

การผลิตเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพรโดยใช้เทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชัน

PRODUCTION OF HYDROGEL BEADS FROM HERBAL DRINKS BY
SPHERIFICATION TECHNIQUE



ปัญหาลพิเศษนลเป็นส่วนหนลของการศลษาตามหลกสูตรปรลญญาวลทยาศาสตรบณทลต

ศลขาวลษาอุตศลหกรรมเกษตร

คณะอุตศลหกรรมอาหาร

ศลขานบณเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลลดกระบง

พ.ศ. 2563

เอกศลารนลเป็นเอกศลารที่สงวนวไล้สำหรับการใช้งานเพอลการศลษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งลลน อลกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนอลหา และดอลองออลงลถึงเจ้าของเอกศลารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การผลิตเม็ดบีดจากน้ำสมุนไพรโดยใช้เทคนิคสเฟียรรีฟิเคชัน

PRODUCTION OF HYDROGEL BEADS FROM HERBAL DRINKS BY
SPHERIFICATION TECHNIQUE

จัดทำโดย

กุลสินี ผดุงทรัพย์ รหัสนักศึกษา 59080052

อัสมาศ แยนนา รหัสนักศึกษา 59080199

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

(ผศ.จิราภรณ์ สิริสนธ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14 / กรกฎาคม / 2563

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การผลิตเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพรรวมโดยใช้เทคนิคสเฟียร์ลิเคชัน	
ชื่อนักศึกษา	กุลสินี ผดุงทรัพย์	รหัสนักศึกษา 59080052
	อัสมาศ แยนา	รหัสนักศึกษา 59080199
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร	
พ.ศ.	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการผลิตเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพรรวมโดยใช้เทคนิคสเฟียร์ลิเคชันเพื่อให้ได้เม็ดปิดเจลที่มีลักษณะเป็นทรงกลมโดยใช้การเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตและแซนแทนกัมกับแคลเซียมแลคเตทเกิดเป็นโครงสร้างเจลที่มีลักษณะที่เรียกว่า egg box model โดยสมุนไพรรวมที่เลือกใช้คือดอกคำฝอยและดอกอัญชันซึ่งประกอบไปด้วย รงควัตถุให้สีที่สำคัญ ได้แก่ สารคาร์تامินและสารแอนโทไซยานิน เตรียมวัตถุดิบโดยการนำสมุนไพรรวมแห้งมาอย่างละ 5 กรัม แล้วนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา จากนั้นนำไปต้มในน้ำกรองที่ระดับพาสเจอร์ไรส์ เป็นเวลา 20 นาทีเพื่อสกัดสีของสมุนไพรรวมและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จากนั้นก็ผ่านขั้นตอนการกรองจะได้น้ำสมุนไพรรวมเข้มข้นเพื่อผลิตเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพรรวม ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเม็ดปิดพบว่าการใช้โซเดียมอัลจิเนตความเข้มข้น 1% ผสมกับแซนแทนกัมความเข้มข้น 0.3% เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดเพราะให้ค่าน้ำหนักและค่าความเป็กรต-ต่างของเม็ดปิดที่ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีลักษณะปรากฏของเม็ดปิดที่ดีที่สุด ศึกษาความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดปิดพบว่าการใช้ความเข้มข้น 1.5% เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดเพราะ ให้ค่าน้ำหนักและค่าความเป็กรต-ต่างของเม็ดปิดที่ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และมีลักษณะปรากฏของเม็ดปิดที่ดีที่สุดเช่นกันและศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาเม็ดปิดสมุนไพรรวมพบว่าควรเก็บในนมพาสเจอร์ไรส์มากที่สุดแต่ไม่ควรเกิน 5 วันเนื่องจากค่าค่าความเป็กรต-ต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากการเสื่อมเสียของนมพาสเจอร์ไรส์

คำสำคัญ: สเฟียร์ลิเคชัน คำฝอย อัญชัน โซเดียมอัลจิเนต แซนแทนกัม แคลเซียมแลคเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Production of hydrogel beads from herbal drinks by Spherification Technique
Student name	Kulsinee Padungsap Student ID 58080052 Asmat Yaena Student ID 58080199
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2020
Advisor	Asst.Prof.Jiraporn Sirison

ABSTRACT

This research studies the production of beads from herbal juices by using Spherification technique to get spherical gel beads by using the gel formation of Sodium Alginate, Xanthan gum and Calcium Lactate form a gel structure called the egg box model. Herbs that are selected are safflower and butterfly pea flowers which consist of important pigments include Carthamin and Anthocyanin substances. Prepare the raw materials by using 5 grams of dried herbs, then wash them with piped water after that, boil in filtered water at pasteurized level for 20 minutes to extract the color of the herbs and destroy microorganism after that, through the filtering process, a concentrated herbal juice is obtained to produce beads from herbal juice. The effect of the concentration of hydrocolloid on the quality of beads was found that 1% Sodium Alginate mixed with 0.3% Xanthan gum is the most suitable concentration because it indicates the best weight and pH of the beads is statistically significant (at $p \leq 0.05$) and has the best appearance of beads, the effect of the concentration of Calcium Lactate on the quality of beads was found that 1.5% Calcium Lactate is the most suitable concentration because it indicates the best weight and pH of the beads is statistically significant (at $p \leq 0.05$) and has the best appearance of the beads too. And the results of the most suitable conditions for storage of herbal beads were found to be stored in pasteurized milk the most because of weight and pH of beads is the most stable, but should not exceed 5 days because the pH value decreased significantly (at $p \leq 0.05$) due to the spoilage of pasteurized milk.

Keywords: Spherification, Safflower, Butterfly Pea, Sodium Alginate, Xanthan gum, Calcium Lactate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.จิราภรณ์ สิริสัมพันธ์ ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด แนวทางการดำเนินงาน อย่างใกล้ชิด รวมถึงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน และการตรวจสอบแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.อรชร เมฆเกิดชู อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ คำแนะนำ คำชี้แนะ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ บุคลากร และนักวิทยาศาสตร์ของคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความรู้ ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ คอยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ทั้งทางกาย และกำลังใจ ตลอดการปฏิบัติงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เสมอมา

ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามถึงที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

กุลสินี ผดุงทรัพย์

อัสมาศ แยนา

7 กรกฎาคม 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 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.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ดอกอัญชัน.....	3
2.2 ดอกคำฝอย.....	4
2.3 การขึ้นรูปทรงกลม.....	6
2.4 อัลจิเนต.....	7
2.5 แชนแทนกัม.....	7
2.6 แคลเซียมแลคเตท.....	8
2.7 การเกิดเจลของแคลเซียมอัลจิเนต.....	8
2.8 ซิเนอริซิส.....	9
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	11
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	11
3.2 อุปกรณ์.....	12
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	12
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	14
4.1 ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย.....	14
4.2 ศึกษาผลความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย.....	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ศึกษาผลการเก็บรักษาเมล็ดปัดจากน้ำดอกคำฝอยในน้ำมัน, น้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกรด และ น้ำดื่ม.....	18
4.4 ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชัน.....	21
4.5 ศึกษาผลความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชัน.....	23
4.6 ศึกษาผลการเก็บรักษาเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันในน้ำมัน, น้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกรด และ น้ำดื่ม.....	25
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	29
บรรณานุกรม.....	31
ภาคผนวก.....	34
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	35
ประวัติผู้เขียน	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ค่าน้ำหนักของเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอยและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอยที่ละลายออกมาจากเม็ดบีดที่ความเข้มข้นแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน	14
4.2	ค่าน้ำหนักของเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอยและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอยที่ละลายออกมาจากเม็ดบีดที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน	16
4.3	ค่าน้ำหนักและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอยที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันเมื่อนำไปเก็บในสารละลายน้ำดื่มและเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน	17
4.4	ค่าน้ำหนักของการเก็บรักษาเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอย ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอยก่อนเก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	18
4.5	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของการเก็บรักษาจากสารละลายกับเม็ดบีดจากน้ำดอกคำฝอย ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดบีดคำฝอยก่อนเก็บในนมพาสเจอร์ไรซ์, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	19
4.6	ค่าน้ำหนักของเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชันและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชันที่ละลายออกมาจากเม็ดบีดที่ความเข้มข้นแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน	21
4.7	ค่าน้ำหนักของเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชันและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชันที่ละลายออกมาจากเม็ดบีดที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน	23
4.8	ค่าน้ำหนักและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชันที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันเมื่อนำไปเก็บในสารละลายน้ำดื่ม และเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน	25
4.9	ค่าน้ำหนักของการเก็บรักษาเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชัน ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดบีดอัญชันก่อนเก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	26
4.10	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของการเก็บรักษาจากสารละลายกับเม็ดบีดจากน้ำดอกอัญชัน ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดบีดอัญชันก่อนเก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สารแอนโทไซยานิน	3
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย	5
2.3 การเกิดแคลเซียมอัลจีเนต	9
4.1 เม็ดปิดดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 โดย น้ำหนักในการเก็บรักษาวันที่ 1	15
4.2 เม็ดปิดดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยน้ำหนักในการเก็บรักษาวันที่ 1	16
4.3 เม็ดปิดดอกคำฝอยที่เก็บในนม, ในสารละลายกรด, ในน้ำดื่มของการเก็บรักษา วันที่ 1	20
4.4 เม็ดปิดดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทน กัมที่ร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 โดย น้ำหนัก ในการเก็บรักษาวันที่ 1 และ วันที่ 3	22
4.5 เม็ดปิดดอกอัญชันที่ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยน้ำหนักในการเก็บรักษาวันที่ 1	24
4.6 เม็ดปิดดอกอัญชันที่เก็บในนม, ในสารละลายกรด, ในน้ำดื่มของการเก็บรักษา วันที่ 1	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องต้ม เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานง่ายและเป็นที่ยอมรับโดยตลอด ในปัจจุบันเครื่องต้มที่ใส่ไข่มุก เช่น ชานมไข่มุกนั้นเป็นที่นิยมอย่างมาก โดยไข่มุกนั้นทำมาจากแป้งมันสำปะหลังซึ่งมีปริมาณแคลอรีสูง ไข่มุกมีลักษณะเป็นทรงกลมทางคณะผู้จัดทำจึงมีความต้องการนำเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมโดยเทคนิค สเฟียร์ริฟิเคชัน โดยเทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชัน ก็เป็นส่วนหนึ่งของการทำอาหารประเภทโมเลกุล เทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชัน เป็นเทคนิคการทำอาหารสมัยใหม่ผสมผสานความคิดสร้างสรรค์และวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตกแต่งและจัดเมนูอาหารต่างๆ ได้ นอกจากนี้เทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชันยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับอาหาร เครื่องดื่มและขนมหวาน เนื่องจากทำให้มีรูปปลักษณ์ที่น่ารับประทานยิ่งขึ้นและการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิต ไข่มุกจากน้ำสมุนไพร เนื่องจากต้องการสีจากธรรมชาติทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ และสีจากสมุนไพร เช่น อัญชันยังมีสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายอีกด้วย

คณะผู้วิจัย จึงมีความสนใจที่จะนำเทคนิคสเฟียร์ริฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในการทดลองนี้ โดยใช้ น้ำสมุนไพรมาทำการขึ้นรูปทรงกลม ให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการผสมผสานความคิดสร้างสรรค์ วิทยาศาสตร์และนวัตกรรม ที่สามารถนำมาใช้ในใส่ในเครื่องต้มเพื่อเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคนอกจากการบริโภคไข่มุกจากแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแคลอรีสูง และมีคุณค่าทางโภชนาการที่น้อยกว่า

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพร
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของไฮโดรคอลลอยด์ ต่อคุณภาพของเม็ดปิดที่เตรียมจากน้ำสมุนไพร
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของเกลือแคลเซียมแลคเตท ต่อคุณภาพของเม็ดปิดที่เตรียมจากน้ำสมุนไพร
- 1.2.4 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บรักษาเม็ดปิดที่เตรียมจากน้ำสมุนไพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 เพื่อศึกษาการเตรียมเม็ดปิดจากแหล่งสีธรรมชาติ โดยการใช้เทคนิคสเฟียร์ลิทอกราฟี
- 1.3.2 เพื่อทราบถึงความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมในการเตรียมเม็ดปิด
- 1.3.3 เพื่อทราบถึงของความสัมพันธ์ไฮโดรคอลลอยด์ที่เหมาะสมในการเตรียมเม็ดปิด
- 1.3.4 เพื่อทราบถึงผลของการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาของเม็ดปิด
- 1.3.5 สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับธุรกิจการจัดและบริการอาหาร
- 1.3.6 สามารถเป็นทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดอกอัญชัน

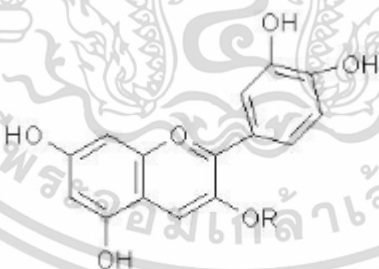
2.1.1 ลักษณะของดอกอัญชัน

ดอกอัญชัน (Butterfly pea) เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบอเมริกาใต้ เหมาะสำหรับการปลูกในเขตร้อน อัญชันเป็นไม้ล้มลุก ดอกมีสีน้ำเงินเข้มไปจนถึงสีม่วงและมีสีขาวด้วยเช่นกัน โดยออกดอกเป็นดอกเดี่ยว ในส่วนของดอกชั้นในจะแบ่งออกเป็น 5 กลีบ มีกลีบนอกเป็นสีเขียว ลักษณะของต้นจะเป็นไม้เถาเลื้อยเล็กๆ

2.1.2 คุณสมบัติของดอกอัญชัน

ดอกอัญชันเต็มไปด้วยสารแอนโทไซยานินที่ทำให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น ทำให้เลือดไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ ในร่างกายได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงประสาทดอกอัญชันมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงช่วยปกป้องเซลล์ในร่างกายไม่ให้เสื่อมสภาพ ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันแข็งแรง และช่วยลดน้ำตาลในเลือด สารสกัดจากดอกอัญชันมี การยับยั้ง α -amylase อย่างมีนัยสำคัญทำให้ระดับกลูโคสในเลือดลดลง

2.1.3 สารแอนโทไซยานิน



ภาพที่ 2.1 สารแอนโทไซยานิน

ที่มา: Lazze, M.C., et al. (2004)

แอนโทไซยานิน เป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สีธรรมชาติในอาหาร สารสกัดแอนโทไซยานิน มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง ด้วยการยับยั้งไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน ชะลอความเสื่อมของดวงตา ช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น อีโคไล (*Escherichia coli*) ในระบบเอ็กสาร์เป็นเอ็กสาร์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย อาหารที่เป็นแหล่งสำคัญของแอนโทไซยานิน ได้แก่ พริกผลไม้เช่น องุ่น ทับทิม และผลไม้ในกลุ่มเบอร์รี่ เช่น สตรอเบอร์รี่ ผลหม่อน บลูเบอร์รี่ แครนเบอร์รี่ เซอรั้ และราสเบอร์รี่ เป็นต้น พวกผัก เช่น กะหล่ำปลีสีม่วง และเรดิชิสีแดง พวกเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวก่ำ หรือ ข้าวสีนิล ข้าวโพดสีม่วง พวกพืชหัว ได้แก่ มันเทศสีม่วง ในดอกไม้ก็มีเช่นกัน เช่น กระจับแดง และดอกอัญชัน เป็นต้น (G. Bragueto Escher, et. al.,2020)

2.2 ดอกคำฝอย

2.2.1 ลักษณะของดอกคำฝอย

ดอกคำฝอย (safflower) เป็นพืชที่มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ จัดเป็นไม้ล้มลุก มีความสูงประมาณ 40-130 เซนติเมตร มีลำต้นเป็นสัน แตกกิ่งก้านมาก เป็นพืชที่มีอายุสั้น ทนแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่ำกว่า 1,000 เมตร ชอบดินร่วนปนทรายหรือดินที่มีการระบายน้ำได้ดี โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกจะอยู่ระหว่าง 5-15 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงออกดอกคือ 24-32 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาการปลูกประมาณ 80-120 วันจนเก็บเกี่ยว ส่วนลักษณะดอกคำฝอย ออกดอกรวมกันเป็นช่ออัดแน่น บนฐานดอกที่ปลายยอด มีดอกย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก ดอกคำฝอยมีลักษณะกลีบดอกดาวเรือง เมื่อดอกคำฝอยบานใหม่ ๆ จะมีกลีบดอกสีเหลืองแล้วจึงค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีส้ม เมื่อแก่จัดดอกจะเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง ที่ดอกมีใบประดับแข็งเป็นหนามรองรับช่อดอกอยู่

2.2.2 คุณประโยชน์ของดอกคำฝอย

โปรตีน 8-17 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 10.4 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 530 มิลลิกรัม เหล็ก 7.3 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 287 มิลลิกรัม น้ำมัน 35-45 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก 10-60 เปอร์เซ็นต์ กรดลิโนเลอิก 60-80 เปอร์เซ็นต์ สารคาร์ตามิดีน (carthamidine) ให้สีเหลือง และสารคาร์ตามีน (carthamine) ให้สีแดง เป็นต้น โดยสารอาหารเหล่านี้ล้วนดีต่อสุขภาพทั้งสิ้น

โดยดอกคำฝอยสามารถลดไขมันในเส้นเลือดน้ำมันที่สกัดจากเมล็ดของดอกคำฝอยมีกรดไลโนเลอิก ที่ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด และป้องกันการอุดตันของไขมันในหลอดเลือด ช่วยบำรุงหัวใจ ดอกคำฝอยเป็นพืชสมุนไพรที่มีรสหวานร้อนและขมเล็กน้อย จึงสามารถบำรุงหัวใจได้ดี ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด การบริโภคน้ำมันสกัดจากเมล็ดดอกคำฝอยจะช่วยลดระดับของน้ำตาลในเลือดได้ และบรรเทาอาการปวดประจำเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในผู้หญิงที่มีอาการปวดท้องประจำเดือนเป็นประจำ นอกจากนี้กรดไลโนเลอิกที่พบในน้ำมันดอกคำฝอยยังสามารถช่วยควบคุมการหลั่งของสารกลุ่มพรอสตาแกลนดิน (prostaglandins) ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมในระหว่างการมีประจำเดือนจึงช่วยบรรเทาอาการปวดประจำเดือนได้ (กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย และแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, 2551)

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย

สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์กลัยโคไซด์ (Flavonoid Glycoside) ได้แก่ คาร์ตามิน (carthamin) ,ซาฟโฟลมิน (safflorin) ,ซาฟฟลอร์ เยลโล่ (safflor yellow) ,ไฮดรอกซีซาฟฟลอร์ เยลโล่ (hydroxysafflor yellow), ทิงค์ทอร์มิน (cartormin), ซาโปจีนิน (sapogenin) สารในกลุ่มฟลาโวน เช่นลูทีโอลิน (luteolin) และอนุพันธ์



ภาพที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย

ที่มา: Ekin, Z. (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Spherification หรือการขึ้นรูปทรงกลม

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม คือ กระบวนการทอหุ้มของเหลวด้วยเจลให้เป็นทรงกลม เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ในอาหารสมัยใหม่ (Modernist cuisine) เพราะว่าทรงกลมเล็กๆที่ได้จะมีรูปร่างและเนื้อสัมผัสคล้ายไข่ปลาเค็มหรือทรงกลมขนาดใหญ่จะมีลักษณะคล้ายกับลูกแก้ว สามารถนำมาจัดจานอาหารในแนวที่ทันสมัยแบบ “Molecular” โดยเป็นส่วนประกอบในเมนูอาหารทั้งคาวและหวาน

เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในธุรกิจบริการอาหารครั้งแรกในปี 2003 จากร้านอาหารเอลบูยี ประเทศสเปน โดยพ่อครัวชาวรัสเซียชื่อ เฟอราน อาเดรีย จนกลายเป็นต้นแบบให้กับพ่อครัวในปัจจุบัน การขึ้นรูปทรงกลมมีพื้นฐานจากการใช้สมบัติของสารไฮโดรคอลลอยด์ขึ้นรูปอาหารเหลว เช่น น้ำผลไม้ สารสกัดจากเครื่องเทศ ซอส และนม เป็นต้น ให้มีรูปร่างกลม เช่น การใช้โซเดียมอัลจิเนตละลายในอาหารเหลว หยดส่วนผสมอาหารเหลวลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตท เกิดเป็นแคลเซียมอัลจิเนตซึ่งมีลักษณะกลม ซึ่งการขึ้นรูปทรงกลมสามารถทำให้มีขนาดของทรงกลมแตกต่างกันได้ และมีชื่อเรียกแตกต่างกัน ได้แก่ คาเวียร์ (Caviar), ไข่ (Egg), น็อคชี (Gnocchi), ราวิโอลี (Ravioli) เป็นต้น ลักษณะทรงกลมที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีเยื่อหุ้มบางๆ รอบๆ ของอาหารเหลว เมื่อกัดในปากเพียงเล็กน้อยจะทำให้ทรงกลมนั้นแตกออกมาและเกิดกลิ่นรสที่น่าประหลาดใจขึ้น การขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธี ได้แก่ (Myhrovold et. al, 2011)

2.3.1 Basic spherification หรือการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน

การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน เป็นเทคนิคที่ใช้การจุ่มของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีโซเดียมอัลจิเนตผสมจุ่มลงในสารละลายแคลเซียม แคลเซียมไอออนจะทำการจับกับอัลจิเนตเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายภายในโมเลกุล เกิดกระบวนการเกิดเจลของแคลเซียมอัลจิเนต (รุ่งนภา และ Miyawaki, 1998) เจลที่ก่อตัวขึ้นจะเกิดเป็นเยื่อหุ้มรอบของทรงกลม มีความเปราะบาง การเกิดเจลจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง แม้จะนำออกจากสารละลายแคลเซียมหรือล้างแล้วก็ตาม ส่งผลให้ทรงกลมมีความแข็งมากขึ้น ดังนั้นหากไม่ต้องการให้ทรงกลมเป็นเจลทั้งเม็ดควรรับประทาน หรือเสิร์ฟอย่างรวดเร็ว ข้อจำกัดของการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐานคือของเหลวหรืออาหารเหลวจะต้องไม่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ ไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีแอลกอฮอล์ ความเข้มข้นสูง และของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีสภาวะความเป็นกรดสูง แต่สามารถเติมโซเดียมซิเตรทลงในอาหารเหลวเพื่อลดระดับความเป็นกรดในอาหาร

2.3.2 Reverse spherification หรือการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ

การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับเป็นเทคนิคที่นำของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีส่วนผสมของแคลเซียมแลคเตท หรือแคลเซียมกลูโคเนตผสมกับโซเดียมอัลจินต การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับสามารถขึ้นรูปทรงกลมได้มากกว่าแบบพื้นฐาน โดยเฉพาะอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมและแอลกอฮอล์สูง เยื่อหุ้มเซลล์ทรงกลมจะมีความหนามากกว่าวิธีพื้นฐาน และสามารถหยุดการเกิดเจลได้เมื่อนำมาล้างน้ำ ข้อเสียคือ เจลจะค่อนข้างชุ่ม เนื่องจากการผสมแคลเซียมแลคเตทลงไปของเหลว เทคนิคนี้มักใช้ในรูปของการทำไส้เค้ก, กะทิขึ้นรูปทรงกลม เป็นต้น

2.4 อัลจินต

อัลจินต (alginate) หรือแอลจินเป็นไฮโดรคอลลอยด์ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ที่เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ (heteropolysaccharide) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของอนุพันธ์ของน้ำตาล ได้แก่ กรดแมนนูโรนิก (D-mannuronic acid) กรดกลูโรนิก (guluronic acid) อัลจินตสกัดได้จากผนังเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล (brown algae) เช่น *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* และผ่านการทำแห้ง มีลักษณะเป็นผง อยู่ในรูปของสารประกอบผสมของเกลือแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียมของกรดแอลจินิก (alginic acid) ซึ่งละลายได้ในน้ำ ทำให้เกิดเจลได้ หรือเป็นสารก่อเจล (gelling agent) ซึ่งเป็นเจลที่ทนต่อความร้อน (thermoirreversible gel) หรือไม่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับความร้อน (B. Lupo, et. al, 2015).

2.5 แขนแทนกัม

แขนแทนกัม เป็นกัม (gum) ซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ชนิดหนึ่งใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร แขนแทนกัม สกัดได้จากเมือกที่สร้างโดย แบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ซึ่งมักพบในกะหล่ำปลี กระหล่ำดอก โมเลกุลของแขนแทนกัม เป็น polysaccharide ประเภท heteropolysaccharide ที่เป็นสายพอลิเมอร์ของ β -D-glucose มีโครงสร้างคล้ายกับ cellulose แต่ทุกๆ 2 โมเลกุลของ glucose เชื่อมต่อกับกิ่งของ trisaccharide ที่เกิดจากน้ำตาลmannose 2 โมเลกุล และ glucuronic acid 1 โมเลกุล โมเลกุลของแมนโนสที่อยู่ติดกับสายหลักมีเอสเทอร์ของกรดแอสติกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และแมนโนส ที่ตำแหน่งปลายของ trisaccharide มีกรดไพรูวิกเชื่อมต่ออยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 และ 6 (S. Stößlein, et. al, 2019)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

xanthan gum เป็นโครงสร้างเชิงซ้อนของ exopolysaccharide มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีแทน ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท แต่โดยทั่วไปนำมาใช้ในเครื่องปรุงรส เช่น น้ำ สลัด, ซอส, แยม และผลไม้กระป๋อง ช่วยให้เกิดความหนืดและช่วยรักษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมี การนำไปใช้ในการทำไอศกรีมเพื่อรักษาเนื้อสัมผัสที่นุ่มลื่นและป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง สามารถนำมาใช้ แทน gluten ในผู้เป็นโรคเซลิแอคได้ 6 (S. Stöβlein, et. al, 2019)

2.6 แคลเซียมแลคเตท

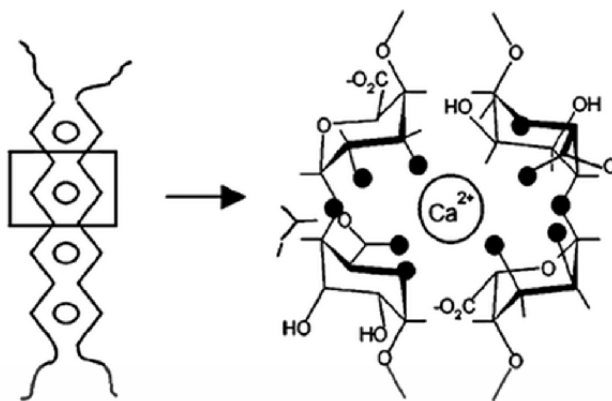
แคลเซียมแลคเตทเป็นเกลือของกรดแลคติก ได้จากการนำกรดแลคติกมาทำปฏิกิริยากับแคลเซียม Hybrid จากนั้นมาผ่านการตกผลึก ทำให้แข็งและบดเป็นให้เป็นผง เกลือแคลเซียมแลคเตทสามารถละลายได้ในน้ำและดูดซึมได้ง่าย มักนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์แยม ผลิตภัณฑ์ผัก ผลไม้กระป๋อง ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งมักใช้ร่วมกับโซเดียมอัลจิเนตเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการ Binding และช่วยลด % Cooking loss ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์

การใช้แคลเซียมแลคเตทในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถใช้เป็นสารช่วยให้คงรูป สารปรุงแต่งกลิ่นรส อาหาร สารที่ทำให้ขึ้นฟู สารช่วยให้คงตัว สารช่วยให้ข้น และมีการใช้แคลเซียมแลคเตท ในการทำอาหารโมเลกุล (molecular gastronomy) โดยใช้เป็นตัว flavorless fat-soluble agent สำหรับการทำ spherification ซึ่งแคลเซียมแลคเตทจะทำปฏิกิริยากับอัลจิเนต (alginate) ทำให้ฝึกรอบ ๆ อาหารเกิดการจับตัวเป็นโครงสร้างขึ้น (M. Yuasa, 2019)

2.7 การเกิดเจลของแคลเซียมอัลจิเนต

สารละลายแคลเซียมแลคเตท จะแตกตัวให้แคลเซียมไอออนไปแทนที่โซเดียมไอออนในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต โดยแคลเซียมไอออนจะทำปฏิกิริยากับอัลจิเนตที่มีโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์ของกรดกลูโรนิก (guluronic acid) ทำให้เกิดปฏิกิริยาเชื่อมข้าม (Crosslink) ระหว่างหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group : -COOH) โดยแคลเซียมจะดึงหมู่คาร์บอกซิลบนสายของอัลจิเนตสายหนึ่งให้จับกับหมู่คาร์บอกซิลอีกสายหนึ่งทำให้เกิดเป็นแคลเซียมอัลจิเนตที่มีโครงสร้างที่เรียกว่า egg box-model (P. Lee, M. A. Rogers, 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 การเกิดแคลเซียมอัลจิเนต

ที่มา: Priscilla Vanessa Finotelli. (2017)

2.8 ซิเนอร์ซิส

ซิเนอร์ซิส (Syneresis) หมายถึง ของเหลวที่ออกมาจากเจลของอาหาร เช่น แยม เยลลี่ ชูริมิและเนื้อสัตว์ เช่นเดียวกับเม็ดปิดอัลจิเนต โดยจะมีของเหลวบางส่วนไหลออกมาจากเม็ดเจล เนื่องจากการเกิดการหดตัวและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเจล กลไกของ Syneresis สามารถอธิบายโดยใช้สองวิธี คือ การทดลองในเชิงทฤษฎีของสารละลายพอลิเมอร์และเจล วิธีการที่สองนั้นใช้กับระบบที่มีรูพรุนของอนุภาคเจล โดยจะขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของอนุภาคภายในโครงสร้างเจล โดยทั้งสองแนวทางนี้สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการควบคุมหรือป้องกันการเกิด syneresis ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ควรเกิดขึ้น (S. Mizrahi, 2011)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Masahiro Y., Yuena T. และ Mihoko T. (2019) ได้ทำการศึกษาเทคนิคการขึ้นรูปน้ำซุซุของบะหมี่ญี่ปุ่น (Mentsuyu) ให้เป็นรูปทรงกลมโดยใช้หลักการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตแล้ว หยดลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทจนเกิดเป็นรูปทรงกลม และการแช่ Mentsuyu ทรงกลมในสารละลายแคลเซียมเป็นเวลา 1.5 นาทีจะให้ลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต Mentsuyu ทรงกลม คือความเข้มข้นของแอลจิเนต 1 % (w/w) และความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท 5 % (w/w)

Bryshila L. และคณะ (2015) ได้ทำการศึกษาการขึ้นรูปให้เป็นรูปทรงกลมด้วยสารสกัดโกโก้โดยใช้หลักการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนต และใช้แคลเซียมที่แตกต่างกันสองชนิด คือ แคลเซียมคลอไรด์และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สว่นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมซีเตรท โดยผลการศึกษาแสดงว่า โครงสร้างของเม็ดเจลอัลจินेटที่ได้แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยแคลเซียมซีเตรท แสดงโครงสร้างภายในที่เป็นเนื้อเดียวกันและมีขนาดกะทัดรัดขึ้น โดยเมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมสูงขึ้นความแข็งแรงของเม็ดปิดก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

Fu-Hsuan Tsai , Yutaka Kitamura และ Mito Kokawa (2017) ได้ทำการศึกษาผลของกัมอารบิก มีการดัดแปลงเป็นอัลจินेटต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ, จลนพลศาสตร์การปลดปล่อย และความคงตัวในการเก็บรักษาของเม็ดปิดไฮโดรเจลที่มีส่วนกลางเป็นของเหลว โดยผลการศึกษาแสดงว่า สูตรที่มีปริมาณกัมอารบิก 25% มีความแข็งสูงสุด และสูตรที่มีกัมอารบิก 50% มีประสิทธิภาพการกักเก็บสูงสุด และปริมาตรกัมอารบิก 25% มีประสิทธิภาพในการป้องกัน total phenolic compounds จากการเสื่อมสภาพในระหว่างการจัดเก็บมากที่สุดแสดงให้เห็นถึงการปลดปล่อย total phenolic compounds ชั่วที่สุดของเหลวในกระเพาะอาหารจำลอง และกลไกการปลดปล่อยนั้นเป็นไปตามการกฏแพร่ของ Fickian ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กัมอารบิกมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของอัลจินेट

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุประสงค์

อัญชันอบแห้ง

ดอกคำฝอยอบแห้ง

3.1.2 สารเคมี

โซเดียมอัลจิเนต (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

แคลเซียมแลคเตท (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

แซนแทนกัม (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

กรดซิตริก (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.3.1 กะละมังสแตนเลส

3.1.3.2 ปีกเกอร์ 600 มิลลิลิตร

3.1.3.3 ปีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร

3.1.3.4 ปีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร

3.1.3.5 แ่งแก้วคนสาร

3.1.3.6 ซ้อนตักสาร

3.1.3.7 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.1.3.8 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.3.9 หลอดฉีดยา (Syringe)

3.1.3.10 เครื่องทำเม็ดปิด (Caviar maker)

3.1.3.11 หม้อ

3.1.3.12 เต้าแก๊ส

3.1.3.13 ถังแก๊ส

3.1.3.14 น้ำยาฆ่าเชื้อ

3.1.3.15 ฟิล์มยืดห่ออาหาร (Plastic food wrap)

3.1.3.16 ขวดแก้วบรรจุ

3.1.3.17 ผ้าขาวบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.18 กระบอกตวง

3.1.3.19 ถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.2.2 เครื่องวัดค่าพีเอชแบบปากกา (pH meter)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารละลายน้ำสมุนไพรเข้มข้น

นำสมุนไพรอบแห้ง (อัญชันและดอกคำฝอย) มาชั่งน้ำหนัก 5 กรัม แล้วนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำไปต้มในน้ำกรอง 600 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 60-70 °c เป็นเวลา 20 นาที (ระดับพาสเจอร์ไรส์) เพื่อสกัดสีของสมุนไพรแห้งออกมาและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางและกระชอน จะได้น้ำสมุนไพรเข้มข้นที่สามารถเก็บแช่เย็นได้ประมาณ 5 วัน โดยเมื่อนำมาใช้ในการทดลอง ต้องเจือจางน้ำสมุนไพรด้วยน้ำกรองในปริมาณที่เหมาะสมก่อนจะนำมาใช้ในการทดลอง

3.3.2 การเตรียมเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพรโดยใช้วิธีสเฟียริฟิเคชัน

นำน้ำสมุนไพรที่เจือจางแล้วนำมาผสมด้วยสารละลายโซเดียมแอลจีเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w/v) กับสารละลายแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นที่แตกต่างกันร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 (w/v)

นำสารละลายน้ำสมุนไพรที่ผสมไฮโดรคอลลอยด์มาบรรจุลงในหลอดฉีดยา โดยหยดผ่านเครื่องทำเม็ดปิดลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันได้แก่ 1.5, 3 และ 5 g/100 mL โดยมีการควบคุมขนาดของเม็ดปิดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 ซม. (อ้างอิงตามขนาดหลอดของชานมไข่มุก)

นำเม็ดปิดจากน้ำสมุนไพรที่ได้ มากรองและล้างด้วยน้ำกลั่นและเก็บในกล่องพลาสติกมีฝาปิดเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

3.3.3 ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ ต่อคุณภาพของเม็ดปิดที่เตรียมจากน้ำสมุนไพร

ทำการเตรียมเม็ดปิดตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยเปรียบเทียบระหว่างการใส่สารละลายโซเดียมแอลจีเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (w / v) และการใส่สายละลายแซนแทนกัมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 (w / v) หยดลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 1.5 g/100 mL นำเม็ดปิด

สมุนไพรที่ได้จากทั้ง 3 ความเข้มข้นของสายละลายแซนแทนกัมที่แตกต่างกันมาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

- 1) ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่องวัดค่าพีเอช
- 2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.3.4 ศึกษาผลของความเข้มข้นเกลือแคลเซียมแลคเตท ต่อคุณภาพของเม้ตปิดที่เตรียมจากน้ำสมุนไพร

ทำการเตรียมเม้ตปิดตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยเลือกเม้ตปิดจากไฮโดรคอลลอยด์ที่มีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมมากที่สุดมาศึกษาผลของการแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันได้แก่ 1.5, 3 และ 5 g/100 mL เพื่อเลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมเม้ตปิดจากน้ำสมุนไพรมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- 1) ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่องวัดค่าพีเอช
- 2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.3.5 ผลการเก็บรักษาเม้ตปิดในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม

ทำการเตรียมเม้ตปิดตามวิธีในข้อ 3.3.2 โดยนำเม้ตปิดมาพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วินาทีก่อนนำเม้ตปิดที่ได้มาแช่ในสารละลายกรดซิตริกที่ค่าพีเอชต่ำกว่า 4.6 เก็บในนม และเก็บในน้ำดื่ม โดยมีการควบคุมการเก็บเม้ตปิดในภาชนะที่มีฝาปิด และนำเม้ตปิดที่ได้จากการเก็บมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้

- 1) ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เครื่องวัดค่าพีเอช
- 2) น้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

3.3.6 การวางแผนการทดลองวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT) ของที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเมล็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย

การศึกษาผลของความเข้มข้นแซนแทนกัมต่อคุณภาพของเมล็ดปิดดอกคำฝอย ทำได้โดยการเตรียมเมล็ดปิดดอกคำฝอยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดปิดดอกคำฝอยที่ใส่แซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนัก หลังจากแช่ในแคลเซียมแลคเตทที่ระยะเวลา 10 นาที เพื่อเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

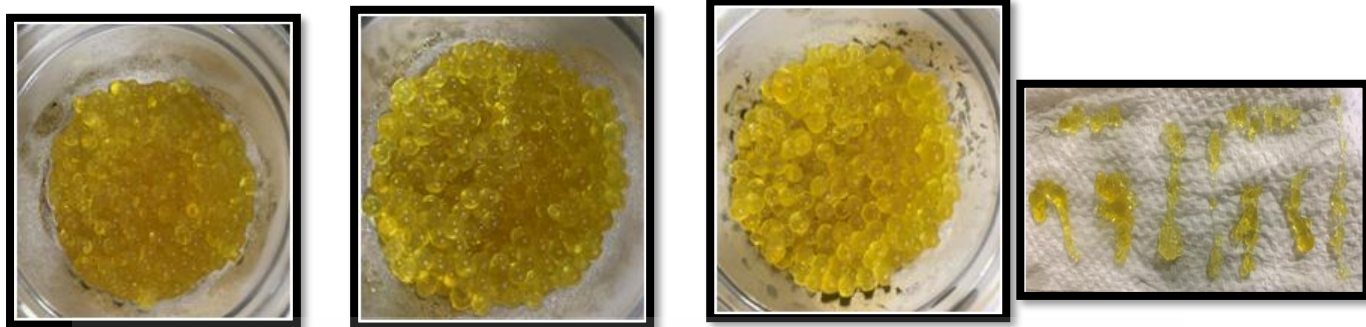
ตารางที่ 4.1 ค่าน้ำหนักของเมล็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยและค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่ละลายออกมาจากเมล็ดปิดที่ความเข้มข้นแซนแทนกัมที่แตกต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน

Xanthan Gum % (weight/volume)	Weight (gram)			pH		
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 0	Day 1	Day 3
0	100.0±0.0 ^{ns}	73.8±2.4 ^b	53.9±4.3 ^b	6.2±0.0 ^{ns}	6.0±0.1 ^{ns}	5.8±0.1 ^{ns}
0.3	100.0±0.0 ^{ns}	79.7±1.8 ^{ab}	63.1±1.9 ^{ab}	6.3±0.1 ^{ns}	6.1±0.1 ^{ns}	5.9±0.0 ^{ns}
0.6	100.0±0.0 ^{ns}	83.5±1.8 ^a	67.9±2.7 ^a	6.1±0.0 ^{ns}	6.1±0.0 ^{ns}	5.7±0.0 ^{ns}

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) Xanthan gum 0%

(ข) Xanthan gum 0.3%

(ค) Xanthan gum 0.6%

และลักษณะเม็ดปิดที่ไม่ต้องการ

ภาพที่ 4.1 เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนัก ในการเก็บรักษาวันที่ 1

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม จะทำให้ค่าความแข็งสูงขึ้น (วรรณวิมล, 2558) การเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากเม็ดปิดดอกคำฝอยที่ให้ค่าน้ำหนักเม็ดดีที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม ค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ต่างกันนั้น พบว่ามีค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยวันแรกค่าน้ำหนักให้ทุกความเข้มข้นเท่ากัน จะพบว่าค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนัก ให้ค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด แต่ลักษณะทางกายภาพของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักมีขนาดของเม็ดไม่สม่ำเสมอ แต่เม็ดปิดดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักพบเม็ดปิดที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการโดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่ามีค่า 16 เปอร์เซ็นต์ เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักไม่พบเม็ดปิดที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการ ทำให้มีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด และพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ต่างกันนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย

การศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดปิดดอกคำฝอย ทำได้โดยการเตรียมเม็ดปิดดอกคำฝอยโดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก จึงต้องการศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่ต่างกันนั้นจะส่งผลให้น้ำหนักและขนาดของเม็ดปิดแตกต่างกันหรือไม่ โดยตรวจสอบคุณภาพเม็ดปิดดอกคำฝอยที่แช่ในแคลเซียมแลคเตทโดยสุ่มที่ความเข้มข้นแคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลคเตทร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก และใช้ระยะเวลา 10 นาที เพื่อเลือกความเข้มข้นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่เหมาะสม และมีความแข็งมากที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

Calcium lactate % (weight / volume)	Weight (gram)			pH		
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 0	Day 1	Day 3
1.5	100.0±0.0 ^{ns}	73.0±2.3 ^{ns}	48.3±2.2 ^a	6.5±0.2 ^{ns}	5.9±0.1 ^b	5.8±0.1 ^b
3	100.0±0.0 ^{ns}	69.9±0.2 ^{ns}	41.7±0.9 ^{ab}	6.7±0.0 ^{ns}	6.2±0.2 ^a	6.1±0.0 ^a
5	100.0±0.0 ^{ns}	68.9±3.3 ^{ns}	40.1±2.9 ^b	6.6±0.0 ^{ns}	6.3±0.0 ^a	6.2±0.0 ^a

ตารางที่ 4.2 ค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่ละลายออกมาจากเม็ดปิดที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันและเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ
^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ



(ก) Calcium lactate 1.5%



(ข) Calcium lactate 3%



(ค) Calcium lactate 5%

ภาพที่ 4.2 เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก ในการเก็บรักษาวันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของเม็ดยาปิดดอกคำฝอยจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท (Le Roux และคณะ, 1999) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารแคลเซียมแลคเตท สำหรับอัลจิเนตความสามารถในการขึ้นรูปเจลขึ้นอยู่กับประจุบวกของบล็อกคู่กับ G-block ปฏิสัมพันธ์อ้อนระหว่างโซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมไอออนนำไปสู่การก่อตัวของเครือข่ายโพลีเมอร์สามมิติ โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ Ca^{2+} จะทำให้เครือข่ายของเจลกระชับขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าเมื่อมี Ca^{2+} เพียงพอที่จะเติมเต็มช่องว่างที่เกิดจาก G-block ของโพลีเมอร์โซไม่พบการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม(Kaygusuz และคณะ, 2016)

ตารางที่ 4.3 ค่าน้ำหนักและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดยาปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันเมื่อนำไปเก็บในสารละลายน้ำดื่ม และเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน

Calcium lactate % (weight/volume)	Weight		pH	
	Day 0	Day 1	Day 0	Day 1
1.5	100.0±0.0 ^{ns}	71.1± 2.8 ^{ab}	6.6±0.1 ^{ns}	6.7±0.1 ^{ns}
3	100.0±0.0 ^{ns}	74.3 ± 1.9 ^a	6.5±0.0 ^{ns}	6.6±0.0 ^{ns}
5	100.0±0.0 ^{ns}	65.61±1.9 ^b	6.5±0.1 ^{ns}	6.6±0.1 ^{ns}

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p < 0.056$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

การเลือกความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากความเข้มข้นที่ทำให้เม็ดยาปิดดอกคำฝอยที่ให้ค่าน้ำหนักเม็ดยาที่ดีที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และลักษณะปรากฏที่ โดยจากการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 4.2) พบว่า ค่าน้ำหนักของเม็ดยาปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันนั้นมีความหนาแน่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยวันแรกค่าน้ำหนักให้ทุกความเข้มข้นเท่ากัน จะพบว่าค่าน้ำหนักของเม็ดยาปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันนั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเก็บรักษาวันที่ 0 และวันที่ 1 แต่ในวันที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักไม่พบเม็ดปิดที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการ ทำให้มีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด และยังใช้ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทน้อยกว่าแต่ได้ค่าน้ำหนักที่ดีกว่า และค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทแตกต่างกันนั้น วันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการเก็บรักษาวันที่ 1 และวันที่ 3 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 3 และ 5 โดยน้ำหนัก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.3 ผลการเก็บรักษาเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยในน้ำนม, น้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกรด และน้ำดื่ม

การศึกษาผลของการเก็บรักษาเม็ดปิดดอกคำฝอยในนมที่มีค่าพีเอช 6.55, น้ำที่มีค่าพีเอช 3.73 และน้ำดื่มที่มีค่าพีเอช 6.5 โดยการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดปิดดอกคำฝอยก่อนบรรจุ โดยพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วินาที และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยตรวจผล ณ วันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 พบว่าเม็ดปิดดอกคำฝอยมีค่าน้ำหนักและค่าพีเอชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนของค่าน้ำหนักเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย เก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม ส่วนผลที่แสดงในตาราง 4.5 คือค่าความเป็นกรด-ด่างของการเก็บรักษาจากสารละลายกับเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่เก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 4.4 ค่าน้ำหนักของการเก็บรักษาเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยก่อนเก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

example condition	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Milk	100.0 ± 0.0 ^a	98.8 ± 0.9 ^a	92.5 ± 2.1 ^b	89.5 ± 1.3 ^b	85.2 ± 1.5 ^c
Acid	100.0 ± 0.0 ^a	98.2 ± 0.1 ^b	94.5 ± 0.6 ^c	90.4 ± 0.2 ^d	87.4 ± 0.6 ^e
Water	100.0 ± 0.0 ^a	98.5 ± 0.0 ^b	94.8 ± 1.1 ^c	90.4 ± 0.2 ^d	88.6 ± 0.5 ^e

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.056$) ค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของการเก็บรักษาจากสารละลายกับเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอย ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยก่อนเก็บในนมพาสเจอร์ไรซ์, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

example condition	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Milk	6.8 \pm 0.0 ^a	6.5 \pm 0.0 ^{ab}	6.5 \pm 0.2 ^{ab}	6.2 \pm 0.2 ^b	5.3 \pm 0.1 ^c
Acid	5.9 \pm 0.2 ^e	6.1 \pm 0.0 ^d	6.9 \pm 0.0 ^c	7.4 \pm 0.0 ^b	7.8 \pm 0.0 ^a
Water	6.7 \pm 0.1 ^d	6.8 \pm 0.0 ^d	7.2 \pm 0.0 ^c	7.5 \pm 0.0 ^b	7.8 \pm 0.1 ^a

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.056$) ค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

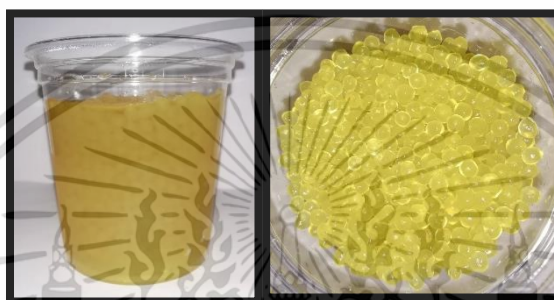
^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย \pm SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ



(ก) เม็ดปิดคำฝอยที่เก็บในนม



(ข) เม็ดปิดคำฝอยที่เก็บในสารละลายกรด



(ค) เม็ดปิดคำฝอยที่เก็บในน้ำดื่ม

ภาพที่ 4.3 เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่เก็บในนม, ในสารละลายกรด, ในน้ำดื่มของการเก็บรักษาวันที่ 1

จากการทดลองในข้อที่ 4.1 และข้อ 4.2 ได้เลือกเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักและความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก พบว่าค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันที่เก็บในนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม มีค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยวันแรกค่าน้ำหนักให้ทุกความเข้มข้นเท่ากัน จะพบว่าค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันในวันที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบในที่เก็บในนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่มีค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่เก็บในนม ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่เก็บในนมมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงนับตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาเนื่องจากเกิดจากการเสื่อมเสียของนมพาสเจอร์ไรซ์ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงอย่างชัดเจน ส่วนเม็ดปิดจากน้ำดอกคำฝอยที่เก็บในน้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

4.4 ศึกษาผลของปริมาณไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชัน

การศึกษาผลของความเข้มข้นแซนแทนกัมต่อคุณภาพของเม็ดปิดดอกอัญชัน ทำได้โดยการเตรียมเม็ดปิดดอกอัญชัน ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ตรวจสอบคุณภาพเม็ดปิดดอกอัญชัน ที่ใส่แซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนัก หลังจากแช่ในแคลเซียมแลคเตทที่ระยะเวลา 10 นาที เพื่อเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าน้ำหนักของเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันและค่าความเป็นกรด-ด่างของเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันที่ละลายออกมาจากเม็ดปิดที่ความเข้มข้นแซนแทนกัมที่แตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน

Xanthan Gum %	Weight (gram)			pH		
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 0	Day 1	Day 3
1.5	100.0±0.0 ^{ns}	76.8±0.2 ^b	56.5±1.1 ^b	7.1±0.0 ^b	7.2±0.0 ^b	7.6±0.2 ^c
3	100.0±0.0 ^{ns}	81.5±1.9 ^{ab}	67.9±1.3 ^a	7.2±0.0 ^b	7.3±0.0 ^b	7.8±0.0 ^b
5	100.0±0.0 ^{ns}	86.7±2.1 ^a	70.0±0.7 ^a	7.3±0.0 ^a	7.6±0.1 ^a	8.3±0.1 ^a

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ



(ก) Xanthan gum 0%



(ข) Xanthan gum 0.3%



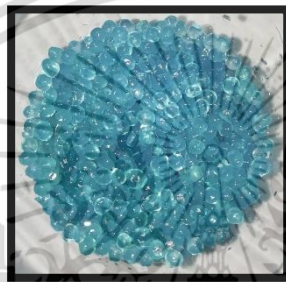
(ค) Xanthan gum 0.6%



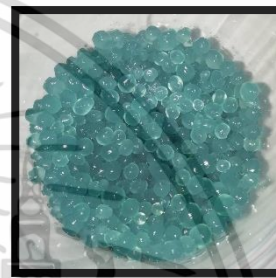
และลักษณะเมื่อดับไฟที่ไม่ต้องการ



(ง) Xanthan gum 0%



(จ) Xanthan gum 0.3%



(ฉ) Xanthan gum 0.6%

ภาพที่ 4.4 เมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนัก ในการเก็บรักษาวันที่ 1 และ วันที่ 3

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม จะทำให้ค่าความแข็งสูงขึ้น (วรรณวิมล, 2558) การเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากเมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่ให้ค่าน้ำหนักเมื่อดับไฟดีที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม พบว่าค่าน้ำหนักของเมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ต่างกันนั้น มีค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยวันแรกค่าน้ำหนักให้ทุกความเข้มข้นเท่ากัน จะพบว่าค่าน้ำหนักของเมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 และ 0.6 โดยน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด แต่ลักษณะทางกายภาพของเมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักมีขนาดของเม็ดไม่สม่ำเสมอ พบเม็ดปิดที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์พบว่ามีค่า 14 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักไม่พบเม็ดปิดที่มีลักษณะที่ไม่ต้องการ ทำให้เมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักมีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด และค่าความเป็นกรด-ด่างของเมื่อดับไฟจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ต่างกันนั้น พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดการเก็บรักษาทั้ง 3 วัน ค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกรด-ด่างของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0, 0.3 และ 0.6 ดังนั้น การทดลองนี้จึงเลือกเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.5 ผลการศึกษาความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชัน

การศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตตต่อคุณภาพของเมล็ดปัดดอกอัญชัน ทำได้โดยการเตรียมเมล็ดปัดดอกอัญชันโดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก จึงต้องการศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตตที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลให้น้ำหนักและขนาดของเมล็ดปัดแตกต่างกันหรือไม่ โดยตรวจสอบคุณภาพเมล็ดปัดดอกอัญชันที่แช่ในแคลเซียมแลคเตตโดยสุ่มที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตตร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก และใช้ระยะเวลา 10 นาที เพื่อเลือกความเข้มข้นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะปรากฏที่เหมาะสม และมีความแข็งมากที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าน้ำหนักของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันและค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่ละลายออกมาจากเมล็ดปัดที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตตที่แตกต่างกัน และเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน

Calcium lactate % (weight / volume)	Weight (gram)			pH		
	Day 0	Day 1	Day 3	Day 0	Day 1	Day 3
1.5	100±0.0 ^{ns}	82.36±0.2 ^a	65.6±1.0 ^a	6.9±0.5 ^a	6.94±0.1 ^{ab}	8.37±0.0 ^a
3	100±0.0 ^{ns}	78.25±1.6 ^b	58.72±1.3 ^b	6.7±0.0 ^b	6.63±0.2 ^b	7.84±0.2 ^b
5	100±0.0 ^{ns}	78.42±0.3 ^b	59.86±0.1 ^b	7.01±0.0 ^a	7.11±0.0 ^a	7.95±0.1 ^{ab}

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) Calcium lactate 1.5%



(ข) Calcium lactate 3%



(ค) Calcium lactate 5%



(ง) Calcium lactate 1.5%



(จ) Calcium lactate 3%



(ฉ) Calcium lactate 5%

ภาพที่ 4.5 เม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันที่ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5, 3 และ 5 โดยน้ำหนัก ในการเก็บรักษาวันที่ 1

จากการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของเม็ดปิดดอกอัญชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ โซเดียมอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท (Le Roux และคณะ, 1999) เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารแคลเซียมแลคเตท สำหรับอัลจิเนตความสามารถในการขึ้นรูปเจลขึ้นอยู่กับประจุบวกของบล็อกคู่กับ G-block ปฏิสัมพันธ์ออ่อนระหว่างโซอัลจิเนตและแคลเซียมไอออนนำไปสู่การก่อตัวของเครือข่ายพอลิเมอร์สามมิติ โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของ $Ca + 2$ จะทำให้เครือข่ายของเจลกระชับขึ้น อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าเมื่อมี $Ca + 2$ เพียงพอที่จะเติมเต็มช่องว่างที่เกิดจาก G-block ของพอลิเมอร์โซไม่พบการเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม (Kaygusuz และคณะ, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำหนักและค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันเมื่อนำไปเก็บในสารละลายน้ำดื่ม และเก็บรักษาเป็นเวลา 1 วัน

Calcium lactate % (weight/volume)	Weight		pH	
	Day 0	Day 1	Day 0	Day 1
1.5	100.0±0.0 ^{ns}	79.3± 0.6 ^b	6.4±0.0 ^b	6.0±0.0 ^{ab}
3	100.0±0.0 ^{ns}	72.3 ± 2.6 ^c	6.1±0.0 ^c	5.9±0.0 ^b
5	100.0±0.0 ^{ns}	86.5±0.3 ^a	6.9±0.0 ^a	6.1±0.1 ^a

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.056$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

การเลือกความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากความเข้มข้นที่ทำให้เมล็ดปัดดอกคำฝอยที่ให้ค่าน้ำหนักเมล็ดดีที่สุดในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด โดยจากผลการทดลองพบว่า ค่าน้ำหนักของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันมีค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยวันแรกค่าน้ำหนักให้ทุกความเข้มข้นเท่ากัน จะพบว่าค่าน้ำหนักของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันในการเก็บรักษาวันที่ 1 และวันที่ 3 เมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด และมีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมที่สุด และค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดปัดน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.6 ผลการเก็บรักษาเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันในน้ำนม, น้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกรด และน้ำดื่ม

การศึกษาผลของการเก็บรักษาเมล็ดปัดดอกอัญชันในนมที่มีค่าพีเอช 6.55, น้ำที่มีค่าพีเอช 3.73 และน้ำดื่มที่มีค่าพีเอช 6.5 โดยการพาสเจอร์ไรซ์เมล็ดปัดดอกอัญชันก่อนบรรจุ โดยพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วินาที และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยตรวจผล ณ วันที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 พบว่าเมล็ดปัดดอกอัญชันมีค่าน้ำหนักและค่าพีเอชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตารางที่ 4.9 ส่วนของค่าน้ำหนักเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชัน เก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ต่างเป็นกรด และน้ำดื่ม และผลแสดงในตาราง 4.10 ส่วนค่าความเป็นกรด-ต่างของการเก็บรักษาจากสารละลายกับเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันที่เก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ต่างที่เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 4.9 ค่าน้ำหนักของการเก็บรักษาเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชัน ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันก่อนเก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำดื่ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

example condition	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Milk	100.0 ± 0.0 ^a	90.5 ± 0.6 ^b	86.0 ± 0.6 ^c	82.6 ± 0.76 ^d	78.1 ± 0.1 ^e
Acid	100.0 ± 0.0 ^a	91.4 ± 0.1 ^b	85.7 ± 0.6 ^c	81.4 ± 0.60 ^d	76.6 ± 0.1 ^e
Water	100.0 ± 0.0 ^a	92.7 ± 0.7 ^b	86.7 ± 1.1 ^c	81.8 ± 1.9 ^{de}	78.5 ± 1.7 ^e

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ (p≤0.056) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของการเก็บรักษาจากสารละลายกับเม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชัน ด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันก่อนเก็บในน้ำนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำต้ม โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน

example condition	Storage time (day)				
	0	1	3	5	7
Milk	6.8 ± 0.0 ^b	6.9 ± 0.1 ^b	7.0 ± 0.0 ^{ab}	7.0 ± 0.1 ^a	6.3 ± 0.0 ^c
Acid	5.8 ± 0.0 ^c	6.3 ± 0.0 ^b	6.3 ± 0.1 ^b	7.0 ± 0.0 ^a	7.0 ± 0.0 ^a
Water	6.2 ± 0.0 ^d	6.4 ± 0.0 ^c	7.0 ± 0.0 ^b	7.4 ± 0.1 ^a	7.5 ± 0.0 ^a

หมายเหตุ: ^{a-b} หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ (p≤0.056) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 2 ซ้ำ



(ก) เม็ดปิดดอกอัญชันที่เก็บในนม

(ข) เม็ดปิดดอกอัญชันที่เก็บในสารละลายกรด



(ค) เม็ดปิดดอกอัญชันที่เก็บในน้ำต้ม

ภาพที่ 4.6 เม็ดปิดจากน้ำดอกอัญชันที่เก็บในนม, ในสารละลายกรด, ในน้ำต้มของการเก็บรักษาวันที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในข้อที่ 4.4 และข้อ 4.5 ที่ได้เลือกเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีความเข้มข้นของแซนแทนกัมที่ร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนักและความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก พบว่า ค่าน้ำหนักของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่เก็บในนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำต้ม มีค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยวันแรกค่าน้ำหนักให้ทุกความเข้มข้นเท่ากัน จะพบว่า ค่าน้ำหนักของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันในวันที่ 7 เมื่อเปรียบเทียบกับที่เก็บในนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำต้ม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่มีค่าน้ำหนักของเมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่เก็บในนม, น้ำที่มีค่า pH เป็นกรด และน้ำต้ม ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมล็ดปัดจากน้ำดอกอัญชันที่เก็บในนมมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงนับตั้งแต่วันที่ 6 ของการเก็บรักษาเนื่องจากเกิดจากการเสื่อมเสียของนมพาสเจอร์ไรซ์ ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 เม็ดปิดดอกคำฝอยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัมส่งผลให้ ได้ค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.2 เม็ดปิดดอกคำฝอยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทไม่ได้ส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าน้ำหนักของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.3 การเก็บรักษาเม็ดปิดดอกคำฝอยในน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์โดยการเก็บรักษาไม่ควรเกิน 5 วัน เนื่องจาก ความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, น้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกรด และน้ำดื่ม ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.4 เม็ดปิดดอกอัญชันเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัมส่งผลให้ ได้ค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าแสงสว่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

5.1.5 เม็ดปิดดอกอัญชันเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทไม่ได้ส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่าน้ำหนักของความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักให้ค่าน้ำหนักที่ดีที่สุด โดยเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.6 การเก็บรักษาเม็ดปิดดอกอัญชันในน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์โดยการเก็บรักษาไม่ควรเกิน 5 วัน เนื่องจาก ความเป็นกรด-ด่างมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ, น้ำที่มีค่าพีเอชเป็นกรด และน้ำดื่ม ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 ศึกษาไฮโครคอลลอยด์ชนิดอื่นที่เหมาะสมต่อเนื้อสัมผัสของเม็ดบีดน้ำสมุนไพร
- 5.2.2 ศึกษาและเปรียบเทียบการคงตัวของสีเม็ดบีดในสภาวะการเก็บนอกสารละลายและการเก็บในสารละลาย
- 5.2.3 ศึกษาผลของเวลาในการแช่ในสารละลายเกลือแคลเซียมต่อคุณภาพของเม็ดบีด
- 5.2.4 ศึกษาการใช้เครื่อง texture analysis เพื่อเปรียบเทียบความแข็งของเม็ดบีดน้ำสมุนไพร
- 5.2.5 ศึกษาการใช้เครื่องวัดสีเพื่อพัฒนาสีของเม็ดบีดน้ำสมุนไพร
- 5.2.6 ศึกษาการเก็บเม็ดบีดในภาชนะที่ทึบแสง
- 5.2.7 ทำการประเมินทางประสาทสัมผัสต่อการยอมรับของผู้บริโภค
- 5.2.8 ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเม็ดบีดน้ำสมุนไพร
- 5.2.9 ทำการตรวจหาปริมาณแอนโทไซยานินและคาร์ทามินที่คงเหลือในเม็ดบีดจากน้ำสมุนไพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย และแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข, (2551).ดอกคำฝอย.

ในคู่มือการใช้สมุนไพรไทย-จีน (เย็นจิตร เตชะดำรงสิน, บรรณาธิการ) หน้า 101-103. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์

พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล. (2561). การผลิตเม็ดปิดส่น้ำเสาวรสดด้วยเทคนิครีเวิร์สสเฟียริฟิเคชัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. ปีที่ 26 ฉบับที่ 8 : 1-13.

วิษณีย์ ยืนยงพุทธกาล, ญัฐฎิกา โรจนเกียรติถาวร และ นันทมน ไหม้มยศ. (2558). ผลของความเข้มข้นของ เพอร์สกลูโคเนตและแคลเซียมแลคเตท ร่วมกับการใช้สภาวะสุญญากาศในการออสโมซิสต่อการถ่ายเทมวลสารและคุณภาพของฝรั่ง. ว.วิทย์. มช. 43(1) : 116-125.

สุดารัตน์ หอมหวล. (ม.ป.ป.). คำฝอย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.thaicrudedrug.com/main.php?action=viewpage&pid=42>. 25 พฤศจิกายน 2562.

B. Sujithra, S. Deepika, K. Akshaya and V. Ponnusami. (2019). Production and optimization of xanthan gum from three-step sequential enzyme treated cassava bagasse hydrolysate. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 21 : 101294.

Bryshila Lupo, Alicia Maestro, José M. Gutiérrez and Carmen González. (2015).

Characterization of alginate beads influence of gelation mechanisms and membrane architecture. Food Hydrocolloids. 49 : 25-34.

Duanquan Lin, Alan L. Kelly, Valentyn Maidannyk and Song Miao. (2020). Effect of concentrations of alginate, soy protein isolate and sunflower oil on water loss, shrinkage, elastic and structural properties of alginate-based emulsion gel beads during gelation. Food Hydrocolloids. 108 : 105998.

Ekin, Z. (2005). Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: a global view. Journal of Agronomy, 4(2), 83-87.

Fu-Hsuan Tsai, Po-Yuan Chiang, Yutaka Kitamura, Mito Kokawa and M.Z. Islam. (2017).

Producing liquid-core hydrogel beads by reverse spherification: Effect of secondary

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

gelation on physical properties and release characteristics. *Food Hydrocolloids*. 62: 140–148

Fu-Hsuan Tsai, Yutaka Kitamura and Mito Kokawa. (2017). Effect of gum arabic-modified alginate on physicochemical properties, release kinetics, and storage stability of liquid - core hydrogel beads. *Carbohydrate Polymers* .174: 1069–1077.

Geise Cristinade Jesus, Reinaldo Gaspar Bastos and Mariana Altenhofen da Silva. (2019). Production and characterization of alginate beads for growth of immobilized *Desmodium subspicatus* and its potential to remove potassium, carbon and nitrogen from sugarcane vinasse. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 22: 101438

Graziela Bragueto Escher, Mingchun Wen, Liang Zhang, Neiva Deliberati Rosso and Daniel Granato. (2020). Phenolic composition by UHPLC-Q-TOF-MS/MS and stability of anthocyanins from *Clitoria ternatea* L. (butterfly pea) blue petals. *Food Chemistry*. 331 : 127341

Masahiro Yuasa, Yuena Tagawa and Mihoko Tominaga. (2019). The texture and preference of “*mentsuyu* (Japanese noodle soup base) caviar” prepared from sodium alginate and calcium lactate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 18: 100178

P.Lee and M.A.Rogers. (2012). Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1, Issue 2: 96-100.

S. Mizrahi. (2010). 11 - Syneresis in food gels and its implications for food quality. *Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages*. 324-348.

Sebastian Stößlein, Ingo Grunwald, Johannes Stelten, and Andreas Hartwig. (2019). In-situ determination of time-dependent alginate-hydrogel formation by mechanical texture analysis. *Carbohydrate Polymers*. 205 : 287-294.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Yuri Buratto de Farias และCaciano P. Zapata Noreña. (2019). Reverse encapsulation using double controlled gelification for the production of spheres with liquid light soy sauce-core. International Journal of Gastronomy and Food Science. 16 : 100137.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก.1 การวัดค่าน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง

นำตัวอย่างเม็ดบีดน้ำสมุนไพรที่ชั่งน้ำจนแห้งดีแล้ว วางลงบนเครื่องชั่งน้ำหนัก Telecorsa top scale 500x0.01g (เครื่องชั่งอาหารแบบพกพา รุ่น DigitalScale19A) แล้วอ่านค่าน้ำหนักที่ได้



ภาพที่ ก.1 แสดงการวัดค่าน้ำหนัก

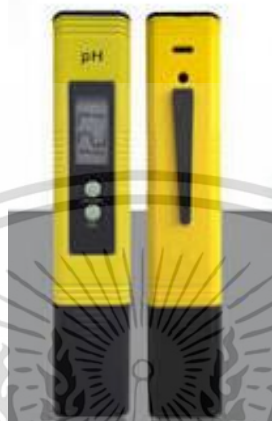
ก.2 การวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วย digital ph meter

ทำการคาลิเบรตเครื่องก่อนการใช้งานโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ถอดฝาครอบป้องกันที่ขาวัดออก
2. ล้างขาวัดด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำสะอาด แล้วเช็ดด้วยทิชชูให้แห้ง
3. เปิดเครื่องโดยกดปุ่ม "ON / OFF" ตัวเลขจะวิ่งไปมาเป็นปกติ
4. จุ่มขาลงในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH ต่างๆ ไม่ควรให้เกินขีดที่กำหนด
5. รอประมาณ 30 วินาทีจนกว่าการอ่านจะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำขาเครื่องวัดที่คาลิเบรตแล้วจุ่มลงในน้ำที่ออกมาจากเม็ดปิด (เนื่องด้วยปฏิกิริยา syneresis) ในภาชนะก้นลึก แล้วรอให้ค่าคงที่ประมาณ 30 วินาที อ่านค่าที่ได้และจดบันทึก หลังจากเสร็จจควรแช่ขาวัดใน น้ำสะอาด แล้วเช็ดให้แห้ง แล้วปิดมิเตอร์โดยกดปุ่ม "ON / OFF" และใส่ฝาครอบป้องกันหลังจากใช้งานแล้วเสมอ



ภาพที่ ก.2 แสดงการวัดค่าความเป็นกรดต่าง

ก.3 การผลิตเม็ดปิดโดยใช้เครื่อง Caviar Maker และ Syringe

นำน้ำสมุนไพรที่เจือจางตามความเข้มข้นที่ต้องการและผสมสารไฮโดรคอลลอยด์แล้ว ฉีดเข้าเครื่อง Caviar Maker set 100-holes maker molecular gourmet tools home kitchen supplies โดยฉีดน้ำสมุนไพรเข้าเครื่องผ่านหลอดฉีดยา (Syringe) แล้วให้เครื่องควบคุมการหยดของน้ำสมุนไพรเป็นหยดเล็กๆ ทำ ให้เมื่อหยดลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทแล้ว เกิดเป็นเม็ดปิดที่มีขนาดเม็ดเท่าๆกัน



ภาพที่ ก.3 แสดงการผลิตเม็ดปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

