การผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราดด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับร่วมกับการแช่แข็ง

PRODUCTION OF COCONUT MILK TOPPING SPHERE BY FROZEN REVERSE SPHERIFICATION

กษิดิ์เดช อินทร์คุ้มวงษ์

ณัฐภัทร ลายเสมา

เอกวิน มะหะหมัด

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราดด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับร่วมกับการแช่แข็ง

PRODUCTION OF COCONUT MILK TOPPING SPHERE BY FROZEN REVERSE SPHERIFICATION

จัดทำโดย

กษิดิ์เดช อินทร์คุ้มวงษ์ รหัสนักศึกษา 59080003

ณัฐภัทร ลายเสมา รหัสนักศึกษา 59080018

เอกวิน มะหะหมัด รหัสนักศึกษา 59080059

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ยุพร พ. ..... 16 / พค / 63

(ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราดด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับร่วมกับการแช่แข็ง
ชื่อนักศึกษา	กษิดิ์เดช อินทร์คุ้มวงษ์ รหัสนักศึกษา 59080003
	ณัฐภัทร ลายเสมา รหัสนักศึกษา 59080018
	เอกวิน มะหะหมัด รหัสนักศึกษา 59080059
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราด (topping) โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับร่วมกับการแช่แข็ง (Frozen Reverse Spherification) มีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมกับการทำอาหาร โดยอาศัยการเกิดเจลของโซเดียมแอลจิเนตและเกลือแคลเซียม เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาหารเหลวได้ ทำให้ได้เจลทรงกลมที่ด้านในยังคงเป็นของเหลวอยู่ ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้กะทิสำเร็จรูปปรับปรุงรสชาติเนื้อสัมผัสให้เป็นกะทิสำหรับราดผสมกับแคลเซียม โดยแคลเซียมที่ใช้จะเป็นแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท แล้วทำการแช่แข็งในรูปครึ่งวงกลมในแม่พิมพ์จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนต และศึกษาผลต่าง ๆ ต่อการเกิดเจล พบว่าทั้งในแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตทสามารถทำให้เกิดเจลได้ แต่แคลเซียมคลอไรด์จะให้กะทิสเฟียร์ที่มีรสตกค้าง (after taste) ความเข้มข้นของแคลเซียมทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเจล คือ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมที่ใช้ จะส่งผลให้เจลที่เกิดมีความแข็งแรงมากขึ้น และในการวัดสีไม่พบความแตกต่างของสีเมื่อใช้เกลือแคลเซียมที่ต่างกัน และพบว่าระยะในเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตจะมีผลต่อความแข็งของเจลที่มากขึ้น เมื่อใช้แคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) ระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 นาที จะได้กะทิสเฟียร์ที่มีความแข็งแรง และได้ผลผลิตที่สูงกว่าสภาวะอื่น

คำสำคัญ: กะทิ สเฟียร์ริฟิเคชั่น โซเดียมแอลจิเนต แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Production of coconut milk topping sphere by frozen reverse spherification	
Student name	Kasidetch Incoomwong	Student ID 59080003
	Natpat Laysema	Student ID 59080018
	Ekawin Mahamad	Student ID 59080059
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology	
Year	2020	
Advisor	Assist. Prof. Dr. Yuporn Puechkamutr	

ABSTRACT

This research studies the production of coconut milk topping spheres by using frozen reverse spherification technique. This technique combines scientific knowledge and cooking arts together, and it can be applied in various kinds of food especially liquid foods. The spheres were formed by using calcium salts and sodium alginate which creates solid spheres with liquid centers. In this study, coconut milk was mixed with either calcium chloride or calcium lactate in separate trials. The mixture was frozen into semicircle shapes, and then soaked in sodium alginate. The result shows that gels can be formed from both calcium chloride and calcium lactate. However, the spheres formed using calcium chloride gave an after taste. The concentration of both calcium salts increased, as well as the hardness of the spheres. The color of the spheres from both calcium salts are similar. The hardness of spheres increases proportionately with the duration that spheres were soaked in sodium alginate solution. When using 1.5 percent calcium lactate (w/v), the perfect duration of soaking in sodium alginate solution was 3 minutes. This appropriate time gave strong spheres and high yield.

Keywords: coconut milk spherification calcium chloride calcium lactate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จและครบถ้วนสมบูรณ์ได้ ด้วยความกรุณาและความเอาใจใส่เป็นอย่างดีจาก ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทาง แนวคิดในการดำเนินงานในการศึกษาค้นคว้าปัญหาพิเศษครั้งนี้ให้ผ่านไปด้วยดี ตลอดไปจนถึงการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ทำให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้นั้นสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.สุพีรยา อาษา ที่สละเวลาในการให้คำปรึกษา ตลอดจนสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำการทดลอง ทำให้การทดลองดำเนินการผ่านไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ดร.ปนัดดา นนทนำ ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสม และให้คำปรึกษามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สิทธิพงศ์ นลินานนท์ อาจารย์กรรมการในการคุมสอบปัญหาพิเศษที่ช่วยแนะนำความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการทดลอง ตลอดจนนำมาปรับใช้ให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากร และนักวิทยาศาสตร์ของคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ คอยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ ตลอดจนการให้กำลังใจในการทำปัญหาพิเศษนี้

กษิดิ์เดช อินทร์คุ้มวงษ์
ณัฐภัทร ลายเสมา
เอกวิน มะหะหมัด
26 พฤษภาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 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	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กะทิ (coconut milk)	3
2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification)	3
2.3 การขึ้นรูปทรงกลมแบบผันกลับร่วมกับการแช่แข็ง (Frozen Reverse spherification)	5
2.4 โซเดียมแอลจิเนต (Sodium Alginate)	5
2.5 เกลือแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride)	7
2.6 เกลือแคลเซียมแลคเตท (Calcium Lactate)	8
2.7 เจลาติน (Gelatin)	9
2.8 การเกิดเจลของแคลเซียมแอลจิเนต	10
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	13
3.2 อุปกรณ์	13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	14
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	17
4.1 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์สำหรับราด	18
4.2 ผลการศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ 23

4.4 ผลการศึกษาผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ 25

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 28

บรรณานุกรม 29

ภาคผนวก 31

ภาคผนวก ก 32

ประวัติผู้เขียน 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อลักษณะทางกายภาพ..... ทางด้านขนาดและน้ำหนักของกะทิสเฟียร์	20
4.2	ผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อค่าสีของกะทิสเฟียร์.....	20
4.3	ผลของเจลาตินต่อลักษณะทางกายภาพทางด้านขนาดและน้ำหนักของกะทิสเฟียร์.....	22
4.4	ผลของระยะเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อลักษณะทางกายภาพ..... ทางด้านขนาดและน้ำหนักของกะทิสเฟียร์	24
4.5	ผลของระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อลักษณะทางกายภาพ..... ทางด้านค่าความยืดหยุ่นและค่าความแข็งของกะทิสเฟียร์	24
4.6	ผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อลักษณะ..... ทางกายภาพทางด้านขนาดและน้ำหนักของกะทิสเฟียร์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเกิดเจลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบตรง (Direct spherification).....	4
2.2	การเกิดเจลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification)....	5
2.3	กลไกการเกิดเจลของแอลจิเนต.....	7
2.4	โครงสร้างของแคลเซียมคลอไรด์.....	8
2.5	โครงสร้างของแคลเซียมแลคเตท.....	9
2.6	โครงสร้างของเจลาติน.....	9
2.7	กลไกการเกิดเจลของเจลาติน.....	10
2.8	การเกิดเจลแคลเซียมแอลจิเนต.....	11
4.1	ชนิดยี่ห้อกะทิที่นำมาทำการคัดเลือก.....	17
4.2	ชนิดของแม่พิมพ์ที่นำมาทำการคัดเลือก.....	18
4.3	ภาพความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่นำมาทำการคัดเลือก.....	18
4.4	กะทิสเฟียร์ที่ต่างชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียม.....	19
4.5	กะทิสเฟียร์ที่แตกออกและน้ำกะทิไหลออกมา.....	19
4.6	กะทิสเฟียร์ต่างชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมที่ผสมเจลาติน.....	22
4.7	กะทิสเฟียร์ที่แช่สารละลายในโซเดียมแอลจิเนตเป็นเวลา 1, 2 และ 3 นาที.....	23
4.8	กะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเป็นครั้งที่สองในระยะเวลา..... 1, 2 และ 3 นาที	25
4.9	การเกิดเจลที่หุ้มกะทิสเฟียร์เป็นสองชั้น.....	25
4.10	ตัวอย่างการนำกะทิสเฟียร์ไปใช้ประโยชน์.....	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กะทิ (coconut milk) เป็นหนึ่งในวัตุดิบหลักในการประกอบอาหารของไทยที่มีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัย ซึ่งในส่วนมากอาหารในแทบทุกชนิดนั้น มีกะทิเป็นส่วนประกอบ ไม่ว่าจะเป็นอาหารคาว เช่น ต้มยำ แกงเขียวหวาน และแกงมัสมั่น หรืออาหารหวาน เช่น บวชแตงไทย บัวลอย ลอดช่อง และข้าวเหนียวมะม่วง เนื่องจากกะทิให้รสหวานมัน และมีกลิ่นหอม โดยกะทินั้นเกิดจากการคั้นเอาของเหลวที่อยู่ในเนื้อมะพร้าวแก่แล้วจึงนำมาประกอบอาหาร กล่าวได้ว่ากะทิเป็นภูมิปัญญาดั้งเดิมของไทยที่มีมาตั้งแต่สมัยโบราณ

การประกอบอาหารในปัจจุบัน มีการนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร โดยมีเทคนิคการปรุงหรือการประกอบอาหารหลากหลายรูปแบบ เพื่อสร้างอาหารรูปแบบแปลกใหม่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่ต้องการรับประทานอาหารที่ทั้งอร่อยและแปลกตา โดยมีการนำเทคนิคทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในวงการอาหารซึ่งมีที่มาจากประเทศสเปนเรียกอาหารประเภทนี้ว่าอาหารโมเลกุล (Gastronomy molecular) โดยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) ก็เป็นส่วนหนึ่งของการทำอาหารประเภทโมเลกุล เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมเป็นเทคนิคการทำอาหารสมัยใหม่ผสมผสานความคิดสร้างสรรค์และวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถนำใช้ในการตกแต่งและจัดเมนูอาหารต่าง ๆ ได้ โดยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมเป็นการทำเจลทรงกลมที่ใช้สารละลายของแอลจิเนตกับเกลือแคลเซียมนอกจากนี้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับอาหารเครื่องดื่มและขนมหวานเนื่องจากทำให้มีรูปลักษณ์ที่น่ารับประทานและยังเป็นการลดการใช้ภาชนะพลาสติกอีกด้วย

คณะผู้วิจัย จึงมีความต้องการที่จะยกระดับของอาหารไทย พัฒนาและเพิ่มมูลค่าให้มากขึ้นทัดเทียมอาหารจากชาติอื่น ๆ จึงมีความสนใจที่จะนำเทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชั่นมาประยุกต์ใช้ในการทดลองนี้ โดยใช้ส่วนประกอบของอาหารไทยที่นิยมอย่างกะทิ มาทำการขึ้นรูปทรงกลม ให้ได้ผลิตภัณฑ์แนวใหม่ที่มีการผสมผสานความคิดสร้างสรรค์ วิทยาศาสตร์และนวัตกรรม ที่สามารถนำมาใช้ในการบริโภคและสามารถนำมาตกแต่งจานอาหารเพื่อยกระดับหน้าตาของอาหารไทยให้มีความทัดเทียมและทันสมัยอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมที่มีผลต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

1.2.2 ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

1.2.3 ศึกษาผลของการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถทำให้เกิดความแปลกใหม่ในการรับประทานอาหารที่สามารถดึงดูดผู้บริโภค

1.3.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการบริการอาหารและการจัดการได้

1.3.3 เป็นการเพิ่มมูลค่าของกะทิอีกทางหนึ่ง

1.3.4 สามารถพัฒนากะทิให้มีความทันสมัย สามารถเก็บในรูปแบบที่พร้อมทานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กะทิ (coconut milk)

กะทิ คือ ของเหลวที่ได้จากการใช้น้ำคั้น หรือสกัด (extraction) ส่วนเนื้อแก่ของมะพร้าว มีส่วนประกอบหลักคือ ไขมัน ซึ่งอยู่ในรูปของอิมัลชัน (emulsion) และของแข็งต่าง ๆ เช่น โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ เป็นของเหลวสีขาวขุ่นที่ได้จากการบีบคั้นเนื้อมะพร้าวขูด โดยการเติมหรือไม่เติมน้ำ ส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำกะทิ คือ น้ำมัน น้ำ โปรตีน และน้ำตาล อยู่รวมกันเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water) โดยมีโปรตีนทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ ความเข้มข้นของน้ำกะทิขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำกะทิ เมื่อตั้งทิ้งไว้จะแยกเป็นชั้นหัวกะทิและชั้นหางกะทิ โดยความหนาของชั้นหัวกะทิแสดงถึงความเข้มข้น ทั้งนี้เนื่องจากน้ำกะทิมีปริมาณน้ำมันมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีน โปรตีนไม่เพียงพอที่จะดึงน้ำมันให้กระจายแขวนลอยอยู่ทั่วไป (นัยวิท, 2559)

การใช้กะทินั้นแพร่หลายในประเทศที่มีการปลูกมะพร้าว เช่น ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินเดีย ศรีลังกา เป็นต้น โดยใช้ประกอบเป็นอาหารคาวหวาน ในอดีตหรือในท้องที่ไกลตลาด แม่บ้านจะต้องปอกและขูดมะพร้าวเอง เพื่อใช้ทำน้ำกะทิ ในปัจจุบันมีการขูดมะพร้าวขายในตลาดสดและมีบริการคั้นน้ำกะทิด้วยเครื่องคั้น ส่วนผู้บริโภคที่อยู่ไกลตลาดหรืออยู่ในต่างประเทศก็ได้รับความสะดวกจากการใช้น้ำกะทิสำเร็จรูป น้ำกะทิในอุตสาหกรรม แบ่งได้เป็น 5 แบบคือ น้ำกะทิสด น้ำกะทิพาสเจอไรซ์ น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง น้ำกะทิบรรจุกระป๋องยูเอชที และกะทิผง (นัยวิท, 2559)

กะทิ เป็นอาหารในหมวดไขมันที่ให้พลังงานสูง มี pH ต่ำ ประมาณ 6.2 จึงต้องใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา องค์ประกอบทางเคมีของน้ำกะทิ ได้แก่

2.1.1 กรดไขมัน ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่า 90% คือ กรดลอริค (Lauric Acid) 40-50% กรดไมริสติค (Myristic Acid) 13-19% กรดปาล์มิติก (Plamitic Acid) 4-18% และกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิค (Oleic Acid) และไลโนเลอิค (Linoleic Acid) ไม่เกิน 10%

2.1.2 คาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วยน้ำตาลซูโคส และแป้ง

2.1.3 แร่ธาตุ ได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และโพแทสเซียม

2.1.4 โปรตีน ได้แก่ โกลบูลิน (globulins) และอัลบูมิน (albumins) ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิด (Puechkeset, 2015)

2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification)

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม คือ เทคนิคในการทำให้เกิดเจลทรงกลมโดยใช้เกลือแคลเซียมกับแอลจิเนต ซึ่งเป็นหนึ่งในด้านอาหารโมเลกุล (Molecular Gastronomy) ที่มีการนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในการปรุงอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

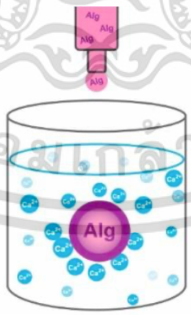
เทคนิคนี้ถูกค้นพบโดยบริษัท Unilever ในปีค.ศ. 1950 และปีค.ศ. 2003 ได้ถูกนำไปใช้โดย FerranAdria เชฟที่มีความถนัดด้านอาหารโมเลกุลในภัตตาคาร EL Buli ประเทศสเปน (Ser, 2017)

โดยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมมีการนำมาใช้กับอาหารที่หลากหลายเช่น ไข่ปลาคาเวียร์, ไข่มุก เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถมาประยุกต์ใช้ด้านอื่นๆ นอกจากด้านอาหารคือด้านการแพทย์, ด้านเภสัชศาสตร์, ด้านเทคโนโลยีชีวภาพและด้านสิ่งแวดล้อมได้เช่นการทำแคปซูลเอมไซม์, การทำเม็ดบำบัดน้ำเสียและการทำยาที่สามารถควบคุมการปล่อยสารประกอบยาในร่างกายอีกทั้งยังลดกลิ่นของส่วนผสมยาได้ซึ่งง่ายต่อการรับประทาน (Tsai F., et al., 2017)

Dhrubo (2017) ได้นำเสนอเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมโดยเสนอเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมให้ได้รูปทรงที่สมบูรณ์ (10 Tips to create a perfect sphere) ได้แก่ 1. เลือกสารที่มีความหนืดที่เหมาะสม 2. ห้ามใช้น้ำประปาในการทำ 3. ใช้ช้อนตวงในการหยอดสาร 4. ควรใช้ภาชนะที่มีก้นแบนในการทำเป็นอ่างสำหรับหยอด 5. ควรเติมสารละลายในอ่างให้สูงพอ 6. หยอดสารด้วยความระมัดระวัง 7. อย่าทำให้สารที่หยดลงอ่างลอยขึ้นอยู่ด้านบน 8. อย่ากลับด้านหรือพลิกเจลที่เกิดขึ้นในอ่างบ่อยจนเกินไป 9. ควรทำความสะอาดช้อนที่ใช้หยอดเนื่องจากอาจมีสารติดมาทำให้เกิดเจลที่ซ้อนได้ 10. ควรใช้อ่างที่สะอาดไม่มีสารอื่นปะปน

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบ่งประเภทตามการทำออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบตรง (Direct or Basic spherification) และเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification) โดยทั้งสองวิธีก็ได้เจลทรงกลมที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน

2.2.1 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบตรง (Direct spherification) มีวิธีการทำคือการหยดสารละลายโซเดียมแอลจิเนต ลงในการละลายเกลือแคลเซียม แคลเซียมไอออนจะแทรกผ่านเข้าไปยังเม็ดโซเดียมแอลจิเนต แคลเซียมแอลจิเนตจะเกิดเจลเริ่มจากผิวนอกก่อนแล้วจึงเกิดเจลเข้าสู่ด้านในเจลจะแข็งเรื่อย ๆ หรือถ้าทิ้งไว้นานเจลสามารถเกิดได้ทั้งเม็ด (Sen, 2017)

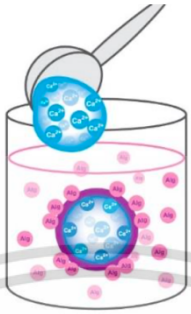


ภาพที่ 2.1 การเกิดเจลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบตรง (Direct spherification)
ที่มา: นวัชวรรณ (2562)

2.2.2 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification) วิธีนี้จะตรงข้ามกับวิธีแรก คือ ผสมสารละลายเกลือแคลเซียมกับของเหลวที่เราต้องการ เช่นน้ำผลไม้ เป็นต้น และไคโทซาน ซึ่งไคโทซาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดแล้วหยดลงในการละลายโซเดียมแอลจิเนต โดยเจลจะเกิดที่ผิวด้านนอกเท่านั้น จะทำให้ได้เจลที่มีลักษณะกินแล้วแตกในปากเจลที่ได้จะมีลักษณะขุ่นแต่เจลจะไม่แข็งไปเรื่อย ๆ (Tsai F และคณะ, 2017)



ภาพที่ 2.2 การเกิดเจลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse Spherification)
ที่มา: นวัชวรรณ (2562)

2.3 การขึ้นรูปทรงกลมแบบผันกลับร่วมกับการแช่แข็ง (Frozen Reverse spherification)

การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับร่วมกับการแช่แข็งเป็นเทคนิคที่คล้ายกับการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับแบบปกติแต่มีขั้นตอนเพิ่มมาก็คือ การแช่แข็งโดยจะแช่แข็งส่วนที่เป็นอาหารที่ผสมกับเกลือแคลเซียมแล้วในพิมพ์ซิลิโคนทรงครึ่งวงกลม เพื่อเป็นการลดเวลาในการเตรียมสามารถทำได้สะดวกกว่าวิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ และได้เจลรูปทรงที่เหมือนกัน วิธีนี้จะไม่ใช้ช้อนในการหยดลงในอ่างแคลเซียมจะใช้พิมพ์ซิลิโคนแทน เมื่อหยุดอาหารที่ผสมกับเกลือแคลเซียมที่แช่แข็งแล้วลงในอ่างแอลจิเนต จะเริ่มทำการละลาย. ทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมและแอลจิเนต ทำให้ได้เจลเกิดขึ้นหลังจากนั้นนำเจลที่ได้มาล้างด้วยน้ำ (ภัทร, 2561)

การแช่อาหารที่ผสมกับเกลือแคลเซียมในอ่างแอลจิเนตในวิธีนี้จะใช้เวลานานกว่าวิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบผันกลับแบบปกติ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการทำละลายโดยถ้าต้องการลดเวลาในการแช่นั้นสามารถทำได้โดยการอุ่นแอลจิเนตเพื่อช่วยให้การละลายเกิดเร็วขึ้น

นอกจากนี้วิธีนี้จะให้เจลที่มีรูปร่างเหมือนกันขนาดเท่ากันแล้วยังไม่ต้องใช้เติมสารให้ความหนืดในอาหารด้วยทำให้ได้เนื้อสัมผัสที่ต้องการ แต่ก็มีข้อจำกัดคืออาหารที่นำมาทำต้องสามารถแช่แข็งได้ (Sen, 2017)

2.4 โซเดียมแอลจิเนต (Sodium Alginate)

แอลจิเนต หรือแอลจินเป็นสารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล (Phaeophyceae) ในการผลิตแอลจิเนตเป็นอุตสาหกรรมสาหร่ายทะเลที่ใช้ ได้แก่ Macrocystispyrifera มีแอลจิเนตประมาณ 14-19 เปอร์เซ็นต์ Laminariacloustoni และ Laminariadigitato มีแอลจิเนตประมาณ 15-40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่พบจะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่ายฤดูกาลและแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต สาหร่ายเหล่านี้พบได้ทั่ว ๆ ไปในโลก ประเทศที่ผลิตแอลจิเนตมากคือ สหรัฐอเมริกา อังกฤษ ฝรั่งเศส สเปน นอร์เวย์ แคนาดา และญี่ปุ่น (นิธิยา, 2557)

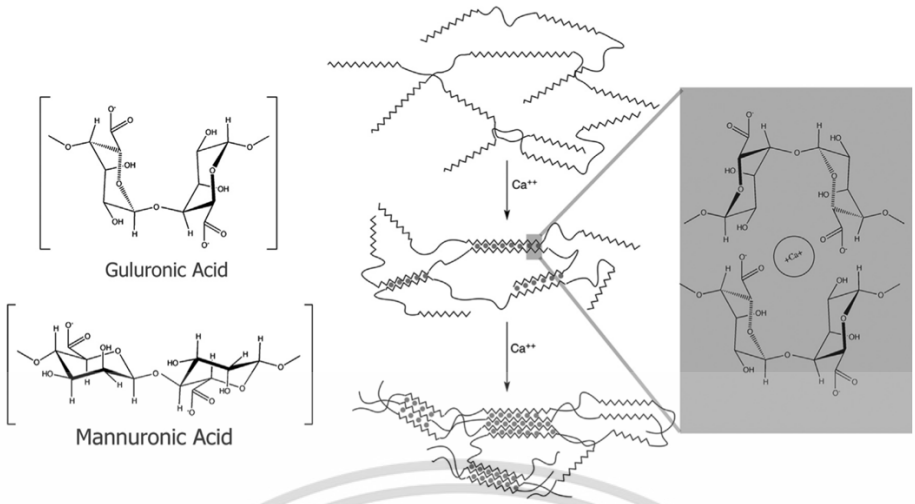
แอลจิเนตเป็นพอลิเมอร์ผสมชนิดสายตรงของกรดแมนนูโรนิก (1, 4-β-D-manuronic acid) และ. กรดกลูโรนิก (α-L-guluronic acid) ได้เป็นพอลิยูโรนิค (Polyuronic) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 32,000 - 200,000 ดาลตันมี Degree of polymerization (DP) อยู่ในช่วง 180 – 930 ในโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่เป็นพอลิเมอร์ 3 ชนิด คือเป็นพอลิเมอร์ของกรดแมนนูโรนิก กรดกลูโรนิก และทั้งสองชนิดแรกสลับกัน สัดส่วนของพอลิเมอร์ทั้ง 3 ชนิดและโครงสร้างของพอลิเมอร์จะเป็นตัวบ่งชี้สมบัติของแอลจิเนต (นิธิยา, 2557)

แอลจิเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์ จึงมีสมบัติการละลายได้ในน้ำแตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แอมโมเนีย และโพรพิลีนไกลคอลเอสเทอร์ เช่นโพรพิลีนไกลคอลแอลจิเนต ซึ่งสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาของกรดแอลจินิก กับโพรพิลีนออกไซด์ ทำให้เกิดเอสเทอร์ที่มีหมู่คาร์บอกซิลประมาณ 50-85 เปอร์เซ็นต์ อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งน้ำร้อน และน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความเข้มข้นน้ำหนักโมเลกุลของแอลจิเนตพอลิเมอร์ และการมีโลหะประจุบวก (Polyvalent metal cation) สำหรับค่าพีเอชช่วง 4-10 จะไม่มีผลต่อความหนืดของสารละลายแอลจิเนตแต่ถ้าค่าพีเอชต่ำกว่า 4 จะมีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการกระจายตัวลดลงและอาจมีการตกตะกอนของกรดแอลจิเนตด้วย (นิธิยา, 2557)

โพรพิลีนไกลคอลแอลจิเนต จะคงตัวได้ดีในภาวะที่เป็นกรด และโลหะประจุบวกที่มีเวเลนซีสูง. เช่นแคลเซียมไอออน และโปรตีนทำให้สามารถเติมโพรพิลีนไกลคอลแอลจิเนตลงในผลิตภัณฑ์นมได้ แต่ถ้ามีแคลเซียมไอออนและโลหะประจุบวกอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วยในปริมาณที่มากพออาจทำให้เกิดเจลได้ และแอลจิเนตทำให้เป็นฟิล์มได้ นอกจากนี้การที่ในโมเลกุลของโพรพิลีนไกลคอลแอลจิเนตมีหมู่โพรพิลีนไกลคอล เป็นไฮโดรโฟบิกจึงมีสมบัติในการทำให้เกิดโฟมได้ และเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวได้ (นิธิยา, 2557)

แอลจิเนตไม่ทุกชนิดที่มีสมบัติเป็นเจลและจะเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไอออน โครงสร้างของเจลมีลักษณะคล้ายกล่องไข่ (รูปที่ 2.3) โดยมีแคลเซียมไอออนเกาะอยู่กับสายพอลิเมอร์ สมบัติที่ดีของแอลจิเนต คือทำให้เกิดเจลได้ในน้ำเย็นเมื่อมีแคลเซียมไอออนรวมอยู่ด้วย และเป็นเจลที่คงตัวไม่คืนกลับ ซึ่งสมบัติในการเกิดเจลที่อุณหภูมิต่ำนี้ทำให้แอลจิเนตแตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ชนิดอื่นที่ได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) (นิธิยา, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 กลไกการเกิดเจลของแอลจิเนต
ที่มา: P. Lee, M.A. Rogers (2013)

แอลจิเนตถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่นใช้เติมในอาหารกระป๋องบางชนิด และใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด สารเพิ่มความคงตัว สารที่ทำให้อิมัลชันคงตัว สามารถทำให้เกิดเจลและสารยับยั้งการเกิดเอนรีซีสขึ้น ตัวอย่างเช่น โพรพิลีนไกลคอลแอลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดจะทำหน้าที่ช่วยทำให้อิมัลชันคงตัว โซเดียยมแอลจิเนตใช้เป็นส่วนผสมในไส้พายมะนาวที่แช่เย็นเพื่อให้เกิดความคงตัวระหว่าง Freeze – Thaw นอกจากนั้นแอลจิเนตยังใช้เคลือบผิวชิ้นเนื้อปลาก่อนนำไปแช่เยือกแข็งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิด Freezer burn กับชิ้นเนื้อปลา (นิธิยา, 2557)

แอลจิเนตใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับไอศกรีมขนมหวานแช่เยือกแข็ง (Frozen dessert) น้ำสลัด และ Processed cheese และใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวให้กับโฟม เช่นใช้เป็นส่วนผสมใน Sherbet สำหรับแคนดีเจล (Candy gel) ที่มีเนื้อใสผสมโซเดียมแอลจิเนตประมาณ 0.1 – 0.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเคี้ยวจะมีลักษณะเนื้อนุ่ม (นิธิยา, 2557)

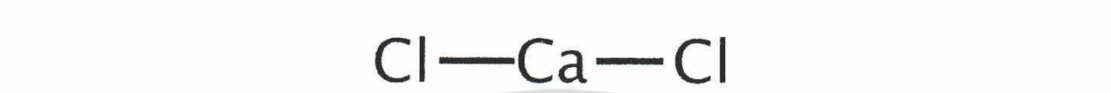
2.5 เกลือแคลเซียมคลอไรด์ (Calcium Chloride)

เกลือแคลเซียม (calcium salt, Ca*) ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additive) โดยใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส (Texture properties) ของผักและผลไม้ทำหน้าที่เป็น Firming agent (Deborah A. Straub, 2007)

แคลเซียมคลอไรด์เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งเป็นเกลือที่มีสูตรทางเคมี $CaCl_2$ เป็นของแข็งผลึกไม่มีสีที่อุณหภูมิ ห้องละลายได้ดีในน้ำ มักพบเป็นของแข็งที่มีสูตร $CaCl_2 \cdot (H_2O)X$ โดยที่ X = 0, 1, 2, 4 และ 6 ปริมาณแคลเซียมคลอไรด์ที่ใช้เป็นสารปรุงแต่งรสควรได้รับโดยเฉลี่ย 160-345 มิลลิกรัมต่อวัน แคลเซียมคลอไรด์ได้รับอนุญาตให้เป็นสารปรุงแต่งอาหารในสหภาพยุโรป สำหรับใช้เป็นสารควบคุมการย่อยอาหาร และสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันบูดที่มีหมายเลข E509 ถือเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า ปลอดภัยโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา แคลเซียมคลอไรด์ถูกใช้ในผักกระป๋อง การทำน้ำเต้าหู และผลิตคาเวียร์ที่ทำมาจากน้ำผักหรือผลไม้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารอิเลคโตรไลต์ในเครื่องดื่มเกลือแร่ แคลเซียมคลอไรด์จะใช้ในการดองโดยไม่ต้องเพิ่มปริมาณโซเดียมแต่ยังมีรสเค็มในอาหาร คุณสมบัติการลดลงของอุณหภูมิจุดเยือกแข็งของแคลเซียมคลอไรด์ทำให้อุณหภูมิของคาราเมลต่ำลง นอกจากนี้ยังมีการนำไปแช่ผลไม้ที่หั่นแล้วเพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Deborah A. Straub, 2007)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของแคลเซียมคลอไรด์
ที่มา: Deborah A. Straub (2007)

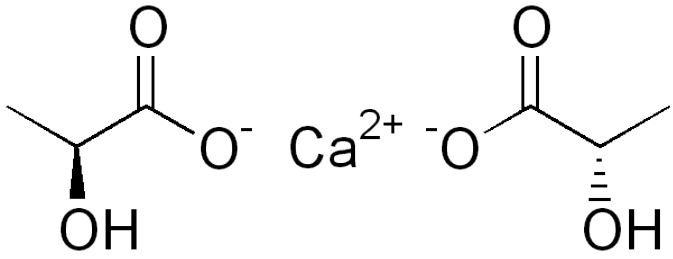
2.6 เกลือแคลเซียมแลคเตท (Calcium Lactate)

แคลเซียมแลคเตต เป็นเกลือชนิดหนึ่งประกอบด้วยแลคเตตไอออน 2 ไอออนและแคลเซียมไอออน 1 ไอออน มีชื่อทางเคมีว่า calcium bis (2-hydroxypropanoate) เกิดจากปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแลคติกกับแคลเซียมคาร์บอเนต หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นวัตถุเจือปนอาหารในการช่วยเสริมลักษณะต่าง ๆ ให้ดีขึ้น เช่น สารช่วยให้คงรูป (firming agent) สารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร (flavoring agent) สารที่ทำให้ขึ้นฟู (leavening agent) สารช่วยให้คงตัว (stabilizer) สารช่วยให้ข้น (thickener) เป็นต้น แคลเซียมแลคเตตพบได้ในอาหารทั่วไปและเป็นแหล่งของแคลเซียม ซึ่งอยู่ในรูปไฮเดรต โดยทั่วไปจะพบในรูป lactate pentahydrate (TCS Pacific, 2019)

นอกจากนี้ยังมีการใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารเสริมแคลเซียม สำหรับผู้ป่วยมีปัญหาขาดแคลนแคลเซียม หรือผู้ป่วยโรคกระดูกเปราะ ในผลิตภัณฑ์อาหารปราศจากน้ำตาล มีการใช้แคลเซียมแลคเตต เพื่อเป็นตัวช่วยในการป้องกันการเกิดฟันผุ เช่น หมากฝรั่งที่การเติมไซลิทอล (xylitol) ซึ่งเป็นตัวเพิ่มการเกิดกระบวนการคืนกลับแร่ธาตุบนตัวฟัน (remineralization) ของสารเคลือบฟัน (tooth enamel) ทำให้เกิดอาการฟันผุ จึงมีการเติมแคลเซียม แลคเตต เพื่อลดปัญหาดังกล่าว ในผลิตภัณฑ์ผลไม้สดหั่นชิ้น เช่น แคนตาลูป มีการเติมแคลเซียม แลคเตต เพื่อช่วยรักษาความคงรูปของผลิตภัณฑ์และขยายอายุการเก็บรักษา แทนการเติมแคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride) ซึ่งทำให้เกิดรสขม (TCS Pacific, 2019)

มีการใช้แคลเซียม แลคเตต ในการทำอาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) โดยใช้เป็นตัว flavorless fat-soluble agent สำหรับการทำ spherification ซึ่งแคลเซียมแลคเตตจะทำปฏิกิริยากับอัลจิเนต ทำให้ผิวรอบ ๆ อาหารเกิดการจับตัวเป็นโครงสร้างขึ้น (TCS Pacific, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

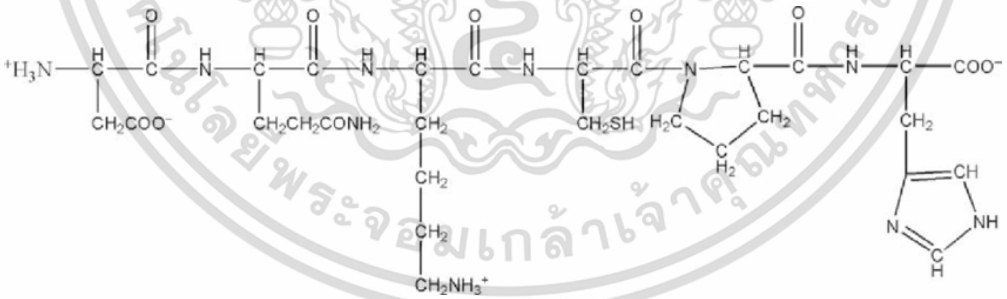


ภาพที่ 2.5 โครงสร้างของแคลเซียมแลคเตท
ที่มา: เคมีภัณฑ์ (2561)

2.7 เจลาติน (Gelatin)

เจลาตินเป็นสารสารก่อเจลประเภทโปรตีน ได้มาจากการสลายคอลลาเจนของเนื้อเยื่อในหนัง เอ็น และกระดูก โดยการใช้กรดหรือด่างและสกัดด้วยน้ำร้อน สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตเจลาตินในระดับอุตสาหกรรมนั้น มักใช้กระดูก และหนัง จากโคกระบือ และสุกร เนื่องจากจะให้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ส่วนการผลิตเจลาตินจากปลานั้น ไม่ค่อยมีการผลิตในระดับอุสาหกรรมมากนักเนื่องจากเจลาตินปลามีอุณหภูมิในการหลอมเหลวและให้ค่าความแข็งของเจลที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Karim and Rajeev, 2009)

เจลาตินเป็นสายพอลิเมอร์ของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ มาต่อกันเป็นสายยาว เช่น อะลานีน อาร์จีนีน แอสปาติกแอซิด เป็นต้น โดยพบไกลซีน ในปริมาณมากที่สุด

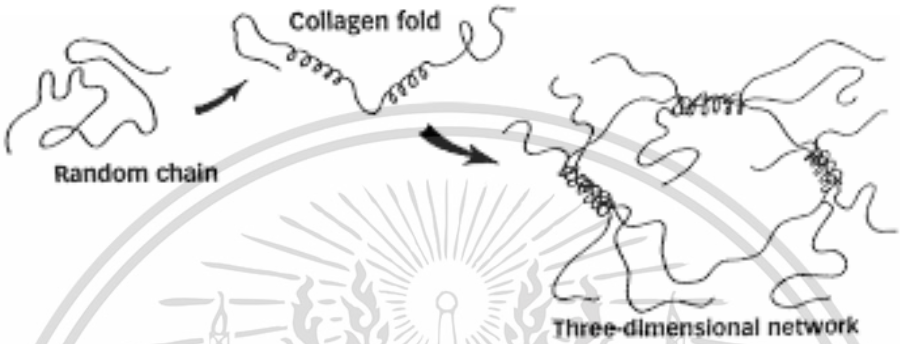


ภาพที่ 2.6 โครงสร้างของเจลาติน
ที่มา: Liu et al. (2011)

กลไกการเกิดเจลของเจลาตินนั้นเริ่มแรกเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายเจลาตินจะเปลี่ยนเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) โมเลกุลของเจลาตินจะยืดตัวออกอยู่ในรูปของ random coil แต่เมื่อทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง โมเลกุลที่ยืดตัวออกแล้วจะเริ่มเกิดการขดตัวอย่างช้า ๆ (fold) เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดก่อเจลจะมีการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลมากขึ้น จึงเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงสร้างร่างแหที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข็งแรงขึ้นเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลมากขึ้นด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอโอนิก หรือพันธะไฮโดรโฟบิก จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ (รูปที่ 2.7) ซึ่งในระยะนี้ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเกิดการจับตัวกันอย่างคงตัวและแข็งแรงมากขึ้นพันธะหลักที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมกันของโมเลกุลเจลาตินคือพันธะไฮโดรเจนและหากมีการให้ความร้อนอีกครั้งจะเกิดการหลอมเหลวเป็นสารละลายหรือโซล การเปลี่ยนเฟสระหว่างโซลและเจลนี้เรียกว่า sol-gel transition (Schrieber and Gareis,2007)



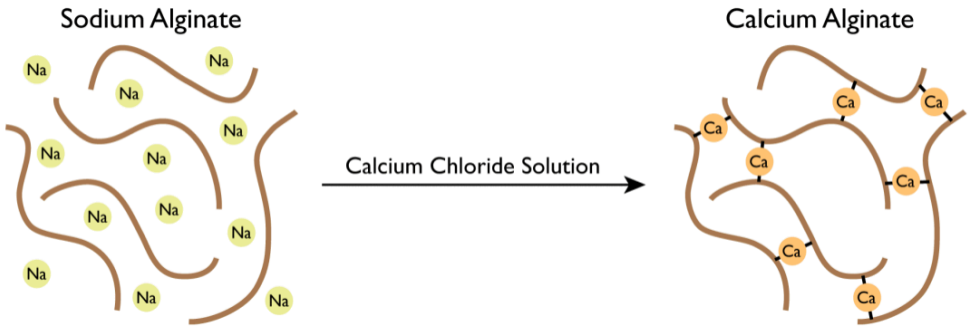
ภาพที่ 2.7 กลไกการเกิดเจลของเจลาติน
ที่มา: Schrieber and Gareis. (2007)

เจลาตินสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทางเช่นทางด้านอุตสาหกรรมอาหารมีการนำเจลาตินมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารชนิดต่างๆ เช่น ขนมหวาน ไอศกรีม โยเกิร์ตเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่น ความข้นหนืดและความคงตัวในผลิตภัณฑ์ ส่วนทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตยามีการนำเจลาตินมาใช้ในการเคลือบเม็ดยาและผลิตเป็นแคปซูล ทั้งชนิดแคปซูลแข็งและแคปซูลนิ่มอุตสาหกรรมถ่ายภาพใช้ในการเคลือบฟิล์ม ซึ่งมีรายงานพบว่าทั่วโลกมีการใช้เจลาตินสูงถึง 326,000 ตันต่อปี โดยเจลาตินที่ใช้ในอาหารมีประมาณ 30,000 ตันต่อปี และในอุตสาหกรรมยา 10,000 ตันต่อปี (GME, 2008)

2.8 การเกิดเจลของแคลเซียมแอลจิเนต

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หรือสารละลายแคลเซียมแลคเตท จะแตกตัวให้แคลเซียมไอออนไปแทนที่โซเดียมไอออนในสารละลายโซเดียมแอลจิเนต แคลเซียมไอออนทำปฏิกิริยากับแอลจิเนตที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ของกรดกลูโรนิก ทำให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (Crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group : -COOH) โดยแคลเซียมจะดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสายของแอลจิเนตสายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลอีกสายหนึ่ง ทำให้เกิดเป็นแคลเซียมแอลจิเนตที่มีโครงสร้างที่เรียกว่า egg box-model (P. Lee, M. A. Rogers, 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การเกิดแคลเซียมแอลจิเนต
ที่มา: Stephan Phan., et al. (2013)

วินธีรวิช (2019) ได้ทำการทดสอบความชอบของผู้บริโภคด้วยวิธี Difference from control ระหว่างกะทิสำหรับราดหน้าข้าวเหนียวมูนสูตรดั้งเดิมกับกะทิสำหรับราดหน้าข้าวเหนียวมูนสำเร็จรูป โดยการเตรียมน้ำกะทิสำหรับราดจากการใช้น้ำกะทิ 1 กิโลกรัม เกลือ 10 กรัม และแป้งข้าวเจ้า 20 กรัม ผลปรากฏว่าคุณลักษณะด้านสีเข้มขึ้น ความหนืดเพิ่มขึ้น กลิ่นรสและความเค็มลดลงลักษณะปรากฏไม่มีความแตกต่างกับกะทิราดหน้าข้าวเหนียวมูนสูตรมาตรฐาน

Lee และ Rogers (2012) ได้มีการศึกษาผลของแหล่งแคลเซียม และเวลาในการเกิดเจลของคาร์เวียโดยใช้โซเดียมอัลจิเนต ซึ่งพบว่าความเร็วในการเกิดเจลจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของแคลเซียม ความแข็งแรงของเจลจะมีการเปลี่ยนแปลงตามแหล่งที่มาของแคลเซียมแคลเซียมคลอไรด์จะเกิดเจลเร็วที่สุดตามด้วยแคลเซียมแลคเตทและแคลเซียมกลูโคเนต โดยแคลเซียมคลอไรด์นิยมใช้มากที่สุด แต่จะมีรสขมเมื่อใช้ในความเข้มข้นที่มาก ขณะที่แคลเซียมกลูโคเนตมีข้อได้เปรียบ คือเยื่อของเซลล์ทรงกลมจะหนาและมีความแข็งมากกว่า

Pumpho และ Puechkamutr (2015) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปเต้าหู้ให้เป็นรูปทรงกลมโดยใช้หลักการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตแล้วหยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์จนเกิดเป็นรูปทรงกลม และการแช่เต้าหู้ทรงกลมในสารละลายแคลเซียมเป็นระยะเวลานานขึ้นจะทำให้ลักษณะทางกายภาพน้ำหนักขนาดและความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ค่าที่เหมาะสมในการผลิตเต้าหู้ทรงกลม คือความเข้มข้นของแอลจิเนต 1.97 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1.59 เปอร์เซ็นต์

Fu-Hsuan Tsai และคณะ (2017) ได้ทำการทดลองผลิตเม็ดเจลโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบผกผัน โดยศึกษาการนำเม็ดเจลที่แช่แอลจิเนตแล้วไปแช่ต่อในสารละลายแคลเซียมต่อ เพื่อศึกษาลักษณะของเม็ดเจลโดยใช้สารสกัดจากใบชาโกะโบ (Burdock leaf) ที่ประกอบด้วยกรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acid) และสารประกอบฟีนอล (Phenolic compounds) ได้ใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5 และ 1 ซึ่งการแช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อจากการแช่โซเดียมแอลจิเนตมีผลในการเพิ่มความแข็งของเม็ดเจล และป้องกันไม่ให้เจลเกิดการบวมโดยความแข็งของเจลที่แช่สารละลายแคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0, 0.5 และ 1 ได้แก่ 1.26, 6.25 และ 7.18 นิวตันตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทร และ ภาณุกา (2017) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปต้มยำให้เป็นรูปทรงกลมโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบผันกลับร่วมกับการแช่แข็ง ผลการทดลองพบว่าการแช่ต้มยำทรงกลมในสารละลายแคลเซียมเป็นระยะเวลานานขึ้นจะทำให้น้ำหนัก ขนาด และความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ สภาวะค่าเหมาะสมในการผลิตต้มยำทรงกลมคือความเข้มข้นของแอลจิเนต 1 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 1 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

กะทิสูตรหัวกะทิ ยี่ห้อชาวเกาะ จากบริษัท อำพลฟูดส์ โพรเซสซิ่ง จำกัด
เกลือบริโภค เสริมไอโอดีน ยี่ห้อปรุงทิพย์ จากบริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ ยี่ห้อมิตรผล จากบริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด

3.1.2 สารเคมี

โซเดียมแอลจิเนต (Food grade) จากบริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
แคลเซียมคลอไรด์ (Food grade) จากบริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
แคลเซียมแลคเตท (Food grade) จากบริษัท เคมีภัณฑ์คอร์ปอเรชั่น จำกัด
เจลาติน ยี่ห้อแม็กกาแรต จากบริษัท คอนติเนนตัล ฟูด จำกัด
น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์

บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
บีกเกอร์ 600 มิลลิลิตร
บีกเกอร์ 1000 มิลลิลิตร
ช้อนตักสาร
แท่งแก้วคนสาร
พิมพ์ซิลิโคน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0 เซนติเมตร
เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
นาฬิกาจับเวลา
เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
เทอร์โมมิเตอร์
กล่องพลาสติก ขนาด
หลอดฉีดยา (Syringe) ขนาด 10 มิลลิลิตร
ตู้แช่แข็ง (Freezer)
ตู้แช่เย็น (Chilling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มยืดห่ออาหาร (Plastic food wrap)
เครื่องกวนผสมสารให้ความร้อน (Hotplate Magnetic Stirrer)
เครื่องกวนผสมสาร (Magnetic Stirrer)
แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic bar)
เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System Texture Analyzer, TA-X2i)
เครื่องวัดค่าสี (Minolta CR-400, Japan)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมน้ำกะทิสำหรับราด

นำน้ำกะทิสำเร็จรูป 250 กรัม เทใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ให้ความร้อนโดยใช้เครื่องกวนผสมสารให้ความร้อน (Hotplate Magnetic Stirrer) รอจนกะทิมีอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการกวนต่อโดยใช้เครื่องกวนผสมสาร (Magnetic Stirrer) เติมเกลือ 3 กรัม และน้ำตาล 2 กรัม กวนผสมตลอดเวลาจนครบ 10 นาที จะได้กะทิราดหน้าข้าวเหนียวมูน

3.3.2 การเตรียมกะทิสเฟียร์สำหรับราด

3.3.2.1 นำน้ำกะทิที่ได้จากข้อ 3.3.1 เติมเกลือแคลเซียม ทำกวนโดยใช้เครื่องกวนผสมสาร (Magnetic Stirrer) จนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำน้ำกะทิที่ผสมเกลือแคลเซียมเติมลงในแม่พิมพ์ซิลิโคน โดยใช้หลอดฉีดยา (Syringe) ดูดปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3.3.2.2 เตรียมสารละลายโซเดียมแอลจิเนต ละลายโซเดียมแอลจิเนตในน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ทำให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องกวนผสมสาร (Magnetic Stirrer) ระดับ 3 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นแช่เย็นทิ้งไว้ข้ามคืน

3.3.2.3 การขึ้นรูปทรงกลมของกะทิสเฟียร์ ทำโดยหยอดน้ำกะทิแช่แข็งที่ผสมเกลือแคลเซียมรูปทรงครึ่งวงกลม โดยใช้มือดันออกจากแม่พิมพ์ซิลิโคน ให้น้ำกะทิแช่แข็งตกลงในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่อุณหภูมิห้อง แช่ในสารละลายแอลจิเนตเป็นเวลา 1 นาที จากนำกะทิสเฟียร์ที่อยู่ในสารละลายแอลจิเนตออกมาแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 2 นาที ตักออกจากน้ำกลั่นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C

3.3.3 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

ทำการเตรียมกะทิสเฟียร์ตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยใช้เกลือแคลเซียม 2 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 (w/v) นำไปแช่ในสารละลายแอลจิเนต จากนั้นนำกะทิสเฟียร์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธีมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ โดยวัดด้านยาว ด้านสั้น และคำนวณหาอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (ratio) ทำได้โดยการนำด้านยาวหารด้วยด้านสั้น
2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3) สีด้วยเครื่องวัดค่าสี (Minolta CR-400, Japan) ซึ่งแสดงผลในรูปค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*)

3.3.4 ศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

เพื่อศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ โดยทำการเตรียมกะทิสเฟียร์ตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยใช้เกลือแคลเซียม 2 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 (w/v) จากนั้นนำมาผสมกับเจลาติน ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/v) ของน้ำกะทิ จากนั้นนำกะทิสเฟียร์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) ขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยวัดด้านยาว ด้านสั้น และคำนวณหาอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (ratio) ทำได้โดยการนำด้านยาวหารด้วยด้านสั้น
2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.3.5 ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

เพื่อศึกษาผลของการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ โดยทำการเตรียมกะทิสเฟียร์ตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยเลือกใช้เกลือแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) จากนั้นหยอดลงในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเป็นเวลา 1, 2 และ 3 นาที จากนั้นนำกะทิสเฟียร์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) ขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยวัดด้านยาว ด้านสั้น และคำนวณหาอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (ratio) ทำได้โดยการนำด้านยาวหารด้วยด้านสั้น
2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3) เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer, TA-X21) โดยทำการวิเคราะห์แบบ Texture Profile Analysis (ดัดแปลงมาจาก ภัทรและ ภานุกา, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 ศึกษาผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

เพื่อศึกษาผลของการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ โดยการนำกะทิสเฟียร์ที่ได้จากข้อ 3.3.5 นั้นมาทำการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตตามระยะเวลาเดิมของตัวอย่างแต่ละตัว คือนำกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตระยะเวลา 1 นาที มาล้างด้วยน้ำกลั่น และแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตอีกครั้งที่ระยะเวลา 1 นาที นำกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตระยะเวลา 2 นาที มาล้างด้วยน้ำกลั่น และแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตอีกครั้งที่ระยะเวลา 2 นาที และนำกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตระยะเวลา 3 นาที มาล้างด้วยน้ำกลั่น และแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตอีกครั้งที่ระยะเวลา 3 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำกะทิสเฟียร์ที่ได้มาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1) ขนาดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยวัดด้านยาว ด้านสั้น และคำนวณหาอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (ratio) ทำได้โดยการนำด้านยาวหารด้วยด้านสั้น
2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.3.7 การวางแผนการทดลอง

การวางแผนการทดลองโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดเลือกวัตถุดิบและอุปกรณ์ในการทดลอง ได้ทำการทดลองคัดเลือก ชนิดยี่ห้อของกะทิ ชนิดของแม่พิมพ์ และ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมแอลจิเนต ตามลำดับ ดังนี้

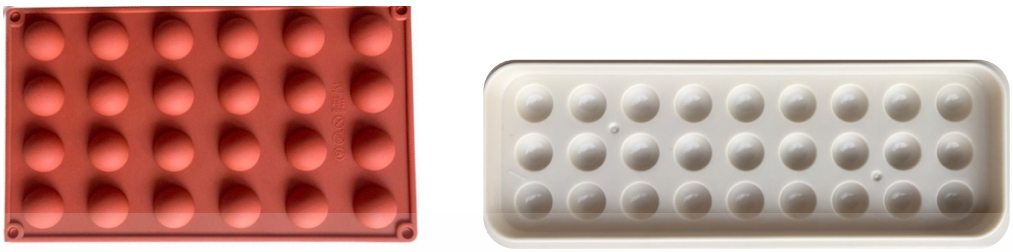
ได้ทำการคัดเลือกชนิดยี่ห้อของกะทิเพื่อนำมาทำกะทิสเฟียร์ โดยมีทั้งหมด 4 ยี่ห้อ ประกอบไปด้วย กะทิยี่ห้อชาวเกาะสูตรอบควันเทียน, กะทิยี่ห้อชาวเกาะกะทิ 100%, กะทิยี่ห้อชาวเกาะสูตรหัวกะทิ, และกะทิยี่ห้ออร่อยดีกะทิ 100% ได้ผลดังภาพที่ 4.1 ผลที่ได้คือ กะทิยี่ห้อชาวเกาะสูตรอบควันเทียนเมื่อนำไปทำกะทิสเฟียร์จะได้ สเฟียร์ที่มีรสตกค้างมากกว่ากะทิยี่ห้ออื่น ๆ กะทิยี่ห้อชาวเกาะกะทิ 100% เมื่อนำไปทำกะทิสเฟียร์จะได้สเฟียร์ที่มีรสตกค้างเล็กน้อย แต่เกิดการแยกชั้นกันของน้ำและตัวกะทิ กะทิยี่ห้อชาวเกาะสูตรหัวกะทิ เมื่อนำไปทำกะทิ สเฟียร์จะได้สเฟียร์ที่มีรสตกค้าง น้อยกว่าชนิดอื่น ๆ และไม่เกิดการแยกชั้นกันของน้ำกับตัวกะทิ กะทิยี่ห้ออร่อยดีกะทิ 100% เมื่อนำไปทำกะทิสเฟียร์จะได้สเฟียร์ที่มีรสตกค้างและเกิดการแยกชั้น สันนิษฐานว่ากะทิยี่ห้อชาวเกาะสูตรหัวกะทิ ตามที่ระบุไว้ข้างกล่องมีการเติมสารในกลุ่มอีมัลซิไฟเออร์ จึงช่วยลดการแยกชั้น ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเลือกกะทิยี่ห้อชาวเกาะสูตรหัวกะทิ ซึ่งมีผลดีที่สุดมาทำการทดลอง

ภาพที่ 4.1 ชนิดยี่ห้อกะทิที่นำมาทำการคัดเลือก

ได้ทำการเปรียบเทียบชนิดความแตกต่างของแม่พิมพ์ที่ใช้แช่แข็งกะทิ โดยเปรียบเทียบระหว่างแม่พิมพ์พลาสติก และแม่พิมพ์ซิลิโคน ดังภาพที่ 4.2 พบว่า แม่พิมพ์พลาสติก เมื่อนำไปแช่แข็งกะทิแล้วในขั้นตอนของการแกะเพื่อนำไปแช่ในสารละลายแอลจิเนตนั้น แกะออกมาค่อนข้างยาก และในขณะที่แกะมีบางเม็ดแตกทำให้เมื่อนำไปทำทำสเฟียร์ จะทำให้เกิดรูปทรงที่ไม่กลมสวยงาม ในขณะเดียวกันแม่พิมซิลิโคนสามารถแกะออกมาได้ง่ายกว่า และรูปทรงเป็นเม็ดครึ่งวงกลมสวยงามกว่า จึงสรุปได้ว่าแม่พิมพ์พลาสติกมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละของการสูญเสียมากกว่าแม่พิมพ์ซิลิโคน และแม่พิมพ์ซิลิโคนมี ร้อยละของผลผลิตมากกว่าแม่พิมพ์พลาสติก ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเลือกแม่พิมพ์ซิลิโคน ซึ่งมีผลดีที่สุดมาทำการทดลอง



ภาพที่ 4.2 ชนิดของแม่พิมพ์ที่นำมาทำการคัดเลือก

ได้ทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 (w/v) พบว่า สารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 (w/v) มีความหนืดมากเกินไปไม่สามารถนำกะทิแช่แข็งมาแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตได้ โดยกะทิแช่แข็งจะลอยขึ้นมา ต่างจากสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ที่มีความหนืดพอเหมาะสามารถใช้แช่กะทิแช่แข็งเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสเฟียร์ริฟิเคชั่นได้ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้สารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) ซึ่งมีผลดีที่สุดมาทำการทดลอง

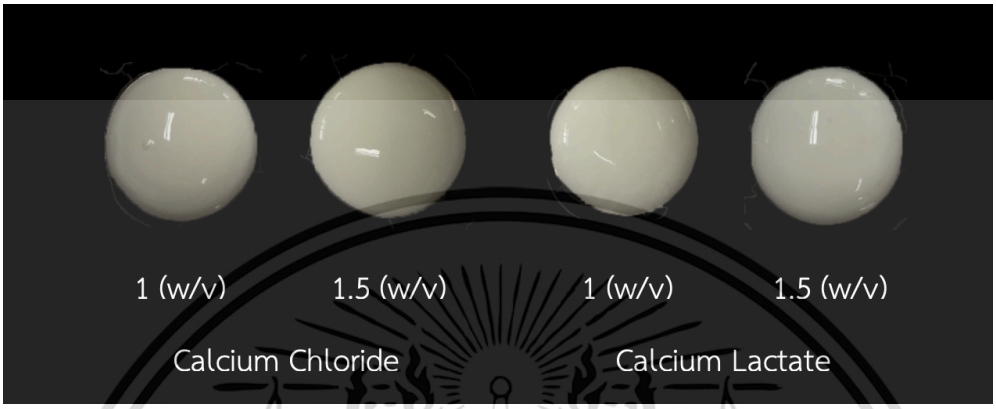
ภาพที่ 4.3 ภาพความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่นำมาทำการคัดเลือก

4.1 ผลการศึกษาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์สำหรับราด

การศึกษาผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์สำหรับราด ทำได้โดยเตรียมน้ำกะทิสำหรับราด และนำมาขึ้นรูปทรงกลมด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับร่วมกับการแช่แข็ง โดยทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้แคลเซียมคลอไรด์กับแคลเซียมแลคเตท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 (w/v) พบว่าทั้งสี่สภาวะสามารถขึ้นรูปกะทิสเฟียร์ได้อย่างสมบูรณ์ ดังภาพที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเฟียร์มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลมที่มีความมันวาว มีเปลือกเจลใสห่อหุ้มน้ำกะทิไว้ด้านใน ซึ่งน้ำกะทิด้านในยังคงมีลักษณะเป็นของเหลวอยู่ เมื่อทำให้เปลือกเจลแตกออกน้ำกะทิจะไหลออกมา (ภาพที่ 4.5) นำกะทิสเฟียร์ที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 วิธี มาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพในด้านขนาด น้ำหนัก และค่าสี ได้ผลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2



ภาพที่ 4.4 กะทิสเฟียร์ที่ต่างชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียม

ภาพที่ 4.5 กะทิสเฟียร์ที่แตกออกและน้ำกะทิไหลออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อลักษณะทางกายภาพทางด้านขนาดและน้ำหนักของกะทิสเฟียร์

ประเภทของกะทิสเฟียร์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (mm)	ทรงกลม^{ns}	น้ำหนัก (กรัม)
A	26.31 ± 0.36^{c}	0.99 ± 0.01	5.35 ± 0.14^{b}
B	27.08 ± 0.29^{d}	1.00 ± 0.01	5.64 ± 0.09^{c}
C	24.91 ± 0.50^{a}	0.99 ± 0.01	5.03 ± 0.14^{a}
D	25.97 ± 0.33^{b}	1.00 ± 0.01	5.09 ± 0.27^{a}

หมายเหตุ A คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v)
B คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v)
C คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v)
D คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v)
$^{a-d}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

ตารางที่ 4.2 ผลของชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมต่อค่าสีของกะทิสเฟียร์

ประเภทของกะทิสเฟียร์	ค่าสี		
	L* ^{ns}	a* ^{ns}	b* ^{ns}
A	92.34 ± 0.90	-0.80 ± 0.03	4.15 ± 0.27
B	92.02 ± 0.79	-0.81 ± 0.03	4.06 ± 0.22
C	92.50 ± 0.51	-0.80 ± 0.05	4.19 ± 0.21
D	92.31 ± 0.85	-0.79 ± 0.05	4.09 ± 0.20

หมายเหตุ A คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v)
B คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v)
C คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v)
D คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v)
^{ns} คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมทั้ง 2 ชนิดขึ้น คือแคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท จะมีผลต่อการเกิดเจล โดยในกะทิสเฟียร์ที่ใช้เกลือแคลเซียมคลอไรด์ พบว่ามีรสตกค้าง (after taste) ของเกลือแคลเซียมมากกว่ากะทิสเฟียร์ที่ใช้เกลือแคลเซียมแลคเตท แต่ในกะทิสเฟียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

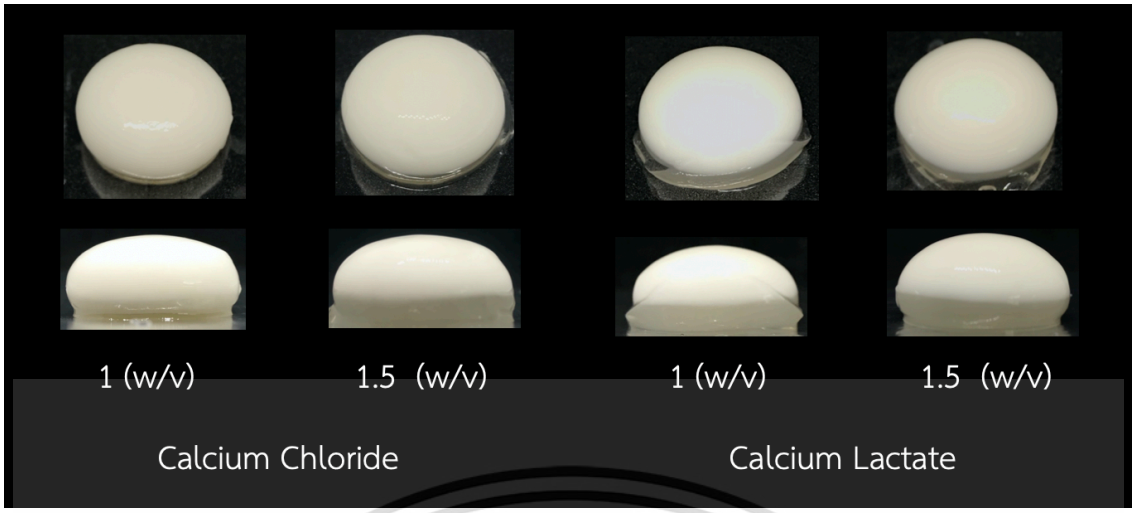
ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์ จะมีเจลห่อหุ้มที่หนา แข็งแรง และมีเป็นลักษณะทรงกลมกว่ากะทิ สเฟียร์ที่ใช้เกลือแคลเซียมแลคเตท โดยสเฟียร์จะเกิดเจลที่มีเปลือกหนาขึ้นตามความเข้มข้นที่ใช้ เห็นได้จากค่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะแคลเซียมคลอไรด์มีอัตราการละลายน้ำที่มากกว่าแคลเซียมแลคเตท จึงมีความว่องไวต่อปฏิกิริยามากกว่าแคลเซียมแลคเตท Lee และ Roger (2012) รายงานว่า ที่ความเข้มข้นเท่ากันแคลเซียมคลอไรด์ใช้เวลาในการฟอร์มเจลสั้นที่สุด เมื่อเทียบกับแคลเซียมแลคเตทและกลูโคเนด เป็นผลให้ที่เวลาเท่ากันกะทิสเฟียร์ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์มีน้ำหนักมากกว่ากะทิสเฟียร์ที่ใช้แคลเซียมแลคเตท และจากการสังเกตด้วยการสัมผัส พบว่ากะทิสเฟียร์ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์มีเปลือกที่หนากว่า และแข็งแรงกว่า ผลการวิเคราะห์ค่าสีของกะทิสเฟียร์ที่ใช้แคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท พบว่าผลของชนิดของเกลือแคลเซียมไม่มีผลต่อค่าสีของกะทิสเฟียร์ กะทิสเฟียร์ตัวอย่างมีค่าความสว่างอยู่ประมาณ 92 ค่าสีเหลืองอยู่ประมาณ 4.1 และค่าสีแดงอยู่ประมาณ -0.8

และในการเตรียมสารละลายโซเดียมแอลจิเนตมีความจำเป็นต้องเตรียมไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างน้อย 1 คืน ให้ฟองอากาศในสารละลายหมดไป เนื่องมีฟองอากาศในสารละลายในโซเดียมแอลจิเนตจะขัดขวางการเกิดสเฟียร์ทำให้เกิดเจลได้ไม่ทั่วถึง (Anonymouse, 2011) ทำให้ของเหลวที่อยู่ด้านในสเฟียร์จะไหลออกมา และหลังจากการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตแล้วนำมาล้างกับน้ำกลั่นเพราะน้ำกลั่นเป็นน้ำที่ไม่มีขั้ว ไม่มีแร่ธาตุอื่นใดเจือปน ทำให้แคลเซียมไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อได้ หากใช้น้ำประปาหรือน้ำกรองจะมีแร่ธาตุอื่น ๆ ทำให้สเฟียร์ทำปฏิกิริยาต่อได้ กล่าวคือเป็นการหยุดการเกิดเจล และนอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดความขมที่เกิดขึ้นได้ส่วนหนึ่งในเบื้องต้น (Taylor และคณะ, 2015)

4.2 ผลการศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

การศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ ทำได้โดยทำการเตรียมกะทิสเฟียร์ตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยใช้เกลือแคลเซียม 2 ชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์ และแคลเซียมแลคเตท ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 (w/v) จากนั้นนำมาผสมกับเจลาติน ในปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.1 (w/v) จากนั้นนำกะทิสเฟียร์ที่ได้ (ภาพที่ 4.6) มาทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้านขนาด และน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 กะทิสเฟียร์ต่างชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมที่ผสมเจลาติน

ตารางที่ 4.3 ผลของเจลาตินต่อลักษณะทางกายภาพทางด้านขนาด และน้ำหนักของกะทิสเฟียร์

ประเภทของกะทิสเฟียร์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย (mm)	ทรงกลม^{ns}	น้ำหนัก (กรัม)
A	24.38 ± 0.69^{a}	1.00 ± 0.01	5.37 ± 0.13^{ab}
B	24.95 ± 0.27^{ab}	1.00 ± 0.02	5.52 ± 0.10^{c}
C	25.27 ± 1.12^{b}	1.00 ± 0.01	5.08 ± 0.52^{a}
D	26.45 ± 0.55^{c}	1.00 ± 0.02	5.13 ± 0.53^{a}

หมายเหตุ A คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v)
B คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v)
C คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v)
D คือกะทิสเฟียร์จากแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v)
$^{a-c}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

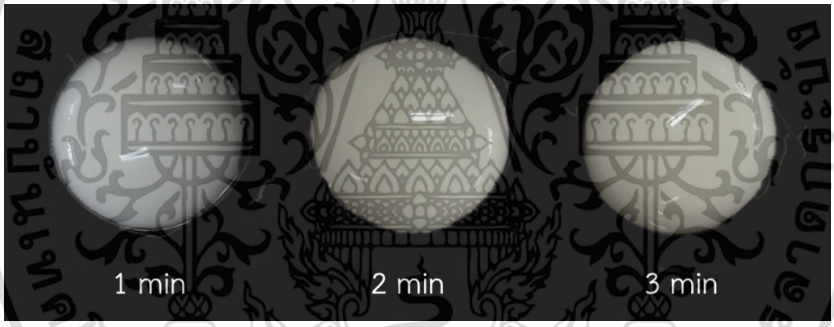
จากการทดลองการศึกษาผลของเจลาตินต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ พบว่าลักษณะที่เกิดขึ้นหลังจากการผสมเจลาตินลงในกะทิราดทำให้ได้กะทิสเฟียร์ที่มีลักษณะที่เป็นทรงกลมและมีความมันวาวมากขึ้น มีเจลที่หนาและแข็งแรงขึ้นในทุกความเข้มข้นของเกลือแคลเซียม ทั้งแคลเซียมคลอไรด์และแคลเซียมแลคเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

จากการทดลองที่ผ่านมาคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่า ชนิดของเกลือแคลเซียมที่เหมาะสมที่สุดคือแคลเซียมแลคเตท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) ของน้ำกะทิ เนื่องจากหากใช้เกลือแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (w/v) ของน้ำกะทิ มีร้อยละของการสูญเสียที่สูงกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) ของน้ำกะทิและหากใช้แคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 (w/v) ของน้ำกะทิ จะเกิดรสชาติตกค้าง (After taste) และที่ไม่เลือกแคลเซียมคลอไรด์ เพราะแคลเซียมคลอไรด์จะทำให้เกิดรสชาติตกค้าง ในทุกความเข้มข้นที่ใช้ของแคลเซียมคลอไรด์

การศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่สารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ ทำได้โดยเตรียมกะทิสเฟียร์ตามวิธีในข้อ 3.3.2 คือเตรียมน้ำกะทิสำหรับราดผสมแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) จากนั้นแช่แข็งและหยอดลงในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) เป็นเวลา 1, 2 และ 3 นาที นำกะทิสเฟียร์ที่ได้ (ภาพที่ 4.7) มาทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้านขนาด น้ำหนัก ค่าความยืดหยุ่น และค่าความแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.5



ภาพที่ 4.7 กะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเป็นเวลา 1, 2 และ 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อลักษณะทางกายภาพทางด้านขนาด และน้ำหนักของกะทิสเฟียร์

ระยะเวลาในการแช่ SA (นาที)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย^{ns} (mm)	ทรงกลม^{ns}	น้ำหนัก (กรัม)
1	26.66 ± 0.89	0.99 ± 0.01	5.32 ± 0.23^{a}
2	26.50 ± 0.80	0.99 ± 0.00	5.65 ± 0.23^{b}
3	26.51 ± 0.62	0.99 ± 0.00	5.82 ± 0.26^{b}

หมายเหตุ SA คือสารละลายโซเดียมแอลจิเนต (Sodium alginate)
$^{a-b}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

ตารางที่ 4.5 ผลของระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตต่อลักษณะทางกายภาพทางด้านค่าความยืดหยุ่น และค่าความแข็งของกะทิสเฟียร์

ระยะเวลาในการแช่ SA (นาที)	ค่าความยืดหยุ่น^{ns}	ค่าความแข็ง (กรัม•แรงกด)
1	0.96 ± 0.04	213.93 ± 18.53^{a}
2	0.96 ± 0.04	224.01 ± 20.72^{ab}
3	0.97 ± 0.04	236.40 ± 24.90^{b}

หมายเหตุ SA คือสารละลายโซเดียมแอลจิเนต (Sodium alginate)
$^{a-b}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
^{ns} คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

จากการทดลองผลการศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนต พบว่าเมื่อระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น พบว่าถ้าเวลาการแช่ 1 นาที น้ำหนักกะทิสเฟียร์เท่ากับ 5.32 กรัม เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นเป็น 3 นาที พบว่าการเกิดเจลสามารถดำเนินต่อไปทำให้เก็บกักน้ำกะทิได้มากขึ้น เป็นผลให้น้ำหนักเพิ่มไปเป็น 5.82 กรัม และสอดคล้องกับค่าความแข็งของเจล พบว่าความแข็งของสเฟียร์เพิ่มขึ้นจาก 213 กรัม•แรงกดเป็น 236 กรัม•แรงกด เมื่อเวลาการแช่เพิ่มขึ้นจาก 1 นาทีไปเป็น 3 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการศึกษาผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์

การศึกษาผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อคุณภาพของกะทิสเฟียร์ การนำกะทำสเฟียร์ที่ได้จากข้อ 3.3.5 นั้นมาทำการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตตามระยะเวลาเดิมของตัวอย่างแต่ละตัว คือนำกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตระยะเวลา 1 นาที มาล้างด้วยน้ำกลั่น และแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตอีกครั้งที่ระยะเวลา 1 นาที นำกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตระยะเวลา 2 นาที มาล้างด้วยน้ำกลั่น และแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตอีกครั้งที่ระยะเวลา 2 นาที และนำกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตระยะเวลา 3 นาที มาล้างด้วยน้ำกลั่นและแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตอีกครั้งที่ระยะเวลา 3 นาที ตามลำดับ นำกะทิสเฟียร์ที่ได้ (ภาพที่ 4.8) มาทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพด้านขนาด และน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ภาพที่ 4.8 กะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเป็นครั้งที่สองในระยะเวลา 1,2 และ 3 นาที

ภาพที่ 4.9 การเกิดเจลที่หุ้มกะทิสเฟียร์เป็นสองชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตในครั้งที่สองต่อลักษณะทางกายภาพทางด้านขนาด และน้ำหนักของกะทิสเฟียร์

ระยะเวลาในการแช่ SA ในครั้งที่สอง (นาที)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย[ns] (mm)	ทรงกลม[ns]	น้ำหนัก (กรัม)
1	27.32 ± 1.07	0.99 ± 0.03	5.65 ± 0.97[a]
2	27.02 ± 0.96	0.99 ± 0.02	6.00 ± 0.96[ab]
3	27.55 ± 1.49	0.98 ± 0.01	6.48 ± 0.43[b]

หมายเหตุ SA คือสารละลายโซเดียมแอลจิเนต (Sodium alginate)

[a-b] คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

[ns] คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ย ± SD จากการทดลอง 10 ซ้ำ

จากการทดลองการศึกษาผลของการแช่กะทิสเฟียร์ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตครั้งที่สอง พบว่ากะทิสเฟียร์ที่ผ่านการแช่ซ้ำมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในทุกขนาด (P. Lee, M. A. Rogers, 2012) เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (Cross link) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล เกิดการจับกันของแคลเซียมขึ้นอีกครั้ง ที่มีโครงสร้างที่เรียกว่า egg box-model มีการแลกเปลี่ยนแคลเซียมขึ้นอีกครั้ง ทำให้เกิดการฟอร์มเจลห่อหุ้มรอบกะทิสเฟียร์ กล่าวคือ เกิดเป็นเจลสองชั้นซ้อนกันอยู่ และเจลที่เกิดขึ้นสามารถแยกออกมาจากสเฟียร์ได้ (ดังภาพที่ 4.9)

และการเปรียบเทียบการทดลองการผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราดโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตหนึ่งครั้ง (ตารางที่ 4.4) กับการทดลองการผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราดโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตสองครั้ง (ตารางที่ 4.6) พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกะทิสเฟียร์จากการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตหนึ่งครั้งมีค่าน้อยกว่ากะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตสองครั้ง และน้ำหนักของกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตหนึ่งครั้งมีค่าน้อยกว่ากะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตสองครั้ง ทั้งนี้เป็นเพราะ กะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตสองครั้งมีการเกิดเป็นเจลหุ้มสองชั้น ทำให้มีเปลือกที่หนากว่ากะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพียงครั้งเดียว ทำให้ทั้งขนาดและน้ำหนักของกะทิสเฟียร์ที่แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตสองครั้งมีค่ามากกว่าอย่างชัดเจน

จากการศึกษาการผลิตกะทิสเฟียร์สำหรับราดด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ พบว่าสามารถผลิตกะทิสเฟียร์ได้ โดยใช้เกลือแคลเซียมได้ทั้งสองชนิด และการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตครั้งที่สอง ทำให้เกิดเจลหุ้มรอบกะทิสเฟียร์ขึ้นอีกชั้น โดยสภาวะที่เหมาะสมในการทำกะทิสเฟียร์สำหรับราดคือ การใช้กะทิที่ผสมกับแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (w/v) แช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเป็นเวลา 3 นาที ทำให้ได้กะทิสเฟียร์ที่มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลม ที่มีความมันวาว และเกิดเปลือกเจลใสที่ห่อหุ้มน้ำกะทิไว้ด้านใน ซึ่งน้ำกะทิยังคงมีลักษณะเป็นของเหลวอยู่ เมื่อทำให้แตกออกจะมีน้ำกะทิไหลออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ น้ำผลไม้ การทำคาเวียร์ หรือการทำสเฟียร์ต้มยำ สร้างความสวยงามให้กับจานอาหาร ทำให้เกิดความแปลกใหม่ในการบริโภค เป็นการเพิ่มมูลค่าอีกทางหนึ่งด้วย และสภาวะที่สองคือในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตครั้งที่สองจะได้กะทิสเฟียร์ที่เหมือนกับการทำสเฟียร์ในสภาวะที่แล้ว เพียงแต่ชั้นของเจลมีความหนากว่า เกิดการเกิดเจลห่อหุ้มอีกชั้น ซึ่งทำให้กะทิสเฟียร์ที่ได้ มีความแข็งแรง และรักษารูปร่างได้ในการขนส่ง แต่สำหรับในการผลิตเพื่อบริโภคทันทีการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพียงครั้งเดียวก็เพียงพอแล้วสำหรับความหนาของเจล

ภาพที่ 4.10 ตัวอย่างการนำกะทิสเฟียร์ไปใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

1) ในการคัดเลือกเบื้องต้น ได้เลือกชนิดของกะทิเป็น กะทิชาวเกาะสูตรหัวกะทิ และเลือกใช้พิมพ์ซิลิโคน และเลือกสารละลายโซเดียมแอลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) เนื่องจากมีความที่ทำให้เม็ดกะทิแช่แข็งจมลงในสารละลายได้สะดวก

2) กะทิสเฟียร์ที่เตรียมจากการใช้เกลือแคลเซียมแลคเตทหรือเกลือแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 (w/v) ได้กะทิสเฟียร์ที่มีลักษณะเป็นเม็ดทรงกลม มีความมันวาว เปลือกเจลใสห่อหุ้มน้ำกะทิไว้ด้านใน ซึ่งน้ำกะทิด้านในยังคงมีลักษณะเป็นของเหลวอยู่ เมื่อทำให้เปลือกเจลแตกออกจะมีน้ำกะทิไหลออกมา และพบว่ากะทิสเฟียร์ที่เตรียมจากเกลือแคลเซียมคลอไรด์มีน้ำหนักและความแข็งมากกว่าการใช้เกลือแคลเซียมแลคเตท

3) เมื่อระยะเวลาในการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตเพิ่มขึ้นจาก 1 ไปเป็น 3 นาที จะส่งผลให้น้ำหนักและค่าความแข็งเพิ่มขึ้น แต่ในด้านขนาด ค่าสี และความหยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่าง

4) กะทิสเฟียร์ที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมแอลจิเนตครั้งที่สอง จะเกิดเจลห่อหุ้มขึ้นอีกชั้นหนึ่ง ทำให้เม็ดสเฟียร์มีความแข็งแรงมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเพิ่มพื้นที่ระยะห่างระหว่างกะทิสเฟียร์แต่ละลูก อาจมีการกวนหรือคนสารละลายโซเดียมแอลจิเนตให้มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา แต่ตัวของกะทิสเฟียร์ต้องไม่สัมผัสกัน เพื่อป้องกันการเชื่อมติดกันของกะทิสเฟียร์

5.2.2 การทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อที่จะได้ปรับปรุง แก้ไขด้านต่าง ๆ ของกะทิสเฟียร์ เช่น ความหนาของกะทิสเฟียร์ รสชาติ ก่อนนำไปใช้งานจริง

5.2.3 การติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากกะทิเป็นผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างมีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา และเกิดการเน่าเสียได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. ไฮโดรคอลลอยด์ธรรมชาติ. หน้า 200-202. เคมีอาหาร (Food Chemistry). พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

นัยวิท เฉลิมนนท์, วรรณา ขันธชัย และ ปฐมพงศ์ สมัครการ. คุณภาพของน้ำมันมะพร้าวที่สกัดด้วยวิธีปั่นเหวี่ยง. รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2559.

ภัทร ดำรงค์ศรี และ ภาณุกา แสนสระดี. การผลิตต้มยำสเฟียร์โดยใช้เทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชั่นแบบผันกลับร่วมกับการแช่แข็ง. ปัญหาพิเศษ หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2561.

Alicia Foundation. 2015. About the obtained gel. 58-59. InTaylor and Francis Group. A Chef's Guide to Gelling, Thickening, and Emulsifying Agents. New York: CRC Press.

ChefSteps. 2014. The Science of Spherification. [Online]. Available: https://www.chefsteps.com/activities/the-science-of-spherification. 20 January 2020.

Deborah A. Straub (2007): "Calcium Supplementation in Clinical Practice: A Review of Forms, Doses, and Indications". Nutrition in Clinical Practice, volume 22, issue 3, pages 286-296

Fine Dining Lovers, Editorial Staff. 2016. The Science of Spherification. [Online]. Available: https://www.finediningloversl.com/article/science-spherification. 20 January 2020.

Gale Martha. 2012. Jam Science. [Online]. Available: http://sciexplorer.blogspot.com /2012/08/jam-science-first-let-me-be-clear-i-am.html/. 9 October 2019

Jyotisen D. 2017. Cross linking of calcium ion in alginate produce spherification in molecular gastronomy by pseudoplastic flow. World Journal of Pharmaceutical Sciences.

Kitchen Alchemy. 2019. Dropping Knowledge in Sphere Form Part 2: Reversification. [Online]. Available: https://blog.modernistpantry.com/advice/dropping-knowledge-in-sphere-form-part-2-reversification/. 20 January 2020.

Kitchen Theory. 2011. The Thickening Agent – Sodium Alginate. [Online]. Available: https://www.kitchen-theory.com/spherification/. 20 January 2020.

Lee P., Rogers M.A. 2013. Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. International Journal of Gastronomy and Food Science.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Molecularrecipes. 2020. Calcium Salts Origin. [Online]. Available: http://www.molecularrecipes.com/hydrocolloid-guide/calcium-salts/. 20 January 2020.

Nicola Lando. 2014. 6 Things You Need To Know About Reverse Spherification. [Online]. Available: https://www.souschef.co.uk/blogs/the-bureau-of-taste/6-things-you-need-to-know-about-reverse-spherification. 20 January 2020.

Phan S., Yang K., Diego A. 2013. Deconstructed Apple Pie. [Online]. Available: https://scienceandfooducla.wordpress.com/2013/06/11/deconstructed-apple-pie/. 1 October 2019.

Tsai F., Chiang P., Kitamura Y., Kokawa M., Islam M.Z. 2017. Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification: Effects of secondary gelation on physical properties and release Characteristics. Food Hydrocolloids.

Vikas Anand Saharam. 2017. Multiple Emulsions. 223. InVikas Anand Saharam. Current Advances in Drug Delivery Through Fast Dissolving/Disintegrating Dosage Forms. Sharjah, UAE. Bentham Science Publishers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

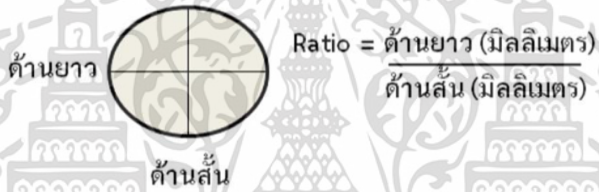
ก.1 การวัดขนาด ด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

1. เตรียมตัวอย่างกะทิสเฟียร์

2. ทำการตั้งค่าเครื่องให้อยู่ในตำแหน่งศูนย์ และปรับมาตรฐานเครื่องโดยกดปุ่ม ZERO ก่อนใช้งานทุกครั้ง

3. นำเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์กางออกและบีบเข้าให้พอดีกับขนาดของกะทิสเฟียร์เพื่อทำการวัดขนาดสเฟียร์ด้านยาว และด้านสั้น โดยวัดทั้งหมด 3 ซ้ำ

4. บันทึกค่าและคำนวณหาอัตราส่วนขนาด (ratio) ระหว่างด้านยาวและด้านสั้น (ดังภาพที่ ก.1)



ภาพที่ ก.1 แสดงลักษณะการวัดขนาดของกะทิสเฟียร์

ภาพที่ ก.2 แสดงเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ระบบดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การชั่งน้ำหนัก ด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

1. เตรียมตัวอย่างกะทิสเฟียร์

2. ตรวจสอบการตั้งตรงของเครื่องชั่งก่อนใช้งานทุกครั้ง โดยสังเกตจากระดับลูกน้ำที่ติดอยู่ที่เครื่องชั่งต้องอยู่ตรงกลาง หากไม่อยู่ตรงกลางแสดงว่าเครื่องชั่งไม่อยู่ในสภาพตั้งตรง ให้ปรับระดับโดยหมุนที่ปุ่มปรับระดับที่ขาเครื่องชั่ง

3. นำกะทิสเฟียร์ที่สะเด็ดน้ำแล้ว ทำการชั่งให้อยู่ตรงกึ่งกลางจานชั่ง เพื่อลดความผิดพลาดในการอ่านค่า ทำการชั่งน้ำหนักทั้งหมด 3 ซ้ำ

4. บันทึกค่าน้ำหนักที่ชั่งได้

ภาพที่ ก.3 แสดงเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การวัดสี ด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter; Minolta CR – 400, Japan)

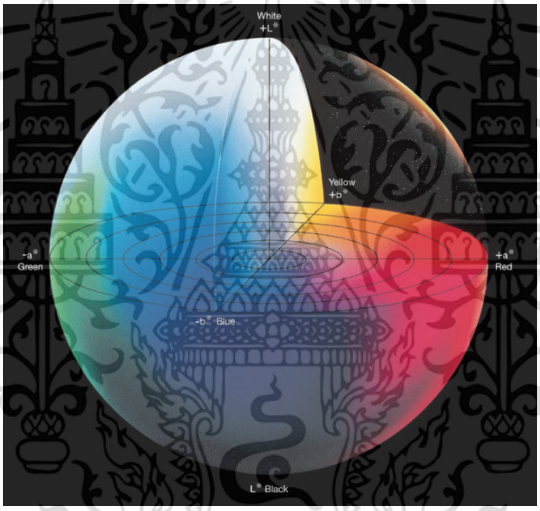
1. เตรียมตัวอย่างกะทิสเฟียร์

2. ปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่น White calibration plate (L* = 93.7, a* = 0.3156, b* = 0.3319)

3. นำเครื่องวัดสีมาแนบกับตัวอย่างและวัดค่าสีทั้งหมด 3 ซ้ำ

4. บันทึกค่า L*, a*, b* โดยค่า

L* คือ ค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ที่ช่วง 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว)
a* คือ ค่าสีแดงและค่าสีเขียว	เมื่อ a* มีค่าเป็นบวก เป็นสีแดง
	เมื่อ a* มีค่าเป็นลบ เป็นสีเขียว
B* คือ ค่าสีเหลืองและค่าสีน้ำเงิน	เมื่อ b* มีค่าเป็นบวก เป็นสีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าเป็นลบ เป็นสีน้ำเงิน



ภาพที่ ก.4 แสดง L* - a* - b* Chart

ภาพที่ ก.5 แสดงเครื่องวัดสี Chroma meter; Minolta CR – 400, Japan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.4 การวัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer

1. เตรียมตัวอย่างกะทิสเฟียร์ จำนวน 10 เม็ด

2. นำหัววัด (Probe) ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) มาประกอบกับเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA – X2i และประกอบฐานเรียบ

3. เปิดโปรแกรม Texture profile analysis เพื่อทำการ Calibrate probe และ Calibrate force ด้วยตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

4. ปรับค่าต่าง ๆ ดังนี้

Test Mode and Option : Measure Force in Compression และ Return to Start

Parameters

Pre – Test Speed	:	1.0 mm/s
Test Speed	:	5.0 mm/s
Post Test Speed	:	5.0 mm/s

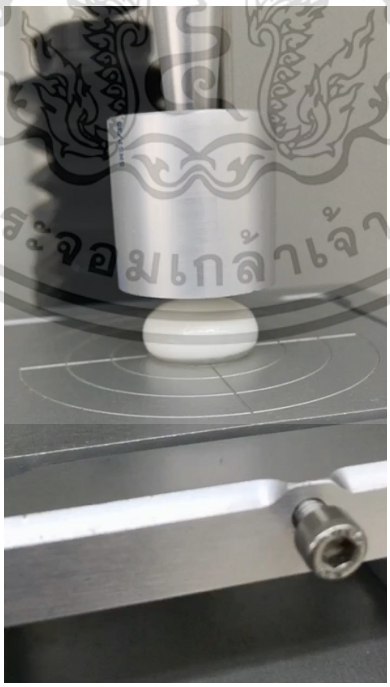
Trigger

Force	:	5 g

Units

Force	:	Grams
Distance	:	% Strain

5. ทำการวัดค่าเนื้อสัมผัส โดยบันทึกค่าความแข็ง (Hardness) ในหน่วย กรัม•แรงกด



ภาพที่ ก.6 แสดงเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA – X2i และหัววัด P/35 พร้อมฐานเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายกษิดิ์เดช อินทร์คุ้มวงษ์
วัน เดือน ปี เกิด	11 กรกฎาคม 2540
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น - ตอนปลาย : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2562
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท อิชิตัน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)
ชื่อ - นามสกุล	นายณัฐภัทร ลายเสมา
วัน เดือน ปี เกิด	24 สิงหาคม 2541
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น - ตอนปลาย : โรงเรียนเทพศิรินทร์
	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2562
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท อาหารยอดคุณ จำกัด
ชื่อ - นามสกุล	นายเอกวิน มะหะหมัด
วัน เดือน ปี เกิด	24 ธันวาคม 2539
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น - ตอนปลาย : โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
	สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2562
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท อาหารยอดคุณ จำกัด
	งานนอกเวลา บริษัท อินทิเกรเต็ด ควอลิตี้ เซ็นเตอร์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้