับของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท (50:50) โดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส	26
4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	32
ภาคผนวก ก	33
ภาคผนวก ข	36
ภาคผนวก ค	43
ภาคผนวก ง	50
ภาคผนวก จ	51
ประวัติผู้เขียน	52

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 พันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูกในประเทศไทย 4

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลือง 5

2.3 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง ต่อ 100 กรัม 6

4.1 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ ไข่มุกนมถั่วเหลือง ที่มีการเติมเกลือหรือน้ำตาล 21

4.2 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ ไข่มุกนมถั่วเหลือง ในอัตราส่วน
น้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน 23

4.3 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ ไข่มุกนมถั่วเหลือง อัตราส่วน
น้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล 25

4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50 26

4.5 องค์ประกอบทางเคมีของ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50 27

ข.3.1 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองผสมอัลจิเนต 39

ข.3.2 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทในอัตราส่วน 70:30 ผสมอัลจิเนต 40

ข.3.3 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทในอัตราส่วน 60:40 ผสมอัลจิเนต 40

ข.3.4 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทในอัตราส่วน 50:50 ผสมอัลจิเนต 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
	2.1 ถั่วเหลือง	5
	2.2 นมถั่วเหลือง	8
	2.3 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification)	10
	2.4 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ	12
	2.5 กลไกการเกิดเจลของ calcium alginate (Egg-box model)	13
	3.1 ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่ได้จากการขึ้นรูปทรงกลม	17
	4.1 ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลและเกลือ	20
	4.2 ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำแครอทในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลือง ต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน	22
	4.3 ไข่มุกนมถั่วเหลือง ที่อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือและน้ำตาล	24
	ข.1 แสดงการวัดค่าสี	36
	ข.2 แสดงการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส	37
	ข.3.1 เครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DViii	39
	ข.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง viscosity (Cp) กับ RPM	42
	ข.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear rate (1/s) กับ Shear stress (Pa)	42
	ค.4 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน	47
	ค.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร	49
	ง.1 น้ำชุปสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถั่วเหลืองเป็นพืชตระกูลถั่วที่เป็นแหล่งของโปรตีน โดยโปรตีนจากถั่วเหลืองจัดได้ว่าเป็นโปรตีนที่มีราคาถูก นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ เช่น ฟอสฟอรัส โปรตัสเซียม และแคลเซียม เป็นต้น วิตามินในถั่วเหลืองประกอบด้วย วิตามินเอ บี1 บี2 และไบโอติน โดยเฉพาะวิตามินบี2 จะพบมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ (ประเทืองศรี สินชัยศรี และวิมลศรี เทวผลิน, 2523) ในถั่วเหลืองมีสารไฟโตเอสโตเจน (phytoestrogen) ซึ่งเป็นสารพฤษเคมีที่พบมากในถั่วเหลือง สารนี้มีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนเอสโตเจน (estrogen) ซึ่งนักวิจัยเชื่อว่าการบริโภคถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ จะช่วยลดอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นกับหญิงวัยหมดประจำเดือน (ประไพศรี และ ประภาศรี, 2546) ถั่วเหลืองจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น โปรตีนถั่วเหลือง น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เป็นต้น

การขึ้นรูปแบบทรงกลม (spherification) กลม คือ กระบวนการห่อหุ้มของเหลวด้วยเจลให้เป็นทรงกลม เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ในอาหารสมัยใหม่ (modernist cuisine) เพราะว่าทรงกลมเล็กๆ ที่ได้จะมีรูปร่างและเนื้อสัมผัสคล้ายไข่ปลาคาเวียร์ หรือทรงกลมขยาดใหญ่จะมีลักษณะคล้ายกับลูกแก้ว สามารถนำมาใช้จัดจานอาหารในแนวที่ทันสมัยแบบ “molecular” โดยเป็นส่วนประกอบในเมนูอาหารทั้งคาวและหวาน โดยการขึ้นรูปทรงกลมมีพื้นฐานมาจากการใช้สมบัติของสารไฮโดรคอลลอยย์ขึ้นรูปอาหารเหลวให้มีรูปร่างกลม เช่น การใช้โซเดียมอัลจิเนตละลายในอาหารเหลว หยดส่วนผสมอาหารเหลวลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เกิดเป็นแคลเซียมอัลจิเนตซึ่งมีลักษณะเป็นเจลที่มีลักษณะกลม ซึ่งการขึ้นรูปทรงกลมสามารถทำให้มีขนาดของทรงกลมแตกต่างกันได้ และมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ได้แก่ คาเวียร์ (caviar) ไข่ (egg) น็อคชี่ (gnocchi) และราวิโอลี่ (ravioli) เป็นต้น (พนม ทองมาก, 2557)

งานวิจัยนี้มีแนวคิดนำหลักการของเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม โดยโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ ในการศึกษาผลของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมสารปรุงแต่งรสชาติโดยน้ำตาล และเกลือเพื่อเพิ่มรสชาติให้กับไข่มุกนมถั่วเหลือง ศึกษาผลของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำแครอท เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์และความหลากหลายของไข่มุกนมถั่วเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการเติมน้ำตาลที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการเติมเกลือที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการเติมน้ำแครอทที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของการเติมน้ำตาลและเกลือที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าทางการเกษตร

1.3.2 เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ และความหลากหลายของไข่มุกนมถั่วเหลืองจากน้ำแครอท

1.3.3 เพื่อเพิ่มรสชาติให้กับไข่มุกนมถั่วเหลือง จากน้ำตาลและเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ถั่วเหลือง

2.1.1 ข้อมูลทางพันธุศาสตร์

ถั่วเหลือง มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Glycine max*(L.) Merrill เป็นพืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) เมล็ดแห้งจากถั่วเหลืองจัดเป็นถั่วเมล็ดแห้ง (legume) ซึ่งอยู่ในกลุ่มพืชน้ำมัน (oil crop) นำไปใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อการสกัดเป็นน้ำมันถั่วเหลือง และยังนำมาแปรรูป (food processing) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เพื่อเป็นแหล่งโปรตีน เช่น โปรตีนเกษตร (textureized vegetable protein) โปรตีนถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลือง เช่น ซีอิ้ว (fermented soy sauce) เต้าเจี้ยว มิโซะ เต้าหู้ยี้ เทม-เป้ ถั่วเน่า เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา)

ถั่วเหลือง เป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะสำหรับปลูกสลับกับการปลูกข้าว มีรายงานการปลูกถั่วเหลืองในประเทศจีนเมื่อ 5,000 ปีมาแล้ว แต่ยังไม่แน่ชัดว่าส่วนใดของประเทศจีนเป็นถิ่นกำเนิด บริเวณที่สันนิษฐานและยอมรับกันโดยทั่วไป คือ บริเวณหุบเขาแม่น้ำเหลือง (ประมาณเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือ) เพราะเป็นแหล่งกำเนิดอารยธรรมของจีน ประกอบกับมีการจารึกครั้งแรกเกี่ยวกับถั่วเหลือง เมื่อ 2,295 ปีก่อนพุทธกาลที่หุบเขาแม่น้ำเหลือง จากนั้นถั่วเหลืองได้แพร่กระจายสู่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่น เมื่อ 200 ปีก่อนคริสตกาลเข้าสู่ยุโรปในช่วงหลัง พ.ศ. 2143 และไปสู่อเมริกา จากนั้นกว่า 100 ปี ชาวอเมริกาได้ปลูกถั่วเหลืองเพื่อเป็นอาหารสัตว์ใช้เลี้ยงวัวโดยไม่ได้นำเมล็ดมาใช้ประโยชน์อย่างอื่น ในปี พ.ศ. 2473 ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นผู้ผลิตถั่วเหลืองรายใหญ่ที่สุดในโลกได้นำพันธุ์ถั่วเหลืองจากจีนเข้าประเทศกว่า 1,000 สายพันธุ์ เพื่อทำการผสมและคัดเลือกพันธุ์ ทำให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีเมล็ดโต ผลผลิตสูง เหมาะแก่การเพาะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดมากขึ้น (สุรีย์, 2552)

พื้นที่ปลูกถั่วเหลือง ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะปลูกในแถบ 18 จังหวัดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางตอนบน ภาคตะวันออก และภาคตะวันตก โดยส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้จากภาคเหนือ โดยพบว่าผลผลิตเฉลี่ยจะอยู่ในราว 150 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

พันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกในปัจจุบันมีอยู่ประมาณ 10 พันธุ์ ซึ่งปรับปรุงโดยกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ คือ สจ. 4 สจ. 5 สุโขทัย 1 สุโขทัย 2 สุโขทัย 3 นครสวรรค์ 1 เชียงใหม่ 60 เชียงใหม่2 เชียงใหม่ 3 และ เชียงใหม่ 4 โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกมากคือ พันธุ์ สจ. 4 สจ. 5 และ เชียงใหม่ 60 เนื่องจากให้ผลผลิตต่อไร่ในปริมาณมาก พันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูกในประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 พันธุ์ถั่วเหลืองที่นิยมปลูกในประเทศไทย

พันธุ์ถั่วเหลือง	ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	ปริมาณน้ำมัน (%)	แหล่งปลูก
อายุสั้น (78-85 วัน)			
นครสวรรค์ 1	245	21	ภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางตอนบน
เชียงใหม่ 2	235	19	ทุกภาคของประเทศ
เชียงใหม่ 60	300	20	ทุกภาคของประเทศ
อายุปานกลาง (86-112 วัน)			
สจ. 5	275	19	ภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
สจ. 4	280	18	ภาคเหนือตอนบน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
สุโขทัย 1	245	21	ภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลางตอนบน
สุโขทัย 2	320	22	ภาคเหนือตอนล่าง ภาคกลาง
เชียงใหม่ 3	330	22	ทุกภาคของประเทศ
สุโขทัย 3	300	24	ทุกภาคของประเทศ
เชียงใหม่ 4	325	21	ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
มข.35	305	20	ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนบน
อายุค่อนข้างยาว (115-120 วัน)			
จักรพันธุ์ 1	285	22	ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

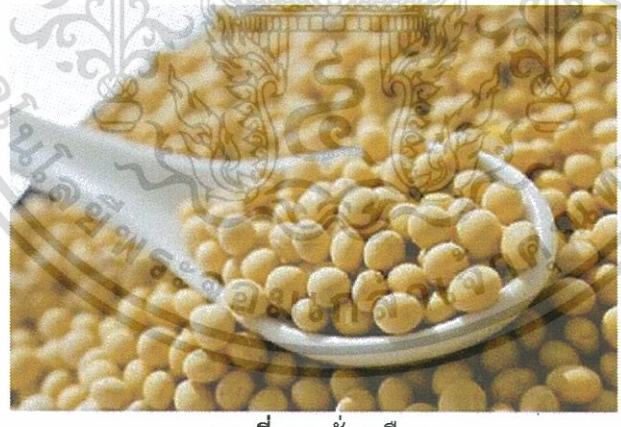
2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองทั้งเมล็ดมีประกอบทางเคมีแตกต่างกันไป โดยจะผันแปรตามปัจจัยต่างๆ เช่น สายพันธุ์ สภาวะแวดล้อม ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศ (Liu, 1997) องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลือง ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดถั่วเหลือง

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณร้อยละ
ความชื้น	8.0
เถ้า	4.6
ไขมัน	18.0
ใยอาหาร	3.5
โปรตีน	40.0
Pentosan	4.4
น้ำตาล	7.0
Starch-like substances by diastase	5.6

ที่มา : Merkley, K. S., & Goss, W. H. (1944).



ภาพที่ 2.1 ถั่วเหลือง

ที่มา : http://www.ohayo.in.th/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลือง ต่อ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณต่อ 100 กรัม	หน่วย
พลังงาน	147	kcal
คาร์โบไฮเดรต	11.05	g
ความชื้น	67.50	g
เส้นใย	4.2	g
ปริมาณไขมันทั้งหมด	6.80	g
Fatty acids, total saturated	0.786	g
Fatty acids, total monounsaturated	1.284	g
Fatty acids, total polyunsaturated	3.200	g
Fatty acids, total trans	0.000	g
Cholesterol	0	mg
โปรตีน	12.95	g
แร่ธาตุ	197	mg
Calcium, Ca	3.55	mg
Iron, Fe	65	mg
Magnesium, Mg	194	mg
Phosphorus, P	620	mg
Potassium, K	15	mg
Sodium, Na	0.99	mg
Zinc, Zn		
วิตามิน		
Vitamin C, total ascorbic acid	29.0	mg
Thiamin	0.435	mg
Riboflavin	0.175	mg
Niacin	1.650	mg
Vitamin B-6	0.065	mg
Folate, DFE	165	µg
Vitamin B-12	0.00	µg
Vitamin A, RAE	9	µg
Vitamin A, IU	180	IU
Vitamin D (D2 + D3)	0.0	µg
Vitamin D	0	IU
อื่นๆ		
Caffeine	0	mg

ที่มา : USDA Nutrient database (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 นมถั่วเหลือง

นมถั่วเหลือง หรือน้ำเต้าหู้เป็นเครื่องดื่มที่ได้จากการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลืองโดยใช้น้ำ การผลิตและบริโภคนมถั่วเหลืองเริ่มจากประเทศจีนและแพร่หลายไปยังประเทศญี่ปุ่นและประเทศในแถบตะวันออกเฉียงใต้ นมถั่วเหลืองเป็นเครื่องดื่มที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เป็นแหล่งของโปรตีนจากถั่วเหลือง และมีราคาถูก สามารถเป็นเครื่องดื่มเสริมอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภค (Reddy and Mital, 1992) โดยปกตินมถั่วเหลืองจะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.5-3.0 โดยมีปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นใกล้เคียงกับนมวัว ยกเว้นเมทไทโอนีน (methionine) ที่มีอยู่น้อย นมถั่วเหลืองได้รับความนิยมใกล้เคียงกับนมวัว เป็นแหล่งของอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ไม่มีแลคโตสและคอเลสเตอรอล และมีสตาร์ชอยู่น้อย (Iwuoha and Umunnakwe, 1997) ถั่วเหลืองที่เตรียมจากถั่วต่อน้ำ เท่ากับ 1:8 โดยน้ำหนัก จะได้โปรตีนใกล้เคียงกับนมวัวคือดื่มนมถั่วเหลือง 1 แก้ว (200-250 มิลลิลิตร) จะได้โปรตีนประมาณ 6 กรัม (นมวัว 1 แก้ว จะได้โปรตีน ประมาณ 7 กรัม) (สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2547) de Man et al. (1987) รายงานว่านมถั่วเหลืองประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 94 โปรตีนร้อยละ 3.0 ไขมันร้อยละ 1.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 1.5 และเถ้า (Min and Martin, 2005) Iwuoha และ Umunnakwe (1997) ชี้ให้เห็นว่าวิธีการผลิต อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเก็บรักษาจะมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี คุณลักษณะทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของนมถั่วเหลือง ในขณะที่ Poysa และ Woodrow (2002) พบว่าพันธุ์ถั่วเหลืองและปีที่เพาะปลูกนั้นมีผลอย่างมากต่อผลผลิตนมถั่วเหลือง ปริมาณของแข็งและพีเอช ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกนั้นมีผลน้อยกว่ามาก

เมื่อเปรียบเทียบกับนมวัวแล้ว นมถั่วเหลืองมีไขมันน้อยกว่านมวัวประมาณ 2 เท่ามีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวน้อยกว่านมวัวเกือบ 5 เท่า ไม่มีคอเลสเตอรอล นอกจากนี้นมถั่วเหลืองไม่มีน้ำตาลแลคโตสจึงเหมาะกับผู้ที่มีปัญหาแพ้น้ำตาลแลคโตสในนมวัว (lactose intolerance) และสำหรับผู้ที่บริโภคอาหารมังสวิรัติหรือผู้ที่หลีกเลี่ยงการบริโภคเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ นมถั่วเหลืองมีปริมาณวิตามินและเกลือแร่ใกล้เคียงกับนมวัวและนมแม่ แต่อย่างไรก็ตามนมวัวมีปริมาณของวิตามินบี 2 และแคลเซียมสูงกว่านมถั่วเหลืองมาก นมถั่วเหลืองมีวิตามิน บี 2 ประมาณ 1 ใน 20 ของนมวัวและมีปริมาณแคลเซียมเพียง 1 ใน 6 ของนมวัวเท่านั้น (นมถั่วเหลืองที่เตรียมโดยอัตราส่วนถั่วเหลือง 1 ส่วน ต่อน้ำ 8 ส่วน จะมีปริมาณแคลเซียม 20-30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) (Chaiwanon, 1999) ทั้งนี้ปริมาณวิตามินบี 2 และแคลเซียม

ปัจจุบันตลาดนมถั่วเหลืองเพิ่มคุณค่าหรือการเติมส่วนผสมอาหารอื่นลงไปในนมถั่วเหลือง เพื่อเพิ่มคุณประโยชน์ที่จะได้รับนอกเหนือจากโปรตีนจากถั่วเหลืองหรือนมถั่วเหลืองรสชาติใหม่ๆ กลายมาเป็นตัวผลักดันตลาดที่สำคัญนอกเหนือจากนมถั่วเหลืองรสธรรมชาติที่ผู้บริโภครับรู้ถึงประโยชน์กันดีอยู่แล้ว การผลิตนมถั่วเหลืองที่ใส่สารอาหารชนิดใหม่ลงไป และนมถั่วเหลืองที่มีความเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มลูกค้ามากขึ้น จะเป็นจุดที่สามารถสร้างความแตกต่างจากคู่แข่งได้และเป็นแนวโน้มของตลาดนมถั่วเหลืองในอนาคต ทิศทางต่อไปของตลาดนมถั่วเหลืองคือการผสมคุณค่าอาหารเพิ่มมากขึ้นเพื่อรองรับพฤติกรรมผู้บริโภค ซึ่งไม่ได้ต้องการเฉพาะโปรตีนจากถั่วเหลืองในนมถั่วเหลืองเท่านั้น แต่ต้องการสารอาหารที่เพิ่มคุณค่าเข้าไปอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างนมถั่วเหลืองเพิ่มคุณค่าของบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ที่มีออกมาวางจำหน่าย เช่น นมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท เบอร์รี่สกัด ธัญญาหาร (งาดำ ข้าวโพด ถั่วชนิดอื่นๆ) น้ำผึ้ง ชาเขียว คอลลาเจน น้ำนมข้าวโพด แคลเซียม และนอกจากนี้ยังมีนมถั่วเหลืองที่มีความเฉพาะเจาะจงกับกลุ่มผู้บริโภค เช่น นมถั่วเหลืองสูตรน้ำตาลน้อย นมถั่วเหลืองสำหรับเด็ก วัยรุ่น ผู้ใหญ่ทั้งผู้หญิงและผู้ชาย หญิงมีครรภ์ (วาตี ภูโรจสวัสดิ์, 2550)

ภาพที่ 2.2 นมถั่วเหลือง

ที่มา : http://knowledgegenerals.org/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 แครอท

2.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ แครอทชื่อทางวิทยาศาสตร์ Daucus carota var sativar ชื่อไทย คือ หะวผักกาดแดง อยู่ในตระกูลพาสเล่ย์ (parsley) หรือ อัมเบลลิเฟอรี่ (Umbelifereae) เช่นเดียวกับ คื่นฉ่าย บัวบก ผักชี และผักชีฝรั่ง แครอทมีถิ่นกำเนิดในแถบเอเชียกลางถึงเอเชียตะวันตก จากนั้นจึงแพร่เข้าไปในกลุ่มประเทศยุโรปและประเทศจีน ในระยะแรกถูกนำมาใช้เป็นพืชสมุนไพรเพื่อรักษาโรค ต่อมาในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 ได้เริ่มนำมาใช้ประกอบอาหาร ส่วนของรากที่นำมาใช้ประกอบอาหารค่อนข้างแข็ง มีรสหวานและมีหลายสี ตั้งแต่สีส้ม สีแดงไปจนถึงสีเหลือง ทั้งนี้เนื่องจากมีรงควัตถุพวกแคโรทีนอย (carotenoid) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอในปริมาณมาก (นพวรรณ และณัฏฐา, 2532)

แครอทที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่เพื่อการบริโภค โดยอาจบริโภคสดเป็นผักสลัด เครื่องจิ้ม ปรุงเป็นเครื่องดื่ม และบริโภคในรูปอาหารประเภท ผัด แกง ทอด และเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เบเกอรี เช่น เค้ก คุกกี้ และขนมปัง (สรจักร,2539) มีการนำไปแปรรูปบ้างแต่ไม่มากนัก เช่น แครอทอบแห้ง แครอทแช่แข็ง และแครอทบรรจุกระป๋อง (โครงการหลวง,2533) แครอทกวน โดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเขาค้อ ตำบลเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และแครอทดองสามรสร่วมกับผักอื่น โดยฝ่ายผลิตของมูลนิธิโครงการหลวง (โครงการหลวง ,2533) มีการใช้ประโยชน์รูปแบบอื่นบ้างเล็กน้อย เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในตำรับยาจีนในการป้องกันและรักษาโรคตาบอดกลางคืน ไอเรื้อรัง ท้องผูก ความดันโลหิตสูง และเป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้ป่วยโดยการคั้นน้ำรับประทาน (ศรีนวล,2529)

2.3.2 คุณค่าทางโภชนาการของแครอท ในปี ค.ศ.1831 Wackenroder ได้แยกสารสีเหลืองส้มจากหัวแครอท และตั้งชื่อว่า “แคโรทีน (carotene)” (ศิริวรรณ,2550) ดังนั้น จึงถือได้ว่าแครอทเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีนที่ดีแหล่งหนึ่ง โดยแครอทหนัก 100 กรัม มีเบต้าแคโรทีน 6,994 ไมโครกรัม คำว่า”แคโรทีน” ได้ชื่อจากแครอทเพราะพบแคโรทีนซึ่งเป็นสารสีเหลืองส้มมากในแครอท

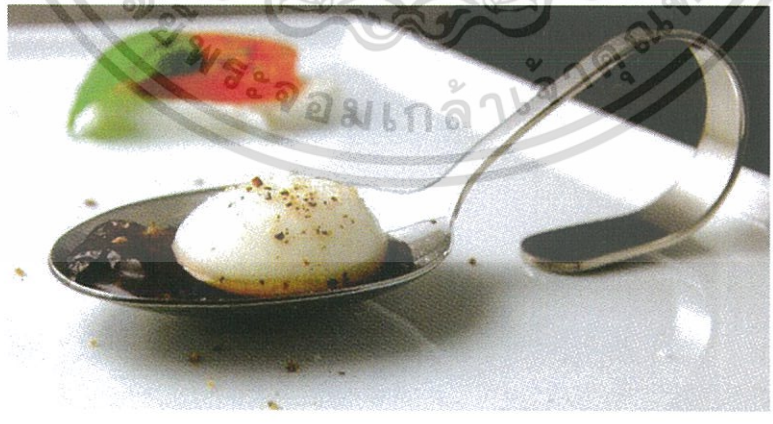
แคโรทีนเป็นสารในกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งตามธรรมชาติมีประมาณ 600 กว่าชนิด พบมากในผัก และผลไม้ที่มีสีส้ม เหลือง แดง เพราะเบต้าแคโรทีน คือ สารที่ทำให้ผักและผลไม้มีสีดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบเบต้าแคโรทีนในฟักทอง หน่อไม้ฝรั่ง แตงโม แคนตาลูป มะละกอสุก ผักสีเขียว เช่น บรอคโคลี มะระ ผักบุ้ง ผักคะน้า และตำลึง ในผักสีเขียวของเบต้าแคโรทีนถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังทำให้ผู้บริโภคอาจคิดว่าไม่มีเบต้าแคโรทีนอยู่ (กองโภชนาการ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การขึ้นรูปทรงกลม (Spherification)

2.2.1 ความหมาย เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม คือ กระบวนการสร้างรูปร่างของเหลว ที่เป็นทรงกลม โดยเพิ่มแรงตึงผิวของของเหลวจนคงรูปทรงได้จับตัวเป็นก้อน ที่มักจะใช้โซเดียมอัลจิเนต และ แคลเซียมคลอเรต หรือแคลเซียมกลูเคทแลคเตท ที่มีรูปร่างและเนื้อสัมผัส คล้ายไข่ปลา (Phillips, & Williams, 2000) เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ในอาหารสมันใหม่ (modernist cuisine) เพราะว่าทรงกลมเล็กๆ ที่ได้จะมีรูปร่างและเนื้อสัมผัสคล้ายไข่ปลาคาเวียร์ หรือทรงกลมขยาดใหญ่จะมีลักษณะคล้ายกับลูกแก้ว สามารถนำมาใช้จัดจานอาหารในแนวที่ทันสมัยแบบ “molecular” โดยเป็นส่วนประกอบในเมนูอาหารทั้งคาวและหวาน (พนม, 2557)

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในธุรกิจบริการอาหารครั้งแรกในปี 2003 จากร้านอาหารเอลบูยี ประเทศสเปน โดยพ่อครัวชาวสเปนชื่อ เฟอราน อาเดรีย จนกลายเป็นต้นแบบให้กับพ่อครัวในปัจจุบัน การขึ้นรูปทรงกลมมีพื้นฐานมาจากการใช้สมบัติของสารไฮโดรคอลลอยย์ขึ้นรูปอาหารเหลว เช่น น้ำผลไม้ สารสกัดจากเครื่องเทศ ซอส และนม เป็นต้น ให้มีรูปร่างกลม เช่น การใช้โซเดียมอัลจิเนตละลายในอาหารเหลว หยดส่วนผสมอาหารเหลวลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เกิดเป็นแคลเซียมอัลจิเนตซึ่งมีลักษณะเป็นเจลที่มีลักษณะกลม ซึ่งการขึ้นรูปทรงกลมสามารถทำให้มีขนาดของทรงกลมแตกต่างกันได้ และมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ได้แก่ คาเวียร์ (caviar) ไข่ (egg) น็อคชี่ (gnocchi) และราวิโอลี่ (ravioli) เป็นต้น ลักษณะทรงกลมที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีเยื่อหุ้มบางๆ รอบๆ ของอาหารเหลว เมื่อกดในปากเพียงเล็กน้อยจะทำให้ทรงกลมนั้นแตกออกมา และเกิดกลิ่นรสที่หน้าประหลาดใจขึ้น (พนม, 2557)



ภาพที่ 2.3 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification)
ที่มา : http://www.molecularrecipes.com/spherification/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธี ได้แก่ (พนม, 2557)

1. การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (basic spherification) เป็นเทคนิคที่ต้องจุ่มของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีโซเดียมอัลจิเนตอยู่ ลงในสารละลายแคลเซียมเป็นเทคนิคที่สามารถทำได้ง่าย เยื่อหุ้มเซลล์ของทรงกลมที่ได้จะมีความเปราะบาง และเมื่อรับประทานทำให้ทรงกลมแตกได้ง่าย ข้อเสียของการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐานคือการเกิดเจลภายในทรงกลมสามารถเกิดขึ้นได้ต่อเนื่องแม้จะนำเม็ดเจลออกจากสารละลายแคลเซียม หรือล้างแล้วก็ตาม ทำให้ต้องเสิร์ฟผลิตภัณฑ์ที่ได้อย่างเร็วหากไม่ต้องการให้ทรงกลมมีลักษณะเป็นเจลทั้งเม็ด อีกปัญหาคือ การเกิดเจลของทรงกลมไม่สามารถเกิดเจลได้ที่สภาวะความเป็นกรดสูง (pH<5) แต่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการเติมโซเดียมซิเตรตในอาหารเหลว เพื่อลดระดับความเป็นกรดลง

2. การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (reverse spherification) เป็นเทคนิคที่สามารถทำได้โดยการจุ่มของเหลวที่มีส่วนผสมของแคลเซียมกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตตในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับมีความอเนกประสงค์กว่าวิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน สามารถขึ้นรูปอาหารเหลวได้หลายชนิด โดยเฉพาะอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมสูง และอาหารที่ใช้มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม เยื่อหุ้มเซลล์ของทรงกลมที่ได้มีความหนามากกว่าวิธีแรก และสามารถหยุดกรเกิดเจลได้เมื่อนำมาล้างด้วยน้ำ วิธีนี้สามารถนำไปใช้ได้หลากหลาย เช่น การทำไส้เค้กไข่ มูส ค็อกเทล และน้ำมันมะกอก เป็นต้น

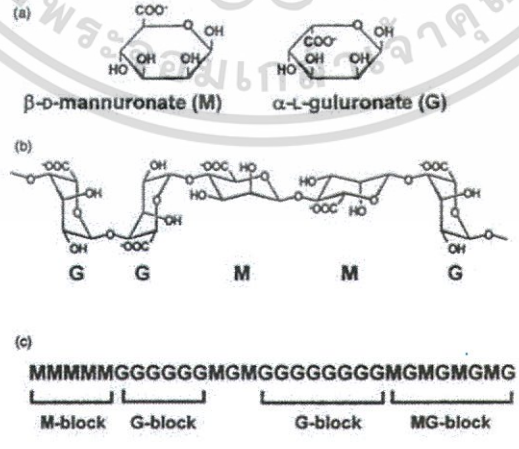
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อัลจิเนต (Phillips and Williams, 2000)

อัลจิเนตหรืออัลจินเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ ได้แก่ Macrocystis pyrifera มีอัลจินประมาณ 14-19 %, Laminaria cloustoni และ Laminaria digitata มีอัลจินประมาณ 15-40 % ปริมาณที่พบจะขึ้นกับชนิดของสาหร่าย ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่ว ๆไปในโลก ประเทศที่ผลิตอัลจิเนต มาก คือ อเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนนาดา และญี่ปุ่น

อัลจิเนตเป็น unbranched binary copolymer ของ 1,4-β-D-manuronic acid (M) และ L-guluronic acid (G) ในโมเลกุลประกอบด้วย homopolymeric regions ของ G และ M ที่เรียกว่า G- และ M-blocks ตามลำดับและยังมีบางส่วนของโมเลกุลเป็น MG-blocks ดังภาพที่ 2.4 สัดส่วนของ copolymer และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจิเนต เช่น ถ้าโพลีเมอร์มี G ในปริมาณที่สูงจะมี สมบัติเป็นเจลที่แข็งที่ความเข้มข้นของโลหะประจุบวกเฉพาะ (polyvalent metal cation) แต่ถ้า โพลิเมอร์มี M ปริมาณสูงจะมีแนวโน้มที่จะเกิดเจลที่อ่อนนุ่ม และมีสภาวะในการเกิดเจล ที่กว้างกว่า อัลจิเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์จึงมีสมบัติการละลายในน้ำที่แตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ ของเกลือ Ca^{2+}, K^{+}, Na^{+}, NH^{4+} และยังผลิตในรูปของ propylene glycol alginate ซึ่งได้จากปฏิกิริยาของ alginic acid กับ propylene oxide ภายใต้ความดัน อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายอัลจิเนตที่ได้ขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุล และการมีโลหะประจุบวก

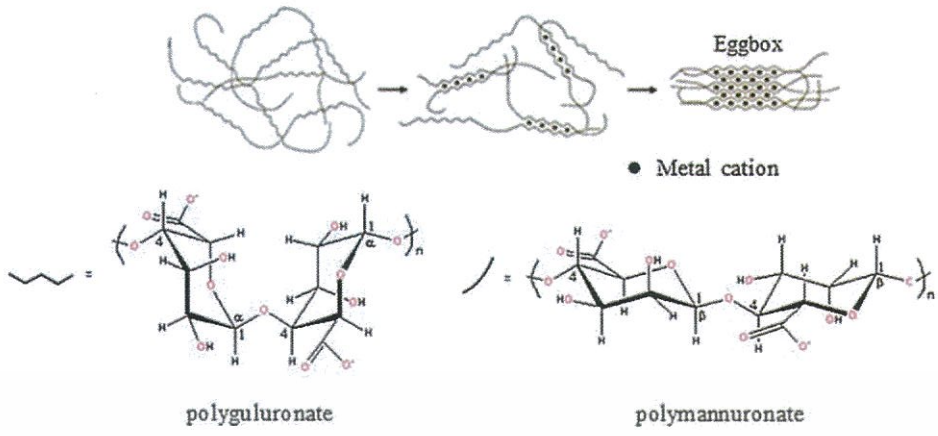
อัลจิเนตไม่ทุกชนิดมีคุณสมบัติเป็นเจลและจะเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} โครงสร้าง ของเจลมีลักษณะคล้ายกล่องไข่ (egg box) โดยมี Ca^{2+} เกาะอยู่กับสายโพลิเมอร์ ดังภาพที่ 2.5 คุณสมบัติที่ดีของอัลจิเนตคือ ทำให้เกิด Irreversible gel ในน้ำเย็นเมื่อมี Ca^{2+} รวมอยู่ด้วย ซึ่งคุณสมบัติในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำนี้ทำให้อัลจิเนต แตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายสีแดง



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของอัลจิเนต (Alginate) ชนิดต่างๆ

ที่มา : Phillips and Williams, (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 กลไกการเกิดเจลของ calcium alginate (Egg-box model)
ที่มา : Tavassoli-Kafrani , et al. (2016).

อัลจิเนตถูกนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดตั้งแต่ปี ค.ศ. 1920 โดยเติมในอาหารกระป๋อง บางชนิด ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว ทำให้อีมัลชั่นคงตัว สารทำให้เกิดเจล และสาร ยับยั้งการเกิด syneresis ตัวอย่างเช่น

1. propylene glycol alginate ใช้ในน้ำสลัด (salad dressing) และเบียร์ เพราะมีความสามารถละลายได้สูงที่ pH ต่ำ
2. โซเดี่ยมอัลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในไส้พายมะนาวที่แช่เย็นเพื่อให้เกิดความคงตัวระหว่าง freeze-thaw
3. ใช้เคลือบผิวชิ้นเนื้อปลาก่อนนำไปแช่เยือกแข็งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิด freeze burn กับชิ้นเนื้อปลา
4. ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีม, frozen dessert, sherbet, processed cheese และใช้เป็น Alginate gel restructured products เช่น Onion rings และ Shrimp-like fish products

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พนม (2557) ได้ศึกษาปัจจัยปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปทรงกลมของคาเวียร์กะทิ และการประยุกต์ใช้คาร์เวียร์กะทิในอาหารไทย จากการทดลองการเตรียมคาเวียร์กะทิโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือร้อยละ 0.35, 0.65 และ 0.95 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักกะทิ และใช้สารละลายเกลือแคลเซียมต่างกัน 2 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ และ แคลเซียมแลคเตต ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.5 , 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสพบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตเพิ่มขึ้นขนาดของทรงกลมคาเวียร์กะทิมีขนาดใหญ่ขึ้น ($p \leq 0.05$) และระดับความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อขนาดคาเวียร์การใช้สารละลายเกลือแคลเซียมแลคเตตจะมีแนวโน้มทำให้คาเวียร์กะทิที่ได้มีขนาดใหญ่กว่าการใช้สารละลายเกลือแคลเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และความเข้มข้นของสารละลายเกลือแคลเซียม ซึ่งสัมพันธ์กันโดยตรงจากการที่เพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและสารละลายเกลือแคลเซียม ทำให้ค่าความแข็งสูงขึ้น เนื่องจากคาเวียร์กะทิเกิดเจลได้ดีขึ้น และหากเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์เพิ่ม ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง

วรรณวิมล (2558) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ทรงกลมโดยใช้สารไฮโดรคอลลอยด์แอลจิเนตกับแคลเซียมคลอไรด์ ในการทำให้เกิดการสร้างพันธะเคมีภายในโมเลกุลจนเกิดเป็นลูกทรงกลม โดยศึกษาจากระยะเวลาในการแช่น้ำเย็น พบว่าการแช่น้ำเย็นไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ 12, 14 และ 16 ชั่วโมง การแช่เต้าหู้ทรงกลมในสารละลายแคลเซียมเป็นระยะเวลานานขึ้น จะทำให้ลักษณะทางกายภาพ น้ำหนัก ขนาด และความแข็ง เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ความเข้มข้นที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ทรงกลมคือความเข้มข้นของอัลจิเนต 1.97% และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1.59%

สุนีย์ (2552) ได้ศึกษาการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง วิธีการสกัดน้ำแครอท อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท อายุการเก็บรักษา และการยอมรับผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภค โดยศึกษาคุณภาพทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี คุณภาพทางประสาทสัมผัสและปริมาณจุลินทรีย์ สรุปได้ว่า น้ำนมถั่วเหลืองที่เหมาะสมใช้อัตราส่วนถั่วเหลืองแห้งต่อน้ำที่ใช้ในการสกัดน้ำนมถั่วเหลืองเท่ากับ 1:4 (โดยน้ำหนักถั่วเหลืองแห้ง) วิธีการลวกแครอทก่อนนำไปสกัดน้ำแครอทให้ผลผลิตที่ร้อยละ 70.30 และมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าการสกัดสด อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 70:30 และปริมาณน้ำตาลร้อยละ 5 โดยน้ำหนักเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท สามารถเก็บรักษาได้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 14 วันโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพและเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mansouripour, et al. (2013) ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อปริมาณของโปรไบโอติกส์ เนื่องจากสามารถสูญเสียหรือถูกยับยั้งการเจริญเติบโตได้ด้วยความร้อน และหาวิธีที่เหมาะสมในการป้องกันการยับยั้งการเจริญของโปรไบโอติกส์ โดยกระบวนการห่อหุ้มสารบางชนิด (microencapsulation) เพื่อประโยชน์ในการคงตัวของสารที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อมตลอดการใช้งาน โปรไบโอติกส์เป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยในการย่อยอาหาร ดูดซึมสารอาหาร คลอเลสเตอรอล และสร้างวิตามินที่เป็นประโยชน์ ปริมาณที่พบในอาหารต้องไม่เกิน 10^7 CFU/g พบว่าการใช้อัลจิเนต (ความเข้มข้นที่ใช้ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 3 และ 4) เป็นสารหุ้มไมโครแคปซูลสามารถช่วยป้องกันการลดลงของโปรไบโอติกส์ในระหว่างการให้ความร้อนได้ นอกจากนี้การเพิ่มความเข้มข้นของอัลจิเนตที่ใช้พบว่า เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นสามารถป้องกันการลดลงของโปรไบโอติกส์ได้มากกว่า

Lee และ Rogers (2012) ศึกษาชนิดของแคลเซียมที่มีผลต่ออัตราเร็วในการขึ้นรูปคาเวียร์ โดยใช้แคลเซียม 3 ชนิดคือ แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตต และแคลเซียมกลูโคโนเอต พบว่าแคลเซียมคลอไรด์ใช้เวลาในการเกิดเจลน้อยที่สุด (ประมาณ 100 วินาที) ตามด้วย แคลเซียมแลคเตต (ประมาณ 500 วินาที) และแคลเซียมกลูโคโนเอตใช้เวลานานที่สุด (ประมาณ 2,000 วินาที) และเมื่อนำมาทดสอบความแข็งพบกว่าแคลเซียมกลูโคโนเอตมีความแข็งแรงของเจลมากที่สุด

Liling, et al. (2016) ศึกษาความแข็งแรงของเจลอัลจิเนตที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ประจุของคอลไรด์ที่แตกต่างกันในการเชื่อมประสาน (Crosslinking) โดยใช้ คลอไรด์ 4 ชนิดคือ แมงกานีสคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ และอะลูมิเนียมคลอไรด์ เปรียบเทียบกับตัวควบคุม พบว่าประจุ 2^+ ของแคลเซียมคลอไรด์มีความแข็งแรงของเจลมากที่สุด ถัดมาคือ ประจุ 2^+ ของแมงกานีสคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์ และ ประจุ 3^+ ของอะลูมิเนียมคลอไรด์ ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ในระดับความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, และ 4 ในระยะเวลาในการเชื่อมประสาน ในแคลเซียมคลอไรด์ 2, 3 และ 4 นาที พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ร้อยละ 2 ระยะเวลา 2 นาที มีค่าความต้านทานการดึง (Tensile strength) และค่าแรงที่ใช้ในการฉีกขาด (Elongation at break) มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม. 60 จากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

แครอท จาก เทสโก โลตัส ซุปเปอร์มาร์เกต

3.1.2 สารเคมี

โซเดียมอัลจิเนต (Food grade) บริษัท รวมเคมี 1986 จำกัด

แคลเซียมคลอไรด์ บริษัท นิวตริชั่น จำกัด (ไทย)

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำนมถั่วเหลือง

1. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องปั่นสแตนเลส
3. หม้ออลูมิเนียม
4. ผ้าขาวบาง
5. กะละมังแสตนเลส
6. ทัพพี
7. เทอร์โมมิเตอร์
8. เครื่องคั้นน้ำแยกกาก

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไข่มุกนมถั่วเหลือง

1. ช้อนตวงหลุมลึก
2. เครื่องกวนสารแบบให้ความร้อน (Hot plate stir)
3. บีกเกอร์
4. แท่งแก้วคน
5. กระชอน
6. ไซริงค์ฉีดยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

นำถั่วเหลืองพันธุ์ ชม. 60 จำนวน 100 กรัม มาล้างทำความสะอาด แช่ในน้ำกรองปริมาตร 3 เท่าของน้ำหนักถั่วแห้ง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง จากนั้นล้างทำความสะอาดอีกครั้ง ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ถั่วที่ได้จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 เท่า เป็น 200 กรัม ลอกเอาเปลือกถั่วออก จากนั้นนำไปปั่นกับน้ำ 500 กรัม ด้วยเครื่องปั่น ความเร็วสูง เป็นเวลา 60 วินาที นำมากรองด้วยผ้าขาวบางแล้วบีบจนกากถั่วแห้ง กรองน้ำที่ได้ด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง นำไปต้มเพื่อให้ความร้อน จนกระทั่งนมถั่วเหลืองมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จับเวลาต่ออีก 10 นาที จึงได้เป็นน้ำนมถั่วเหลือง โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำนมถั่วเหลืองเท่ากับ 10.0 ± 1.0 องศาบริกซ์

หมายเหตุ : มีการเติมสารปรุงแต่ง เกลือ น้ำตาล และน้ำแครอท หลังจากการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

3.3.2 การเตรียมน้ำแครอท

ล้างแครอทให้สะอาด หั่นแครอทเป็นชิ้นตามขวาง หนา 2.0 เซนติเมตร นำไปปั่นในเครื่องปั่นแยกกากแยกน้ำ กรองแยกกากด้วยกระชอน 1 ครั้ง จนได้น้ำแครอท โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในน้ำแครอทเท่ากับ 7.0 ± 0.0 องศาบริกซ์

3.3.3 การขึ้นรูปทรงกลมไข่มุกนมถั่วเหลือง

เตรียมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตในน้ำร้อน (80 องศาเซลเซียส) ปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องกวนสารละลาย ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงหรือจนหมดฟองที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นเติมน้ำนมถั่วเหลือง ที่เตรียมไว้ในข้อ 3.3.1. เทลงในสารละลาย ใช้แท่งแก้วคนผสมให้เข้ากัน ขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้ช้อนตวงสารขนาด 1 ช้อนโต๊ะ หยอดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 โดยใช้น้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 2 มิลลิลิตร แช่ไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นช้อนไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ได้ ล้างด้วยน้ำสเตอริไรซ์ เก็บในภาชนะสะอาดที่เติมน้ำปริมาตร 100 ml แช่ในน้ำนาน 16 ชั่วโมงก่อนนำมาวิเคราะห์

ภาพที่ 3.1 ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่ได้จากการขึ้นรูปทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

148894

3.3.4 ผลของการเติมน้ำตาลหรือเกลือที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง

ทดลองเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือ ตามวิธีการในข้อ 3.3.1 ที่มีการใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เติมลงในน้ำนมถั่วเหลือง 3 ระดับคือ ร้อยละ 0 , 5 และ 10 หรือความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงในน้ำนมถั่วเหลือง 3 ระดับคือ ร้อยละ 0 , 0.5 และ 1 แล้วนำมาขึ้นรูปตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก และใช้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไข่มุกนมถั่วเหลืองมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

1. ตรวจดูรูปร่างและความสมบูรณ์ของทรงกลมด้วยสายตา
2. วิเคราะห์ขนาดทรงกลมของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)
3. วิเคราะห์น้ำหนักของไข่มุกนมถั่วเหลือง ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
4. วิเคราะห์ค่าสีของข้าวทรงกลม โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR 400 ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)
5. วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความแข็งของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส รุ่น TA-xT2i

3.3.5 ผลของการเติมน้ำแครอทที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง

ทดลองเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองที่มีการผสมน้ำแครอท (จากการคั้นน้ำแครอทด้วยเครื่องแยกกาก) โดยใช้อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลือง:น้ำแครอท เท่ากับ 70:30 60:40 และ 50:50 แล้วนำมาขึ้นรูปตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก และใช้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไข่มุกนมถั่วเหลืองมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

1. ตรวจดูรูปร่างและความสมบูรณ์ของทรงกลมด้วยสายตา
2. วิเคราะห์ขนาดทรงกลมของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)
3. วิเคราะห์น้ำหนักของไข่มุกนมถั่วเหลือง ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
4. วิเคราะห์ค่าสีของข้าวทรงกลม โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR 400 ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)
5. วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความแข็งของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส รุ่น TA-xT2i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ผลของการเติมน้ำตาลหรือเกลือที่ส่งผลต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท (50:50)

ทดลองเตรียมน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท (50:50) ที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือ ตามวิธีการในข้อ 3.3.1 และข้อ 3.3.2 ที่มีการใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลที่เติมลงในน้ำนมถั่วเหลือง 3 ระดับคือ ร้อยละ 0 , 5 และ 10 หรือความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงในน้ำนมถั่วเหลือง 3 ระดับคือ ร้อยละ 0 , 0.5 และ 1 แล้วนำมาขึ้นรูปตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก และใช้แคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนัก จากนั้นนำไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพดังนี้

1. ตรวจดูรูปร่างและความสมบูรณ์ของทรงกลมด้วยสายตา
2. วิเคราะห์ขนาดทรงกลมของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)
3. วิเคราะห์น้ำหนักของไข่มุกนมถั่วเหลือง ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
4. วิเคราะห์ค่าสีของข้าวทรงกลม โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR 400 ซึ่งแสดงผลในรูปของค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)
5. วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้านความแข็งของไข่มุกนมถั่วเหลือง โดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส รุ่น TA-xT2i

3.3.7 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ศึกษาการยอมรับของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท (50:50) โดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test ของนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน โดยปัจจัยคุณภาพที่นำมาทดสอบคือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรสน้ำนมถั่วเหลือง กลิ่นรสแครอท เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งทำการเตรียมน้ำชุปดังรายละเอียดภาคผนวก ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือ

การศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาหรือเกลือ ทำโดยการเตรียมไข่มุกนมถั่วเหลือง ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 2 และแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนักนมถั่วเหลือง นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ขนาดของไข่มุกนมถั่วเหลือง น้ำหนัก ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยทำการทดสอบคุณภาพหลังจากเก็บในน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

จากการทดลองการขึ้นรูปทรงกลมของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือ พบว่า ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่ง ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่เติมน้ำตาลร้อยละ 5, เกลือร้อยละ 0.5 และ 1 สามารถเกิดเจลทรงกลมได้อย่างสมบูรณ์ แต่ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่เติมน้ำตาลร้อยละ 10 ไม่สามารถเกิดเจลทรงกลมได้อย่างสมบูรณ์ จึงไม่นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพต่อไป

ภาพที่ 4.1 ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือในปริมาณต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ ไข่มุกนมถั่วเหลือง ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล

Condition	Size (mm)	Weight (g)	Color L*	Color a*	Color b*	Hardness (g·force)
0%	1.78±0.03[b]	3.23±0.10[a]	89.74±0.15[a]	-5.75±0.25[b]	15.24±0.36[c]	1548.00±42.60[a]
Sugar 5%	1.84±0.03[a]	3.15±0.01[a]	89.66±0.14[a]	-5.42±0.08[a]	17.32±0.47[b]	920.48±82.47[b]
Salt 0.5%	1.85±0.05[a]	2.97±0.11[b]	88.50±0.12[b]	-5.50±0.10[a]	18.51±0.16[a]	876.93±59.94[b]
Salt 1%	1.80±0.01[b]	2.79±0.08[c]	88.04±0.07[c]	-5.88±0.06[b]	18.12±0.35[a]	905.45±63.68[b]

หมายเหตุ : [a,b,c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย± SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ (Hardness 10 ซ้ำ)

จากตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองเมื่อมีการน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 5 และเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 พบว่าขนาดของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาลร้อยละ 5 มีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) น้ำหนัก และค่าสีด้านความสว่าง (L*) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่ง

พบว่าขนาดของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมเกลือร้อยละ 0.5 และ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ แต่ง น้ำหนักมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีด้านความสว่าง (L*) และค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งสองความเข้มข้น เมื่อเปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมสารปรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง ในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน

การศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง ในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความเข้มข้นน้ำแครอท ร้อยละ 30, 40 และ 50 ทำโดยการเตรียมเต้าหู้ทรงกลม ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 2 และแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนักนมถั่วเหลือง นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ขนาดของไข่มุกทรงกลม น้ำหนัก ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยทำการทดสอบคุณภาพหลังจากแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

จากการทดลองการขึ้นรูปทรงกลมของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ความเข้มข้นน้ำแครอท ร้อยละ 30, 40 และ 50 สามารถเกิดเจลทรงกลมได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.2 จึงนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพต่อไป

ภาพที่ 4.2 ไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำแครอทในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ ไข่มุกนมถั่วเหลือง ในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน

Condition	Size (mm)	Weight (g)	Color L*	Color a*	Color b*	Hardness (g·force)
Carrot 0%	1.78±0.03[a]	3.23±0.10[a]	89.74±0.15[a]	-5.75±0.25[d]	15.24±0.36[d]	1548.00±42.60[a]
Carrot 30%	1.78±0.03[a]	2.70±0.16[b]	75.87±0.32[b]	11.20±0.26[c]	29.11±0.37[c]	1314.00±95.99[b]
Carrot 40%	1.64±0.02[b]	2.10±0.04[c]	73.16±0.34[c]	15.70±0.17[b]	33.52±0.28[b]	1350.00±53.12[b]
Carrot 50%	1.65±0.03[b]	2.29±0.06[c]	70.02±0.29[d]	17.48±0.13[a]	35.34±0.39[a]	1497.00±49.64[a]

หมายเหตุ : [a,b,c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย± SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ (Hardness 10 ซ้ำ)

จากตารางที่ 4.2 ลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทที่แตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่าขนาดของไข่มุกนมถั่วเหลืองเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแครอท จะมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) น้ำหนักมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีด้านความสว่าง (L*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นน้ำแครอทที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแครอท เมื่อเปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมน้ำแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล

การศึกษาผลของลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง ที่อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล ทำโดยการเตรียมเต้าหู้ทรงกลม ขึ้นรูปโดยใช้ความเข้มข้นโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 2 และแคลเซียมคลอไรด์ ร้อยละ 1.75 โดยน้ำหนักนมถั่วเหลือง นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ขนาดของไข่มุกทรงกลม น้ำหนัก ค่าสี และลักษณะเนื้อสัมผัส โดยทำการทดสอบคุณภาพหลังจากแช่น้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

จากการทดลองการขึ้นรูปทรงกลมของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่มีการเติมน้ำตาลหรือเกลือ พบว่า ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่ง ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่เติมน้ำตาลร้อยละ 5, เกลือร้อยละ 0.5 และ 1 สามารถเกิดเจลทรงกลมได้อย่างสมบูรณ์ จึงนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางด้านกายภาพต่อไป

ภาพที่ 4.3 ไข่มุกนมถั่วเหลือง ที่อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของ ไข่มุกนมถั่วเหลือง อัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือหรือน้ำตาล

Condition	Size (mm)	Weight (g)	Color L*	Color a*	Color b*	Hardness (g·force)
0%	1.65±0.03[a]	2.29±0.06[a]	70.02±0.29[a]	17.48±0.13[c]	35.34±0.39[c]	1497.00±49.64[a]
Sugar 5%	1.57±0.02[c]	2.03±0.00[c]	68.64±0.27[b]	22.26±0.12[a]	42.97±0.53[b]	1261.00±48.49[c]
Salt 0.5%	1.60±0.04[b]	2.20±0.01[b]	63.60±0.33[c]	22.53±0.51[a]	44.87±0.66[a]	1492.00±50.05[a]
Salt 1%	1.65±0.01[a]	2.31±0.01[a]	63.48±0.14[c]	21.73±0.04[b]	43.41±0.16[b]	1314.00±67.51[b]

หมายเหตุ : [a,b,c] หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ย± SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ (Hardness 10 ซ้ำ)

จากตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทเมื่อมีการน้ำตาลความเข้มข้นร้อยละ 5 และเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และ 1 พบว่าขนาด น้ำหนัก และค่าสีด้านความสว่าง (L*) ของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่มีการเติมน้ำตาลร้อยละ5 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่ง

พบว่าขนาด และน้ำหนักของไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมเกลือร้อยละ 0.5 และ 1 มีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ ค่าสีด้านความสว่าง (L*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งสองความเข้มข้นและค่าความแข็งของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทที่มีการเติมเกลือร้อยละ 0.5 แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และที่มีการเติมเกลือร้อยละ 1 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ไม่ได้เติมสารปรุงแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาการยอมรับของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท (50:50) โดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาการยอมรับของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท (50:50) โดยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale Test ของนักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 30 คน ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50

ปัจจัยคุณภาพ	ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50
ลักษณะปรากฏ	7.40±0.97
สี	7.50±0.97
กลิ่นรสน้ำนมถั่วเหลือง	5.83±1.21
กลิ่นรสแครอท	6.23±1.55
เนื้อสัมผัส	7.07±1.11
ความชอบรวม	7.00±1.14

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย± SD จากการผู้ทดสอบจำนวน 30 คน

จากตารางที่ 4.4 พบว่าไข่มุกนมถั่วเหลืองได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ 7.40 ด้านสี 7.50 กลิ่นรสน้ำนมถั่วเหลือง 5.83 การที่คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสเป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากไข่มุกนมถั่วเหลืองมีปริมาณสัดส่วนของถั่วเหลืองกับน้ำแครอทอาจน้อยเกินไปจึงทำให้กลิ่นรสยังไม่มากพอ ทำให้ได้คะแนนความชอบค่อนข้างต่ำ กลิ่นรสแครอท 6.23 ด้านเนื้อสัมผัส 7.07 และความชอบโดยรวม 7.00 โดยคะแนนความชอบของไข่มุกนมถั่วเหลืองอยู่ในช่วงชอบปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน50:50

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีบางประการของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท แสดงในตารางที่ 4.5 ไข่มุกนมถั่วเหลืองมีปริมาณความชื้นร้อยละ 95.40 ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.50 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.74 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.76 ปริมาณใยอาหารร้อยละ 0.94 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.66

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของ ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50

Chemical composition	ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท อัตราส่วน 50:50 (%)
ความชื้น	95.40±0.12
เถ้า	0.50±0.11
โปรตีน	1.74±0.00
ไขมัน	0.76±0.07
ใยอาหาร	0.94±0.02
คาร์โบไฮเดรต	0.66

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย± SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ไข่มุกนมถั่วเหลืองเป็นการนำเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม โดยอาศัยโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมคลอไรด์ เกิดเป็นโครงสร้างเจลที่มีลักษณะเป็นทรงกลม โดยศึกษาลักษณะทางกายภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง เปรียบเทียบกับไข่มุกนมถั่วเหลืองที่มีการเติมน้ำตาล 10% , 5% และเกลือ 0.5% , 1% พบว่า การเติมน้ำตาล 10% ทำให้ไข่มุกนมถั่วเหลืองไม่สามารถขึ้นรูปได้ และเมื่อเติมเกลือและน้ำตาลจะทำให้ค่าความแข็งของไข่มุกนมถั่วเหลืองลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลของการเติมน้ำแครอทที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ค่าสีแดง (a*) ของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทความเข้มข้น 50% ที่เติมน้ำตาล 5% เกลือ 0.5% เกลือ 1% พบว่า สามารถขึ้นรูปได้ดี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบปานกลาง ผลของการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท พบว่าประกอบด้วย ความชื้น 95.40% เถ้า 0.50% โปรตีน 1.74% ไขมัน 0.76% คาร์โบไฮเดรต 0.66% และใยอาหาร 0.94%

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาผลของการให้ความร้อนในระดับสเตอริไรซ์ต่อคุณภาพของไข่มุกนมถั่วเหลือง เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา
2. ศึกษาการกำจัดฟองอากาศออกจากไข่มุกนมถั่วเหลือง เพื่อให้ได้ลักษณะของการเกิดเจลที่ดีขึ้น
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาไข่มุกนมถั่วเหลือง เมื่อมีการเติมสารปรุงแต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. (2547). เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลือง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.

โครงการหลวง. (2533). คู่มือส่งเสริมการปลูกพืชผักบนที่สูงในประเทศไทย. ดารารัตน์การพิมพ์, เชียงใหม่.

นพวรรณ สมิทธินันท์ และ ณัฏฐา โคกเกษม. (2532). ผลิตภัณฑ์อาหารว่างจากแครอทโครงการการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมประสบการณ์. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ประเทืองศรี สินชัยศรี และ วิมลศรี เทวะผลิน, 2523. การศึกษาปริมาณไขมันและโปรตีนในถั่วเหลืองบางพันธุ์. ว. อาหาร. 12 : 314-326.

ประไพศรี ศิริจักรวาล และ ประภาศรี ภูวเสถียร, 2546. “ถั่วเหลือง มีดีอย่างไร...”. โครงการกระดูกสร้างชีวิต รู้ก่อนพร้อมกว่า. สถาบันวิจัยโภชนาการ, นครปฐม.

พนม ทองมาก. (2557). การขึ้นรูปทรงกลมของคาเวียร์กะทิโดยใช้โซเดียมอัลจิเนตและการประยุกต์ใช้ในอาหารไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, นิธิยา รัตนาปนนท์. ถั่วเหลือง.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1359/soybean-ถั่วเหลือง. 10 พฤศจิกายน 2558.

ภัคธีมา สุขพันธ์. (2552). การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองเสริมพรีไบโอติกสำหรับผู้บริโภคสูงอายุ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร

วรรณวิมล พุ่มโพธิ์. (2558). การผลิตเต้าหู้โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วาตี ภูโรจสวัสดิ์ . (2550). “Plus Value” เกมเปลี่ยนขั้วตลาดนมถั่วเหลือง. นิตยสารข่าวการตลาดโฟร์พี. 44 (4): 56-59.

ศรีนวล เจียรจันทร์พงษ์. (2529). อาหารและสุขภาพ. โรงพิมพ์รุ่งแสงการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ศิริวรรณ สุทธจิตต์. (2550). คู่มือสุขภาพเกี่ยวกับวิตามิน. สำนักพิมพ์ The knowledge Center, กรุงเทพฯ

สถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2547). โครงการถายทอดเทคโนโลยีการผลิตนมถั่วเหลืองเสริมแคลเซียมสูชุมชน จังหวัดลำปาง. นครปฐม. 226 หน้า.

สรจักร ศิริบริรักษ์. (2539). “แครอทหวานกรอบ”. พลอยแกมเพชร. 96 (เมษายน) : 26.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรีย์ แถวเที่ยง. (2552). เครื่องดื่มน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท. วิทยานิพนธ์ปริญญาคหกรรมศาสตร-มหาบัณฑิต(อาหารและโภชนาการ) สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Chaiwanon, P. (1999). Calcium fortification in soybean milk and in-vitro bioavailability. M.S. Mahidol University.

de Man, L., de Man, J. M. and Buzzell, R. I. (1987). Composition and properties of soymilk made from Ontario light hilum soybeans. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal. 20: 363-367.

Iwuoha, C. I. and Umunnakwe, K. E. (1997). Chemical, physical and sensory characteristics of soymilk as affected by processing method, temperature and duration of storage. Food Chem. 59: 313–379.

Lee, P., Rogers, M.A. (2012). Effect of calcium source and exposure-time on basic caviars pherification using sodium alginate. International Journal of Gastronomy and Food Science, 1(2012): 96-100.

Liling, G., & Di, Z., & Jiachao, X., & Xiaoting, F., & Qing, Z. (2016). Effects of ionic crosslinking on physical and mechanical propertiesof alginate mulching films. Carbohydrate Polymers, 136(2016): 259-265.

Liu, K. (1997). Soybeans : Chemistry, Technology and Utilization. Chapman & Hall, New York. Mansouripour, S., & Esfandiari, Z., & Nateghi, L. (2013). The effect of heat process on the survival and increased viability of probiotic by microencapsulation: A review. Annals of Biological Research, 2013, 4(4): 83-87

Merkley, K. S., & Goss, W. H. (1944). Soybean Chemistry and Yechnology. Brooklyn, N.Y.: Chemical publishing.

Min, S., YU, Y. and Martin, S. St. 2005. Effect of soybean varieties and growing locations on the physical and chemical properties of soymilk and tofu. Food Science Journal.70, 8-12.

Phillips, G.O., & Williams, P.A., (2000). “Handbook of hydrocolloids”, New York, CRC press, pp. 87-213

Poysa, V. and Woodrow, L. (2002). Stability of soybean seed composition and its effect on soymilk and tofu yield and quality. Food Research International. 35: 337–345.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reddy, P.V. and Mital, B.K. (1992). Physical and chemical characteristics of soymilk. Food Science and Technology Journal.293, 193-194.

Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. Carbohydrate Polymer, (2016)137, 360-374.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. Basic Report 11450, Soybeans, green, raw. (Report Date: 23 November 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

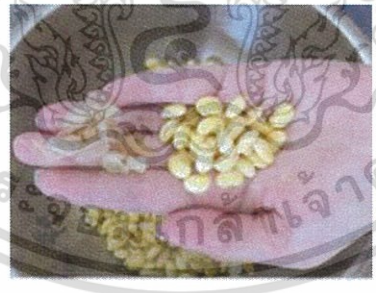
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การขึ้นรูปทรงกลมไข่มุกนมถั่วเหลือง

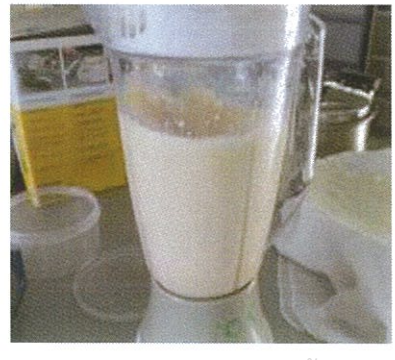
1. นำถั่วเหลืองพันธุ์ ชม. 60 จำนวน 100 กรัม มาล้างทำความสะอาด

2. แช่ในน้ำกรองปริมาตร 3 เท่าของน้ำหนักถั่วแห้ง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

3. ล้างทำความสะอาดอีกครั้ง ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ ถั่วที่ได้จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1 เท่า เป็น 200 กรัม ลอกเอาเปลือกถั่วออก



4. นำไปปั่นกับน้ำ 500 กรัม ด้วยเครื่องปั่น ความเร็วสูง เป็นเวลา 60 วินาที



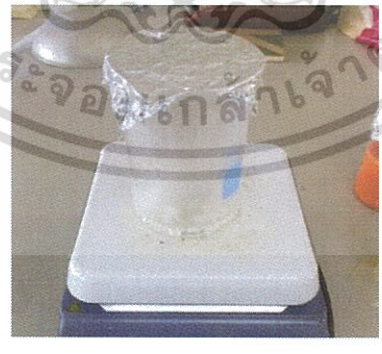
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำมากรองด้วยผ้าขาวบางแล้วบีบจนกากถั่วแห้ง กรองน้ำที่ได้ด้วยผ้าขาวบางอีกครั้ง

6. ต้มเพื่อให้ความร้อน จนกระทั่งนมถั่วเหลืองมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จับเวลาต่ออีก 10 นาที ได้เป็นน้ำนมถั่วเหลือง

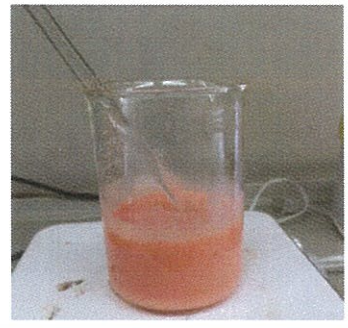
   หมายเหตุ : มีการเติมสารปรุงแต่ง เกลือ น้ำตาล และน้ำแครอท หลังจากการเตรียมน้ำนมถั่วเหลือง

7. เตรียมสารละลายอัลจิเนตปริมาณร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของนมถั่วเหลือง โดยใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก
8. ผสมสารละลายอัลจิเนตให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องกวนสารละลาย ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงหรือจนหมดฟองที่อุณหภูมิห้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

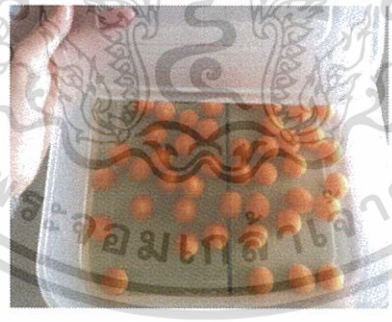
9. จากนั้นเติมน้ำนมถั่วเหลือง ที่เตรียมไว้ในข้อ 6. เทลงในสารละลาย ใช้แท่งแก้วคนผสมให้เข้ากัน



10.ขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้ช้อนตวงสารขนาด 1 ช้อนโต๊ะ หยอดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.75 โดยใช้น้ำนมถั่วเหลืองปริมาณ 2 มิลลิลิตร

11.แช่ไข่มุกนมถั่วเหลืองในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไว้เป็นเวลา 30 นาที

12.นั้นช้อนไข่มุกนมถั่วเหลืองที่ได้ ล้างด้วยน้ำสเตอริไรซ์ เก็บในภาชนะสะอาดที่เติมน้ำ แช่ในตู้เย็นนาน 16 ชั่วโมงก่อนนำมาวิเคราะห์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ข.1 การวัดสี (Chroma meter; Monilta CR – 400, Japan)

1.1 เตรียมตัวอย่างไข่มุกนมถั่วเหลือง

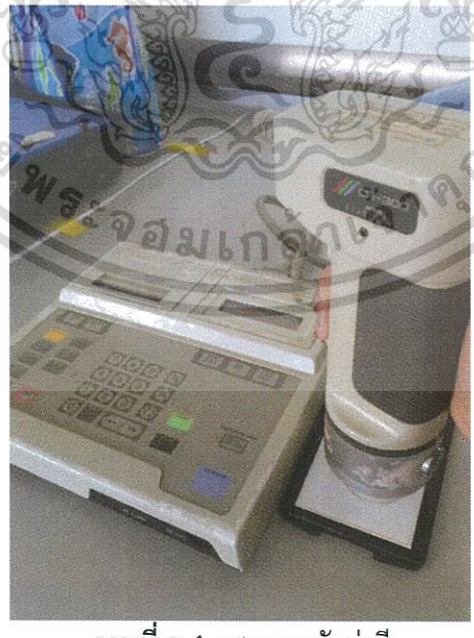
1.2 ปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; L*=97, a*= -0.18, b*= 1.84)

1.3 นำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่างและวัดค่าทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของการวัด

1.4 บันทึกค่าสีในค่า L*, a* และ b* โดยค่า

L* คือ	ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100
a* คือ	ค่าสีแดงและสีเขียว	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวกเป็นสีแดง
		เมื่อ a* มีค่าเป็นลบเป็นสีเขียว
b* คือ	ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวกเป็นสีเหลือง
		เมื่อ b* มีค่าเป็นลบเป็นสีน้ำเงิน

ก่อนการวัดสีทุกครั้งต้องปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน (White blank; L*=97, a*= -0.18, b*= 1.84) แล้วจึงวัดสีของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ ข.1 แสดงการวัดค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer

นำตัวอย่างเต้าหู้ทรงกลม จำนวน 10 ชิ้นมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-xT2i โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) เป็นระยะ (stain) ร้อยละ 50 วิเคราะห์ค่าที่วัดได้ด้วยโปรแกรม Texture profile analysis ปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของ Load cell ดังนี้

Pre-Test Speed	:	1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
Test Speed	:	5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
Post-Test Speed	:	5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที

ภาพที่ ข.2 แสดงการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

รายงานผลค่าความแข็งแรง (Hardness) ของไข่มุกนมถั่วเหลืองในหน่วย กรัม.แรง ทดสอบในรูปแบบ compression กำหนดการเคลื่อนที่ของหัววัดเป็น return to start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การวัดความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DViii

นำสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทหลังจากผสมด้วยอัลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยจะวิเคราะห์ความหนืดในอัตราส่วนน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอท 50:50 ที่มีการเติม เกลือและน้ำตาล โดยเครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DViii โดยใช้หัววัดเบอร์ 25

อุปกรณ์

1.เครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DVIII

2. ชุดการวิเคราะห์แบบ Small sample

3. หัววัด (Spindle) เบอร์ 25

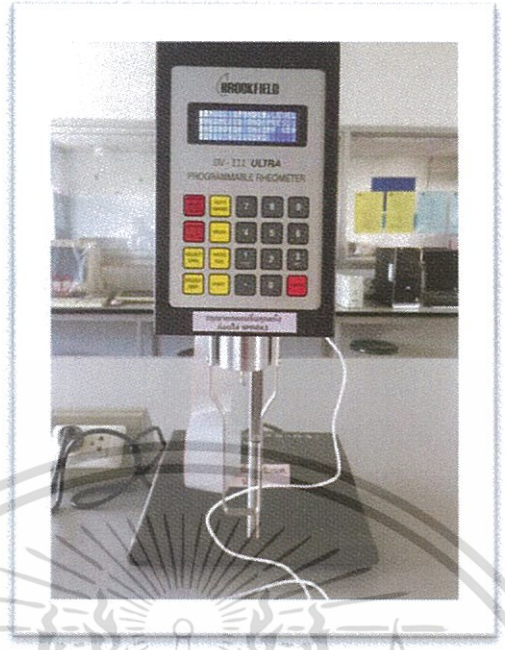
4. สายวัดอุณหภูมิ

วิธีการทดลอง

1. เปิดสวิทช์เครื่องวัดความหนืด
2. เอาหัววัด (Spindle) ออกจากแกนมอเตอร์
3. กดปุ่มใดๆเครื่องจะทำการ Calibrate โดยอัตโนมัติ เมื่อการ Calibrate เสร็จสิ้น หน้าจอจะขึ้นข้อความว่าให้ใส่หัววัดได้ จึงใส่หัววัดที่จะใช้วัด หัววัดความหนืดมี 7 ขนาด หัววัดหมายเลข 1 จะวัดความหนืดในช่วงความข้นหนืดต่ำ หัววัดหมายเลขสูงขึ้นจะวัดความหนืดในช่วงที่สูงขึ้น
4. การวัดความข้นหนืดต้องเลือกหัววัดและความเร็วรอบให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
5. เตรียมตัวอย่างสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอทหลังจากผสมด้วยอัลจิเนตโดยตัก ประมาณ 10-12 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ Small sample
6. นำบีกเกอร์ไปวางใต้เครื่องวัดความหนืด ใส่หัววัดที่แกนมอเตอร์ ลดระดับเครื่องวัดความข้นหนืดลงจนหัววัดจุ่มลงในตัวอย่างจนถึงขีดที่กำหนดในแกนหัววัด ตรวจสอบหมายเลขหัววัดที่แสดงบนจอให้ตรงกับหัววัดที่ต่อกับแกนมอเตอร์
7. ตั้งความเร็วรอบในการหมุน กดสวิทช์เปิดมอเตอร์ ให้ค่าร้อยละ Torque เข้าใกล้ 80 มากที่สุด
8. การวัดความข้นหนืดในการทดลอง โดยตั้งความเร็วรอบที่เหมาะสมในการทดลองนั้นๆใช้หัววัดเบอร์ 25 กดปุ่มเปิดมอเตอร์ อ่านค่าความหนืดที่ได้

*หมายเหตุ :ค่าความหนืด วัดด้วยหัววัดเบอร์ 25 ที่อุณหภูมิ 25 ±1 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.3.1 เครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DViii

ตารางที่ ข.3.1 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองผสมอัลจิเนต

Condition	RPM	Torque (%)	Viscosity (Cp)	SSTR (Pa)	S rate (1/s)
0 %	5	11.2	10750	118.2	1.1
	10	20.2	9694	213.3	2.2
	15	28.0	8990	297.7	3.3
	20	35.4	8518	375.9	4.4
	25	42.2	8139	446.6	5.5
	30	48.6	7806	518.4	6.6
	35	54.9	7555	582.8	7.7
	40	60.9	7306	643.0	8.8
	45	66.3	7070	700.0	9.9
	50	71.6	6872	755.9	11.0
	55	76.5	6684	808.7	12.1
	60	81.5	6527	861.5	13.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3.2 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทในอัตราส่วน 70:30 ผสมอัลจิเนต

Condition	RPM	Torque (%)	Viscosity (Cp)	SSTR (Pa)	S rate (1/s)
30 %	5	11.5	11230	126.7	1.1
	10	21.9	10510	231.2	2.2
	15	30.7	9822	330.5	3.3
	20	38.7	9286	409.6	4.4
	25	46.3	8907	489.9	5.5
	30	53.8	8622	569.1	6.6
	35	60.3	8282	638.7	7.7
	40	66.9	8026	707.4	8.8
	45	72.9	7785	770.7	9.9
	50	78.8	7573	833.0	11.0
	55	84.6	7382	893.2	12.1

ตารางที่ ข.3.3 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทในอัตราส่วน 60:40 ผสมอัลจิเนต

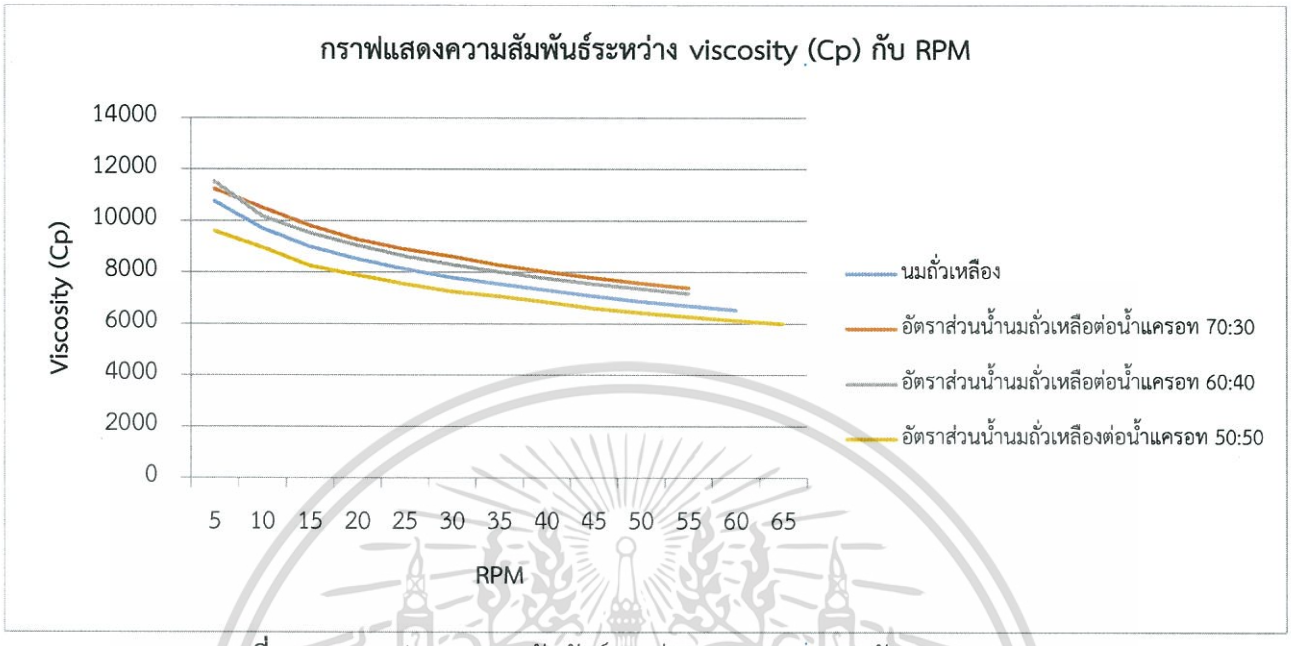
Condition	RPM	Torque (%)	Viscosity (Cp)	SSTR (Pa)	S rate (1/s)
40 %	5	12.0	11518	126.7	1.1
	10	21.2	10174	223.8	2.2
	15	29.7	9534	315.7	3.3
	20	37.7	9046	398	4.4
	25	45.0	8638	475.1	5.5
	30	51.9	8302	549	6.6
	35	58.5	8021	618.7	7.7
	40	64.8	7774	685.2	8.8
	45	70.6	7550	747.5	9.9
	50	76.6	7362	809.7	11.0
	55	82.3	7181	870.9	12.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

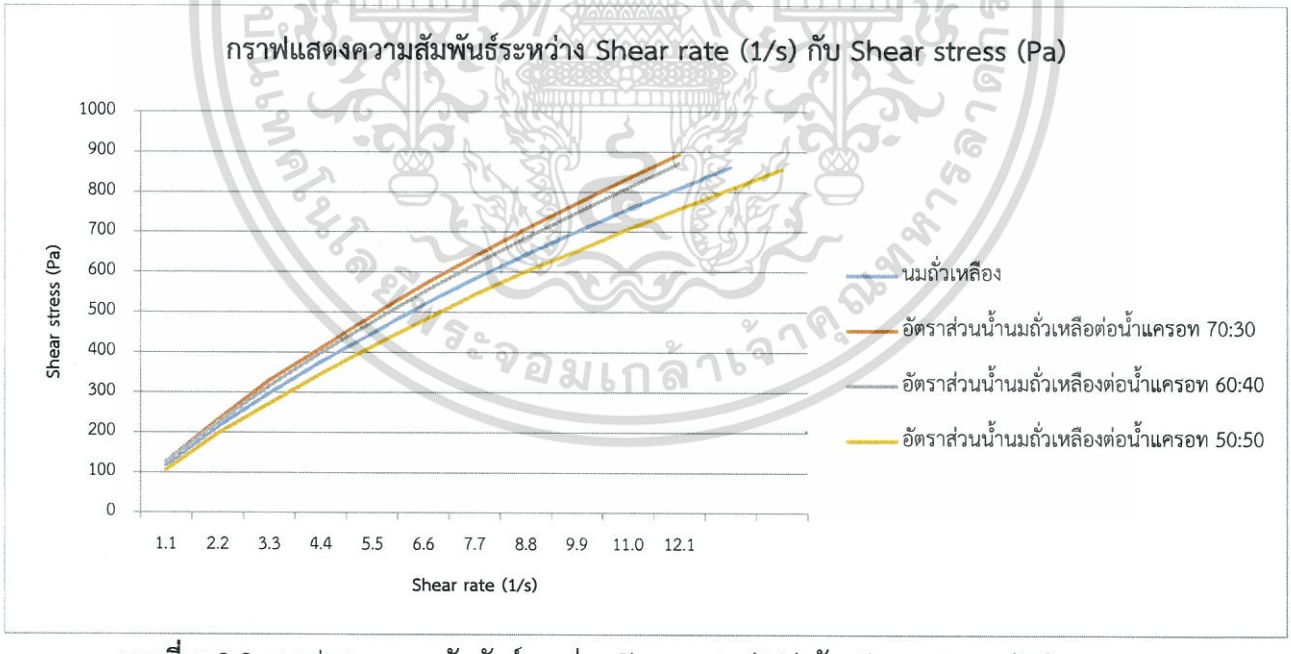
ตารางที่ ข.3.4 ความหนืดของสารละลายน้ำนมถั่วเหลืองต่อน้ำแครอทในอัตราส่วน 50:50 ผสมอัลจิเนต

Condition	RPM	Torque (%)	Viscosity (Cp)	SSTR (Pa)	S rate (1/s)
50 %	5	10.0	9598	105.6	1.1
	10	18.6	8974	197.4	2.2
	15	26.8	8254	272.4	3.3
	20	32.9	7894	346.3	4.4
	25	39.2	7544	414.9	5.5
	30	45.2	7246	479.3	6.6
	35	51.5	7061	543.7	7.7
	40	57.0	6839	601.8	8.8
	45	61.7	6591	652.5	9.9
	50	66.8	6421	706.3	11.0
	55	71.6	6256	757.0	12.1
	60	76.3	6103	806.6	13.2
	65	81.0	5980	855.2	14.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง viscosity (Cp) กับ RPM



ภาพที่ ข.3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Shear rate (1/s) กับ Shear stress (Pa)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ทางเคมี

ค.1 การวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. อะลูมิเนียมแคน (Aluminium can)
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำ Aluminium can ใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเต้าหู้ทรงกลม 3-5 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ) โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝา Aluminium can ไว้ เมื่อครบเวลาปิดฝาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
3. เตาเผาไฟฟ้าที่ควบคุมอุณภูมิได้ (Furnace muffle)
4. Hot plate
5. ที่คีบ (Tong)

วิธีการทดลอง

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักและบันทึก
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3-5 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง
3. เผาตัวอย่างบน Hot plate จนหมดควัน (ทำในตู้ดูดความชื้น)
4. นำไปเผาที่ 600 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นสีขาวหรือสีเทา
5. คีบถ้วยกระเบื้องจากเตาเผา ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{b-a}{w} \times 100$$

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

w = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. Kjeldahl flask
3. เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นไนโตรเจน
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. Erlenmer flask ขนาด 250-500 มิลลิลิตร
6. Boiling chip ขนาด 3 เม็ด

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริกร้อยละ 2
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 หรือ 0.01 N
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32
5. ตัวเร่ง (Catalyst) (เตรียมจาก 1:8 ของ $CuSO_4/K_2SO_4$)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์

   เตรียมร้อยละ 0.1 Bromocresol green ใน alcohol ร้อยละ 95

   เตรียมร้อยละ 0.1 Methyl red ใน alcohol ร้อยละ 95

   นำร้อยละ 1 Bromocresol green จำนวน 10 มิลลิลิตร ผสมกับร้อยละ 0.1 Methyl red จำนวน 1 มิลลิลิตร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม เติมตัวเร่ง 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ Boiling chip ขนาด 2-3 เม็ด ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน
2. นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส โดยปล่อยให้เครื่องดูดควันออกจนหมด ทิ้งไว้ให้เย็น
3. นำหลอดตัวอย่างที่ย่อยแล้วมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่นโปรตีน จากนั่นเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 กับน้ำกลั่น ใช้กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นตัวจับแอมโมเนีย ตวงกรดบอริกร้อยละ 2 ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร หยด mixed indicator 2-3 หยด จะได้สารสีส้มแดงใส รอจนกลั่นเสร็จ
4. นำ Erlenmeyer flask หลังจากกลั่นเสร็จที่มีสารละลายกรดบอริกกับแอมโมเนียซึ่งมีสีฟ้าใส มาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 หรือ 0.01 จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นใสไม่มีสี บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B)x\ N\ HCOL\ x\ 14}{Wt.sample\ x\ 1000} \times 100$$

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน x 6.25

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรทกับ Blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus) พร้อม ทิมเบิล (Thimble) และบีกเกอร์ไขมัน
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ที่ควบคุมอุณหภูมิได้
4. โถดูดความชื้น (Desiccator)
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip ขนาด 3 เม็ด

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเทอร์ที่มีจุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีการทดลอง

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 2 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทำการห่อด้วยกระดาษกรอง ใส่ในทิมเบิล (Extraction thimble) ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จำนวน 180 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน ต่อทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง เมื่อครบเวลานำบีกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ออก ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักของบีกเกอร์หลังสกัด} - \text{น้ำหนักของบีกเกอร์ก่อนสกัด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ภาพที่ ข.4 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.5 การวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารโดยใช้วิธีการสกัดด้วยกรด-ด่าง (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดหาปริมาณใยอาหาร
2. กระดาษกรองเบอร์ 41
3. Suction funnel
4. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
5. Hot air oven
6. เตาอบ
7. โถดูดความชื้น
8. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25
3. เอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95

วิธีการทดลอง

1. นำกระดาษกรองอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันออก และนำมาใส่ในบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์ใยอาหาร
3. เติมกรดซัลฟิวริก ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
4. วางบีกเกอร์ลงบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต่อกับเครื่องควบแน่น แลเปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่น เปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ต้มให้เดือดนาน 30 นาที
5. กรองตัวอย่างขณะร้อนผ่านกระดาษกรอง ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นกรด
6. ถ่ายกากที่ไดในบีกเกอร์ใบเดิม เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 200 มิลลิลิตร
7. วางบีกเกอร์ลงบนอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ต่อกับเครื่องควบแน่น และเปิกน้ำหล่อเครื่องควบแน่น เปิดสวิตซ์ไฟฟ้า ต้มให้เดือดนาน 30 นาที
8. กรองขณะร้อนผ่านกระดาษกรอง ล้างด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งน้ำล้างหมดความเป็นด่าง
9. ล้างด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 10 มิลลิลิตร
10. นำกระดาษกรองพร้อมกากใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ และอบในตู้อบ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แล้วนำมาใส่ในโถดูดความชื้น
11. ชั่งน้ำหนักซ้ำจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

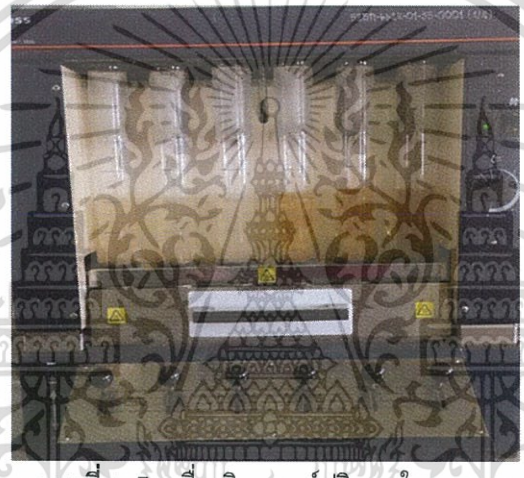
การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นปริมาณใยอาหาร} = \frac{(M_2 - M_1) \times 100}{S}$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

M_2 คือ ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

S คือ น้ำหนังตัวอย่างเริ่มต้น



ภาพที่ ข.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

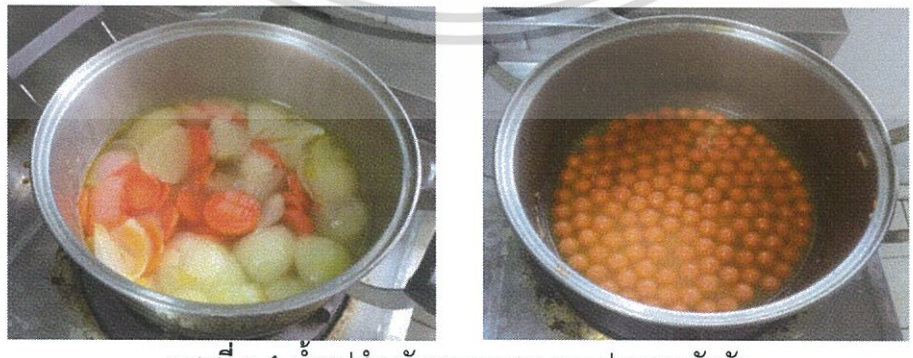
ภาคผนวก ง
การเตรียมน้ำซุป

ส่วนผสม

1.	หัวหอมใหญ่	493.57	กรัม
2.	แครอท	318.17	กรัม
3.	เซเลอรี่	10	กรัม
4.	น้ำกรอง	2	ลิตร
5.	กระดูกหมู	514	กรัม
6.	เกลือ	3	กรัม
7.	น้ำตาล	10	กรัม

วิธีทำ

1. เตรียมส่วนผสม นำหอมหัวใหญ่ เซเลอรี่ และแครอท มาล้างทำความสะอาด จากนั้นหั่นหอมใหญ่ออกเป็น 4 ส่วน นำแครอทมาปอกเปลือก หั่นตามขวาง หนาประมาณ 1 นิ้ว นำเซเลอรี่มาหั่นตามขวาง
2. นำกระดูกหมูไปล้างให้สะอาด จากนั้นนำไปลวกในน้ำเดือด 5 นาที ตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ
3. นำหอมหัวหอม แครอท เซเลอรี่ และกระดูกหมูในข้อ 1 ใส่ลงในหม้อ จากนั้นเติมน้ำกรองปริมาตร 2 ลิตรลงไป ยกขึ้นตั้งไฟกลาง ต้มจนส่วนผสมเดือด
4. ปรุงรสด้วยเกลือ และน้ำตาล จากนั้นลดระดับไฟลงเป็นระดับไฟอ่อน ทำการเคี่ยวน้ำซุปต่อไปจนครบ 2 ชั่วโมง
5. ทำการกรองน้ำซุปที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง เพื่อแยกส่วนที่เป็นของแข็งออก
6. นำน้ำซุปที่ได้ไปใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ตามภาคผนวก จ



ภาพที่ ค.1 น้ำซุปสำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 9-Point Hedonic Scale Test

แบบสอบถามที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท ที่ใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม

ผลิตภัณฑ์ : ไข่มุกนมถั่วเหลืองผสมน้ำแครอท วันที่ : _____ ผู้ทดสอบ :_____

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์ และให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาบ้วนปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

สเกลความชอบ :

1 = ไม่ชอบมากที่สุด	6 = ชอบเล็กน้อย
2 = ไม่ชอบมาก	7 = ชอบปานกลาง
3 = ไม่ชอบปานกลาง	8 = ชอบมาก
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	9 = ชอบมากที่สุด
5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	

ปัจจัยคุณภาพ	ตัวอย่าง 693
ลักษณะปรากฏ	
สี	
กลิ่นนมถั่วเหลือง	
กลิ่นแครอท	
เนื้อสัมผัส	
ความชอบรวม	

ข้อเสนอแนะ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธนัชพร หอมฟุ้ง
วัน เดือน ปี เกิด	28 กุมภาพันธ์ 2537
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนเซนต์เทเรซา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 4 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท มอนเดลีซ อินเตอร์เนชันแนล (ประเทศไทย) จำกัด
และผลงานวิจัย	ผลงานการวิจัย ธนัชพร หอมฟุ้ง และพรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ. **การผลิตไข่มุกนมถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม.** ปัญหาพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวพรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ
วัน เดือน ปี เกิด	12 พฤษภาคม 2537
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาประถมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนปราโมชวิทยา-รามอินทรา สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย: โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ-บดินทรเดชา สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท มอนเดลีซ อินเตอร์เนชันแนล (ประเทศไทย) จำกัด ผลงานการวิจัย ธนัชพร หอมฟุ้ง และพรรัศมี โรจน์วัฒนธนกิจ. **การผลิตไข่มุกนมถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม.** ปัญหาพิเศษหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้