การพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม

DEVELOPMENT OF PURPLE CORN SILK BEAD BY SPHERIFICATION TECHNIQUE

พุธิตา ทัศวิล

อนงค์นาถ แก้วกัญญา

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม

DEVELOPMENT OF PURPLE CORN SILK BEADS BY SPHERIFICATION TECHNIQUE

จัดทำโดย

พุธิตา ทัศวิล รหัสนักศึกษา 58080051

อนงค์นาถ แก้วกัญญา รหัสนักศึกษา 58080229

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

27 / พฤ / 2562

(ผศ.ดร.จิราภรณ์ สิริสัณห์)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม
ชื่อนักศึกษา พุธิตา ทัศวิล รหัสนักศึกษา 58080051
อนงค์นาถ แก้วกัญญา รหัสนักศึกษา 58080229
หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
พ.ศ. 2562
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. จิราภรณ์ สิริสัณห์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วยเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม โดยอาศัยการเกิดเจลของโซเดียมอัลจิเนตกับแคลเซียมแลคเตท เกิดเป็นโครงสร้างเจลลักษณะคล้ายกล่องไข่ ทำให้ลักษณะเจลที่ได้เป็นทรงกลม เลือกใช้ไหมข้าวโพดสีม่วงจากข้าวโพดสีม่วงของไร่ออนซอน จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งประกอบไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญ ได้แก่ สารแอนโทไซยานิน เตรียมวัตถุดิบโดยการนำไหมข้าวโพดสดไปอบด้วยเครื่องอบแห้ง ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แล้วลดขนาดด้วยเครื่องปั่นแห้งเพื่อให้ได้ผงไหมข้าวโพดสีม่วง จากนั้นนำไปชงด้วยน้ำอุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที นำมากรองด้วยตะแกรงและกระดาษกรอง ได้น้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงเพื่อผลิตเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ในอ่างแคลเซียมพบว่าเวลาที่ 20 นาทีเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมเพราะเป็นระยะเวลาที่น้ำหนักเพิ่มขึ้นและขนาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีความแข็งมากที่สุด จากนั้นศึกษาความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทในอ่างแคลเซียม พบว่าการใช้ความเข้มข้นร้อยละ 4 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมเพราะความแข็งเพิ่มขึ้นและขนาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และศึกษาความเข้มข้นของแซนแทนกัมในเม็ดบีด พบว่าการใช้แซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.1 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมเพราะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดบีดเล็กกว่า 6 มิลลิเมตรซึ่งเป็นขนาดของหลอดที่ใช้ และมีความแข็งมากกว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ไม่ใส่แซนแทนกัม วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงประกอบด้วยแอนโทไซยานินเท่ากับ 33.6 ± 1.7 มิลลิกรัม/10 กรัมตัวอย่าง และศึกษาการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดในน้ำนมข้าวโพดสีเหลืองเป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าความแข็งของเม็ดบีดไหมข้าวโพดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำนมข้าวโพดสีเหลือง

คำสำคัญ: ไหมข้าวโพดสีม่วง การขึ้นรูปแบบทรงกลม โซเดียมอัลจิเนต แคลเซียมแลคเตท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Development of purple corn silk beads by spherification technique
Student name	Putita Tussavil Student ID 58080051
	Anongnart Kaewkanya Student ID 58080229
Program	Bachelor of Science in Food Science and Technology
Year	2019
Advisor	Assist.Prof.Jiraporn Sirison

ABSTRACT

This project aims to study on development of purple corn silk beads using sphere forming technique by sodium alginate and calcium chloride. We selected purple corn silk from Onzone Farm Roi Et that rich of phenolic compounds such as anthocyanin. Purple corn silk dried at 70°C 3 hour and ground into fine pieces. We brewed purple corn silk powder with 75°C water in 1 minute and filtered 2 times by sieve and filter paper. Then we studied effects of diffusion times (5, 10 and 20 mins) and calcium concentration (1, 2 and 4 g/100g) on quality of purple corn silk beads. Results showed that the optimum condition was 10 mins of diffusion times and 4 g/100g of calcium lactate solution. The beads size and weight were decreased and the hardness increased significantly ($p \leq 0.05$). Next, we studied effects of xanthan gum concentration (0.1, 0.3 and 0.5 g/100g) on quality of purple corn silk beads. As the concentration of xanthan gum increased, the hardness and size increased significantly ($p \leq 0.05$). Concentration of xanthan gum at 0.1 g/100g was the optimum condition because size smaller than 6 mm of a straw diameter and harder than beads without xanthan gum. Anthocyanin content of purple corn silk beads were 33.6 ± 1.7 mg/10g sample. Finally, we studied effects of pasteurization methods on purple corn silk beads and corn milk. Storage time for 3 days in a refrigerator, the beads hardness decreased significantly ($p \leq 0.05$) but adding purple corn silk beads in corn milk was not interfere corn milk total soluble solids.

Keywords: Purple corn silk, Spherification technique, Sodium alginate, Calcium chloride

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชมพูนุท สีห์โสภณ อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ คำแนะนำ คำชี้แนะ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากไร่ออนซอน จังหวัดร้อยเอ็ด สำหรับวัตถุดิบไหมข้าวโพดสีม่วงและน้ำนมข้าวโพดที่ใช้ในการศึกษาในปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือต่างๆ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานตลอดการปฏิบัติงานทุกครั้ง และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ทั้งทางกาย และกำลังใจ ตลอดการปฏิบัติงานปัญหาพิเศษฉบับนี้เสมอมา

ขอกราบขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว ที่คอยช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจตลอดการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามถึงที่ให้ความช่วยเหลือทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้

พุธิตา ทัศวิล
อนงค์นาถ แก้วกัญญา
พฤษภาคม 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

2.1 ข้าวโพดสีม่วง 2

2.2 ไหมข้าวโพด 2

2.3 สารแอนโทไซยานิน 2

2.4 การขึ้นรูปทรงกลม 3

2.5 อัลจิเนต 4

2.6 แซนแทนกัม 5

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 7

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 7

3.2 อุปกรณ์ 8

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 9

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 12

4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง 12

4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง 13

4.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นแซนแทนกัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง 14

4.4 ผลการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในน้ำนมข้าวโพดสีเหลืองพาสเจอร์ไรส์ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง..... 18
4.6 แนวทางในการนำเม็ดบีดจากไหมข้าวโพดสีม่วงไปใช้ประโยชน์..... 19
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 21
บรรณานุกรม..... 22
ภาคผนวก..... 24
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ทางกายภาพ..... 25
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางกายภาพ..... 27
ภาคผนวก ค แผนผังการศึกษาการพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยวิธีขึ้นรูปทรงกลม.. 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ผลของระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง	12
4.2	ผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง	13
4.3	ผลของความเข้มข้นแซนแทนกรัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง	15
4.4	ผลการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง	16
4.5	ผลการเก็บรักษาน้ำนมข้าวโพดสีเหลือง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง	16
4.6	ผลการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง	17
4.7	ผลการเก็บรักษาน้ำนมข้าวโพดสีเหลือง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง	18
4.8	ผลของปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดผง น้ำชา และเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบและผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ	4
2.2	ลักษณะโครงสร้างของอัลจิเนต	5
4.1	เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตท 5, 10 และ 20 นาที	12
4.2	เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่แช่ในความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1, 2 และ 4	14
4.3	เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ความเข้มข้นของแซนแทนกัมร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5	15
4.4	เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพาสเจอร์ไรส์ก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง	16
4.5	เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพาสเจอร์ไรส์พร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง	17
4.6	สารสกัดผง น้ำซา และเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการเพาะปลูกและแปรรูปข้าวโพดถือเป็นอุตสาหกรรมที่พบมากในเกษตรกรชาวไทย (กุลวดี, 2547) ซึ่งในกระบวนการแปรรูปนั้น มีไหมข้าวโพดเป็นส่วนประกอบที่ถูกทิ้งเป็นของเสียจำนวนมาก จากการค้นคว้าพบว่าในปัจจุบันมีการวิจัยคุณสมบัติเฉพาะและลักษณะเด่นของไหมข้าวโพดอย่างแพร่หลาย โดยมีรายงานวิจัยระบุว่าหนูทดลองที่ได้รับสารสกัดฟลาโวนอยด์จากไหมข้าวโพดมีระดับน้ำตาลในเลือดลดลง (Zhao และคณะ, 2012) รวมทั้งเพิ่มผลการต่อต้านความเหนื่อยล้าและลดความเครียดจากการออกกำลังกายอย่างหนักได้ (Hu และคณะ, 2010) ในบางประเทศมีการใช้ประโยชน์จากไหมข้าวโพดโดยการนำมาบดเป็นผงและบรรจุในแคปซูล และนำมาผลิตเป็นชา ทั้งแบบพร้อมดื่มและซองพร้อมชง

ไร่ออนซอน จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นไร่ที่มีการปลูกข้าวโพดอินทรีย์ โดยปลูกข้าวโพดสองชนิดคือ ข้าวโพดสีเหลืองและสีม่วง แต่ละครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะมีไหมข้าวโพดเหลือทิ้ง ทางคณะผู้ศึกษาจึงเล็งเห็นความสำคัญของไหมข้าวโพดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่อได้โดยการนำมาแปรรูป จึงสนใจที่จะศึกษาการทำเป็นเม็ดบีดจากชาไหมข้าวโพดสีม่วง เนื่องจากในพืชสีม่วงมีสารต้านอนุมูลอิสระสูง และการนำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงมาประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มน้ำนมข้าวโพดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

1.2.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

1.2.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นแซนแทนกัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

1.2.4 ศึกษาเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงโพดด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์

1.2.5 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เข้าใจถึงเทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม

1.3.2 เพื่อทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

1.3.3 ได้ผลิตภัณฑ์รูปแบบให้ม่ออกสู่ท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าวโพดสีม่วง

ข้าวโพดสีม่วง (*Zea mays L.*) เป็นหนึ่งในเมล็ดพืชที่มีเฉดสีที่เข้มที่สุดในกลุ่มเมล็ดพืช โดยกำลังได้รับความสนใจจากอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากสามารถใช้เป็นแหล่งทางเลือกสำหรับสารสังเคราะห์สี ข้าวโพดสีม่วงเริ่มเป็นที่นิยมในกลุ่มของส่วนผสมให้มีในตลาด ทั้งยังอุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิกที่มีคุณสมบัติส่งเสริมสุขภาพ สารประกอบฟีนอลิกในข้าวโพดสีม่วงประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความสามารถในการต้านมะเร็ง ใช้รักษาโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ

2.2 ไหมข้าวโพด

2.2.1 ความเป็นมาของไหมข้าวโพด

ไหมข้าวโพดเป็นก้านเกสรตัวเมียของข้าวโพด ในแต่ละต้นของข้าวโพดจะมีดอกสองชนิด คือ ดอกเกสรตัวผู้เกิดที่ปลายยอดมีลักษณะคล้ายรวงข้าว และดอกเกสรตัวเมียจะมีลักษณะเป็นฝัก เกิดที่ซอกใบ เมื่อเกสรตัวผู้ร่วงหล่นหรือปลิวไปติดกับก้านเกสรตัวเมีย จึงเกิดเป็นเมล็ดข้าวโพด

2.2.2 คุณประโยชน์ของไหมข้าวโพด

ไหมข้าวโพดส่วนใหญ่ไม่ได้นำไปใช้เป็นวัตถุดิบอย่างแพร่หลาย หากแต่ไหมข้าวโพดประกอบไปด้วยสารโพลีฟีนอลหลายชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ อัลคาลอยด์ ซาโปนิน และแทนนิน (Bushman, 2002) สามารถนำมาใช้รักษาโรค ได้แก่ โรคกระเพาะปัสสาวะอักเสบ โรคเกาต์ โรคนิ่วในไต โรคไตอักเสบ โรคเบาหวาน และโรคต่อมลูกหมากอักเสบ (Velazquez et al., 2005; Li and Yu, 2009; Hu et al., 2010)

2.3 สารแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่พบในพืชทั้งในดอกและในผล ให้สีแดง น้ำ เงิน ม่วง ละลายน้ำได้ดี ปัจจุบันนี้แอนโทไซยานินจัดเป็นรงควัตถุที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นอันมาก เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายประการจัดเป็น functional food เพราะสารนี้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิด โรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน และโรคมะเร็ง (Lazze et al., 2004)

2.3.1 สีของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน เป็นสารสีที่พบได้ทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิดที่มีสีตั้งแต่สีแดงถึงน้ำเงินเข้ม ในสภาพที่เป็นกรดมีค่า pH ต่ำกว่า 3 (เป็นกรดสูง) จะทำให้แอนโทไซยานินมีสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง ในสภาพที่ค่อนข้างเป็นกลาง หรือมีค่า pH ประมาณ 7-8 แอนโทไซยานินจะมีสีม่วง และเมื่อสภาพเป็นเบสหรือมีค่า pH มากกว่า 11 (เป็นเบสสูง) แอนโทไซยานินจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

2.3.2 ผลของการแปรรูปอาหารต่อแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน แสง เมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป สีจะเปลี่ยนไปด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อ pH เป็นกรดจะมีสีแดง เมื่อ pH สูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

2.4 การขึ้นรูปทรงกลม

เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม คือ กระบวนการห่อหุ้มของเหลวด้วยเจลให้เป็นทรงกลม เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจในการประยุกต์ใช้ในอาหารสมัยใหม่ (Modernist cuisine) เพราะว่าทรงกลมเล็กๆที่ได้จะมีรูปร่างและเนื้อสัมผัสคล้ายไข่ปลาคาเวียร์ หรือทรงกลมขนาดใหญ่จะมีลักษณะคล้ายกับลูกแก้ว 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), น็อคชี่ (Gnocchi), ราวิโอลี่ (Ravioli) เป็นต้น ลักษณะทรงกลมที่ได้มีความยืดหยุ่น และมีเยื่อหุ้มบางๆ รอบๆ ของอาหารเหลว เมื่อกดในปากเพียงเล็กน้อยจะทำให้ทรงกลมนั้นแตกออกมาและเกิดกลิ่นรสที่น่าประหลาดใจขึ้น การขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธี ได้แก่ (Myhrovold et. al, 2011)

2.4.1 การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (Basic spherification)

การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน เป็นเทคนิคที่ใช้การจุ่มของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีโซเดียมอัลจิเนตผสมจุ่มลงในสารละลายแคลเซียม แคลเซียมไอออนจะทำการจับกับอัลจิเนตเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายภายในโมเลกุล เกิดกระบวนการเกิดเจลของแคลเซียมอัลจิเนต (รุ่งนภา และ Miyawaki, 2541) เจลที่ก่อตัวขึ้นจะเกิดเป็นเยื่อหุ้มรอบของทรงกลม มีความเปราะบาง การเกิดเจลจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องแม้จะนำออกจากสารละลายแคลเซียมหรือล้างแล้วก็ตาม ส่งผลให้ทรงกลมมีความแข็งมากขึ้น ดังนั้นหากไม่ต้องการให้ทรงกลมเป็นเจลทั้งเม็ดควรรีบรับประทาน หรือเสิร์ฟอย่างรวดเร็ว ข้อจำกัดของการขึ้นรูทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบพื้นฐานคือของเหลวหรืออาหารเหลวจะต้องไม่มีแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ ไม่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นสูง และของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีสภาวะความเป็นกรดสูง แต่สามารถเติมโซเดียมซิเตรทลงในอาหารเหลวเพื่อลดระดับความเป็นกรดในอาหาร

2.4.2 การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification)

การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ เป็นเทคนิคที่นำของเหลวหรืออาหารเหลวที่มีส่วนผสมของแคลเซียมแลคเตท หรือแคลเซียมกลูโคเนตผสมกับโซเดียมอัลจิเนต การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับสามารถขึ้นรูปทรงกลมได้มากกว่าแบบพื้นฐาน โดยเฉพาะอาหารที่มีความเข้มข้นของแคลเซียมและแอลกอฮอล์สูง เยื่อหุ้มเซลล์ทรงกลมจะมีความหนามากกว่าวิธีพื้นฐาน และสามารถหยุดการเกิดเจลได้เมื่อนำมาล้างน้ำ ข้อเสียคือ เจลจะค่อนข้างขุ่น เนื่องจากการผสมแคลเซียมเลคเตทลงไปในของเหลว เทคนิคนี้มักใช้ในรูปของการทำไส้เค้ก, กะทิขึ้นรูปทรงกลม เป็นต้น

(ก) (ข)

ภาพที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (ก) ผลิตภัณฑ์จากการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (ข)

ที่มา: Myhrovold และคณะ, 2011

2.5 อัลจิเนต

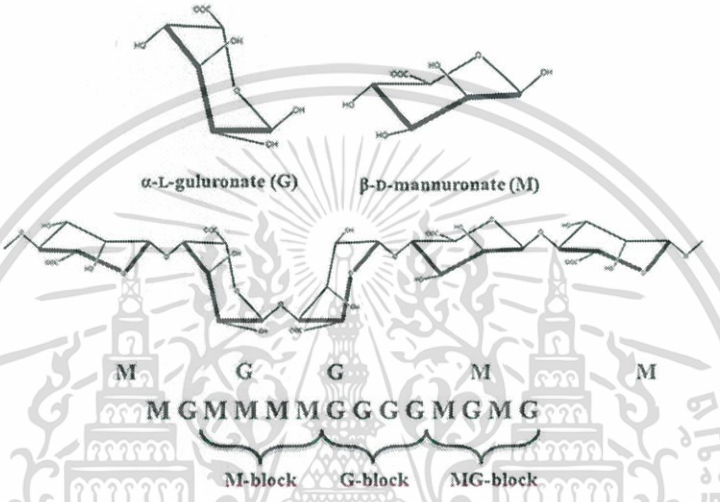
อัลจิเนต (Alginate) เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบโครงสร้างในผนังเซลล์สาหร่ายสีน้ำตาล (Brown algae) โดยอยู่ในรูปสารประกอบเกลือผสมของแคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และ โพแทสเซียมของกรดอัลจินิก (Alginic acid) ซึ่งไม่ละลายน้ำ น้ำหนักโมเลกุล 20,000 – 60,000 Da โครงสร้างเป็นโมเลกุลสายโซ่ยาว ในการผลิตอัลจิเนตเป็นอุตสาหกรรม สาหร่ายที่ใช้ ได้แก่ *Macrocystis pyrifera* มีอัลจิเนตประมาณร้อยละ 14 -19 ปริมาณที่พบจะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย, ฤดูกาล และแหล่งที่สาหร่ายเจริญเติบโต (นิธิยา, 2557)

2.5.1 การเกิดเจลของอัลจิเนต

อัลจิเนตสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่ออยู่ในสารละลายไอออนของโลหะโพลีวาเลนต์ เช่น อะลูมิเนียมไอออน (Al^{3+}), แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) การตรึงเซลล์ด้วยแคลเซียมอัลจิเนตทำได้โดยผสมเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงในสารละลายอัลจิเนต แล้วหยดลงในในละลายแคลเซียมแลคเตท จะเกิดเจลของแคลเซียมอัลจิเนตทันที และหลังจากนั้นควรแช่เจลไว้ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทอีกอย่างน้อย 20 นาที เพื่อให้เกิดเจลอย่างสมบูรณ์ คุณสมบัติของเจลที่ได้จะขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของอัลจิเนตที่ใช้ โดยอัลจิเนตที่มี G residues สูงจะทำให้เกิดเจลที่มีความแข็งแรงสูงด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของไอออนของโลหะและปริมาณเซลล์ที่ใช้ด้วย (Cheetham et al.1979) ในส่วนของค่าความเป็นกรดด่างหากสารละลายมีค่าความเป็นกรดด่างที่ต่ำกว่า 5 จะส่งผลทำให้อัลจิเนตมีความข้นหนืดมากขึ้นจากกรดอัลจินิก เนื่องจากมีการกระจายตัวที่ลดลงและอาจมีการตกตะกอนเกิดขึ้นด้วย (Onsoyen. 1997)



ภาพที่ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของอัลจิเนต: มอโนเมอร์ของอัลจิเนต (ก) โครงสร้างรูปสายโซ่ (ข) และการกระจายตัวของบล็อก (ค)
ที่มา: Vos และคณะ, 2014

2.6 แซนแทนกัม

xanthan gum เป็นโครงสร้างเชิงซ้อนของ exopolysaccharide มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีแทน ถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท แต่โดยทั่วไปนำมาใช้ในเครื่องปรุงรส เช่น น้ำ สลัด, ซอส, แยม และผลไม้กระป๋อง ช่วยให้เกิดความหนืดและช่วยรักษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมี การนำไปใช้ในการทำไอศกรีมเพื่อรักษาเนื้อสัมผัสที่นุ่มลื่นและป้องกันการเกิดผลึกฐ้าแข็ง สามารถนำมาใช้แทน gluten ในผู้เป็นโรคเซลีแอคได้

xanthan gum เป็น hetero-polysaccharide ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงตั้งแต่หนึ่งถึงหลายล้านดาลตัน โดยสายหลักเป็นโครงสร้างของน้ำตาลกลูโคส มีกิ่งก้านของโครงสร้าง (side chain) เป็น trisaccharide ที่ ประกอบด้วย alpha-D-mannose (acetyl group), beta-D-glucuronic acid และส่วนปลาย (terminal) เป็น beta-D-mannose เชื่อมต่อกับ pyruvate group ซึ่ง xanthan gum ที่ผลิตจากเชื้อต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดหรือ สภาวะแตกต่างกันจะมีปริมาณหมู่ไพรูวิลแตกต่างกัน โดย monosaccharides ที่พบใน xanthan gum ใน หนึ่งหน่วยประกอบด้วย beta-D-glucose, alpha-D-mannose และ alpha-D-glucorunic acid ใน อัตราส่วน 2:2:1

ลักษณะทางกายภาพของ xanthan gum สมบัติทางกายภาพของ xanthan gum ที่สำคัญ (ธันยาภรณ์, 2542) ได้แก่

2.6.1 ความสามารถในการละลาย

xanthan gum สามารถละลายได้ดีทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ทำให้ได้สารละลายที่มีความหนืดสูง แม้ใช้ความเข้มข้นต่ำ และมีรายงานพบว่าการใช้ xanthan gum เพียง 1% สามารถให้สารละลายที่มีความหนืดประมาณ 800-1,000 เซนติพอยซ์โดยการวัดด้วยเครื่อง Brookfield LVF ที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังสามารถละลายได้ดีทั้งในกรดหรือด่าง และ เกลือหลายชนิด เช่น ละลายใน acetic acid 10%, NaOH 5-10% และ NaCl 5-15% รวมทั้งมีความสามารถ ในการละลายร่วมกับตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) เช่น methanol, ethanol, isopropanol และ acetone ที่มีความเข้มข้นสูงถึง 50% โดยการเติมตัวทำละลายช้าๆ และกวนอย่างสม่ำเสมอ โดย xanthan gum จะตกตะกอนทันทีถ้าตัวทำละลายมีความเข้มข้นสูงกว่านี้

2.6.2 สมบัติทางการไหล (rheological properties)

สารละลาย xanthan gum มีสมบัติเด่น แตกต่างจาก polysaccharide ชนิดอื่น คือ เป็นของไหลประเภท non-Newtonion fluid ที่มีคุณสมบัติเป็น pseudoplastic เมื่อมีแรงกระทำต่อสารละลายมาก (shear rate สูง) ความหนืดของสารละลายจะลดลง แต่ เมื่อมีแรงกระทำต่อสารละลายน้อย (shear rate ต่ำ) สารละลายจะมีแรงต้านสูงและมีความหนืดเพิ่มขึ้น

2.6.3 ความคงตัวของความหนืด

ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สารละลาย xanthan gum จะสามารถคงความหนืดให้คงที่ได้แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงกว้าง ซึ่งสมบัติความคงตัวดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในการเก็บรักษาหรือแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเมื่อนำสารละลาย xanthan gum มาให้ความร้อนโดยการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาทีในระบบปิด พบว่าความหนืดของ สารละลายเปลี่ยนแปลงน้อยมาก - ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH สารละลาย xanthan gum จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความ หนืดน้อยมากเมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลง - ความคงตัวต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้นข้นของเกลือ ในสารละลาย xanthan gum ที่มีความ เข้มข้นต่ำการเพิ่มความเข้มข้นของเกลือเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืด โดยระดับความ เข้มข้นเกลือที่ 0.005-0.01 โมลาร์ เกลือจะไม่ส่งผลต่อโครงสร้างทุติยภูมิของ xanthan gum แต่หากมีความ เข้มข้นของเกลือที่สูงกว่านี้จะทำให้โมเลกุลของ xanthan gum บางส่วนเกิดการจับตัวเป็นก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ไหมข้าวโพดสดสีม่วง ไร่ออนซอน

น้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงโพด ยี่ห้อ Malee Nutrient

3.1.2 สารเคมี

โซเดียมอัลจิเนต (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

แคลเซียมแลคเตท (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

แซนแทนกัม (Food grade) บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด

เมทานอล (CH_3OH)

โพแทสเซียมคลอดไรด์ (KCl)

โซเดียมอะซิเตท ($CH_3COONa.3H_2O$)

3.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.3.1 ตะแกรง Tray Dry

3.1.3.2 เครื่องปั่นแห้ง

3.1.3.3 Moisture can

3.1.3.4 ที่คีบ (Tong)

3.1.3.5 หม้อสแตนเลส

3.1.3.6 บีกเกอร์ขนาด 400 ml และ 100 ml

3.1.3.7 แท่งแก้ว

3.1.3.8 กระบอกฉีดยาขนาด 50 ml

3.1.3.9 เทอร์โมมิเตอร์

3.1.3.10 ตะแกรงกรองชา

3.1.3.11 กระดาษกรองชา

3.1.3.12 Hot plate and Stirrer

3.1.3.13 แท่งแม่เหล็ก

3.1.3.14 ช้อนตวงสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.15 ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)

3.1.3.16 หลอดทดลอง

3.1.3.17 ไมโครปิเปต

3.1.3.18 คิวเวตแก้ว

3.1.3.19 ขวดแก้วสีชา

3.1.3.20 กระดาษกรองเบอร์ 1 และ 4

3.1.3.21 กรวยกรอง (Buchner Funnel)

3.1.3.22 ขวดกรองสาร (Suction Flask)

3.1.3.23 เครื่องปั่นเปียก

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Venier Caliper)

3.2.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

3.2.3 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง

3.2.4 เครื่องอบแห้ง (Tray Dryer)

3.2.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems Texture Analyzer, TA-X2i)

3.2.6 เครื่องวัดค่าสี (รุ่น Minolta CR 400)

3.2.7 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven; Binder, Germany)

3.2.8 เครื่องกรองสูญญากาศ (Vacuum Pump)

3.2.9 เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuges, Universal 320/320R)

3.2.10 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometry, UV-1700)

3.2.11 เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

3.2.12 เครื่องวัดค่าการหักเหของแสง (Refractometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมไหมข้าวโพดแห้ง

นำไหมข้าวโพดสดสีม่วงมาล้างด้วยน้ำสะอาดและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง แล้วแผ่บนตะแกรง Tray dry อบแห้งด้วยเครื่อง Tray dryer ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปปั่นลดขนาดเป็นผงด้วยเครื่องปั่นแห้ง เก็บไว้ในถุงพลาสติกซิปล็อคเพื่อป้องกันความชื้นและเตรียมสำหรับการนำไปใช้ทดลอง

3.3.2 การเตรียมน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง

ชงไหมข้าวโพดสีม่วง 5 กรัมต่อน้ำ 100 ml ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 นาที ก่อนจะนำมากรองสองรอบด้วยตะแกรงกรองชา และกระดาษกรองชา

3.3.3 การผลิตเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ทำการละลายโซเดียมอัลจิเนตโดยใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง ใช้แท่งแก้วคนจนผงโซเดียมอัลจิเนตละลายในน้ำชาจนหมด เตรียมการละลายแคลเซียมแลคเตทโดยใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยปริมาตรของน้ำกลั่น ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 50 ml ดูดน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงที่ผสมโซเดียมอัลจิเนตแล้วปล่อยลงในอ่างน้ำกลั่นที่ผสมแคลเซียมแลคเตททีละหยดจนครบ 25 ml หลังจากนั้นใช้กระชอนกรองชาช้อนขึ้นมาและนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้ง

3.3.4 ศึกษาผลของระยะเวลาการแช่แลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ทดลองทำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการแช่เม็ดบีดในอ่างน้ำกลั่นผสมแคลเซียมแลคเตทที่ระยะเวลาต่างกัน โดยตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตท 5, 10, และ 20 นาที

การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง มีดังนี้

3.3.4.1 วิเคราะห์น้ำหนักของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

3.3.4.2 วิเคราะห์ขนาดของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วยเวอเนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Caliper)

3.3.4.3 วิเคราะห์ลักษณะทางเนื้อสัมผัสของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA – X2i) โดยทำการวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness)

3.3.4.4 วิเคราะห์ค่าสีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วยเครื่องวัดค่าสี (รุ่น Minolta CR 400)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 ศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ทดลองทำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ใช้เป็นร้อยละ 1, 2 และ 4 ใช้ระยะเวลาในการแช่ 20 นาที หลังจากนั้น ทำการวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 3.3.4

3.3.6 ศึกษาผลของความเข้มข้นแซนแทนกรัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ทดลองทำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงตามวิธีการในข้อ 3.3.3 โดยเลือกใช้โซเดียมอัลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง และการเติมสารแซนแทนกรัมที่ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนักของน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง แช่ในแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยปริมาตรของน้ำกลั่น เป็นระยะเวลา 20 นาที ก่อนจะนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 3.3.4

3.3.7 การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

นำตัวอย่างเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงจากข้อ 3.3.6 ที่เหมาะสมที่สุด นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นเปียกและชั่งตัวอย่างจำนวน 10 กรัม ใส่ในขวดแก้วรูปชมพูขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเมธานอล ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ปิดปากขวดแก้วด้วยกระดาษฟอยด์และสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที จากนั้นกรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศผ่านกระดาษกรองหมายเลข 1 และ 4 แล้วจึงนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนความเร็ว 9000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บตัวอย่างสารสกัดในขวดแก้วสีชาเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

3.3.8 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

นำสารสกัดเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงจากข้อ 3.3.6 มาวิเคราะห์องค์ประกอบของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง โดยทำการวิเคราะห์

3.3.8.1 แอนโทไซยานินทั้งหมด (Total Anthocyanin) ตามวิธีการของ pH-differential method (ดัดแปลง จาก Giusti และ Wrolstad, 2001) รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก นำผลมาเปรียบเทียบกับค่าแอนโทไซยานินของสารสกัดจากผงชาและน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงที่นำไปสกัดด้วยวิธีจากข้อ 3.3.6 และนำมาหาค่าแอนโทไซยานิน

3.3.9 ศึกษาการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงโพดพาสเจอร์ไรส์

ทดลองวิธีการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงและน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงโพดสีเหลือง โดยวิธีแรก นำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงไปพาสเจอร์ไรส์ในน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วินาที แล้วจึงนำไปใส่ในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลืองที่พาสการพาสเจอร์ไรส์มาแล้ว วิธีที่สองนำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ไม่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ใส่ในน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงโพดสีเหลือง หลังจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นนำไปพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วินาที ก่อนจะนำไปทำการวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่เตรียมได้ตามวิธีการในข้อ 3.3.4 และนำน้ำนมไหมข้าวโพดไปตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

3.3.9.1 วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลืองด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

3.3.9.2 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ด้วยเครื่องวัดค่าการหักเหของแสง (Refractometer)

3.3.10 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

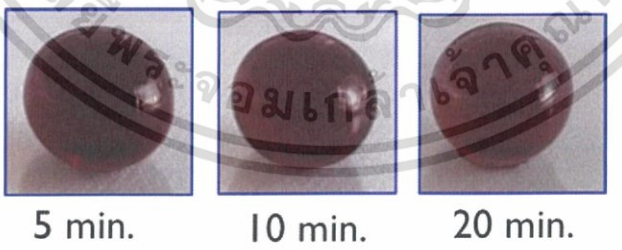
4.1 ผลการศึกษาระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

การศึกษาผลของระยะเวลาการแช่ในแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพทางกายภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ทำได้โดยการเตรียมเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต และแคลเซียมแลคเตท ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักชาไหมข้าวโพดสีม่วง ตรวจสอบคุณภาพเม็ดบีดไหมข้าวโพดที่แช่ในแคลเซียมแลคเตทโดยสุ่มที่ระยะเวลา 5, 10 และ 20 นาที เพื่อเลือกเวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กที่สุดและมีความแข็งมากที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

Time (minute)	Size (millimetre)	Weight (gram)	Hardness (gram*force)	L*	a	b
5	5.53±0.09^{b}	0.11±0.00^{b}	146.3±15.0^{a}	58.6±2.7^{a}	5.3±0.3^{a}	-2.1±0.5^{a}
10	5.52±0.12^{b}	0.10±0.01^{b}	178.6±5.3^{b}	57.0±3.0^{a}	6.5±0.9^{b}	-1.4±0.4^{b}
20	5.21±0.15^{a}	0.09±0.01^{a}	190.2±14.0^{b}	61.6±1.8^{b}	6.5±0.6^{b}	-1.6±0.6^{ab}

หมายเหตุ: $^{a-b}$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ



ภาพที่ 4.1 เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตท 5, 10 และ 20 นาที

จากการทดลองพบว่า หลังจากหยดชาไหมข้าวโพดสีม่วงที่ผสมกับโซเดียมอัลจิเนตลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตท เจลจะเริ่มเกิดทันที และดำเนินไปได้อย่างรวดเร็ว (Lee และ Roger, 2013) เกิดเป็นเยื่อหุ้มของเหลวที่มีลักษณะหนา และก่อตัวขึ้นเรื่อยๆจากการแพร่ของแคลเซียมไอออนเข้าไปภายในทรงกลม แคลเซียมไอออนเป็นตัวเชื่อมระหว่างสายของอัลจิเนตทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะคล้ายกล่องวางไข่ที่จับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางซ้อนกัน (Egg-box model) สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ เมื่อระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตทเพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดและน้ำหนักของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงลดลง ความแข็งของเม็ดบีดไหมข้าโพดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ และส่งผลให้ค่าความสว่างของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.1)

การเลือกระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากระยะเวลาที่ทำให้เม็ดบีดไหมข้าวโพดมีขนาดเล็กที่สุดและความแข็งมากที่สุด และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม โดยจากผลการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 4.1) พบว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทที่ 10 นาที มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติกับเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทที่ 20 นาที แต่เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ระยะเวลาการแช่แคลเซียมแลคเตทที่ 20 นาทีมีขนาดเล็กที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีลักษณะปรากฏที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง 20 นาที เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

การศึกษาผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ทำได้โดยการเตรียมเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทคงที่ จะส่งผลให้น้ำหนักและขนาดของเม็ดบีดมีค่าเพิ่มขึ้น (อ้างอิงจากเล่มเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง) จึงต้องการศึกษาผลความแตกต่างของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกัน โดยตรวจสอบคุณภาพเม็ดบีดไหมข้าวโพดที่แช่ในแคลเซียมแลคเตทโดยสุ่มที่ความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1, 2 และ 4 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง และใช้ระยะเวลาที่เลือกจากข้อ 4.1 เพื่อเลือกความเข้มข้นที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กที่สุดและมีความแข็งมากที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

Calcium lactate %(weight/ volume)	Size (millimetre)	Weight (gram)	Hardness (gram*force)	L*	a	b
1	5.40 ± 0.13^{c}	0.08 ± 0.01^{b}	151.8 ± 8.4^{a}	51.1 ± 6.0^{a}	4.4 ± 0.2^{ns}	3.1 ± 0.6^{ns}
2	4.99 ± 0.17^{b}	$0.07\pm0.01a^{a}$	177.2 ± 5.2^{b}	57.3 ± 9.7^{ab}	4.6 ± 0.2^{ns}	3.0 ± 0.1^{ns}
4	4.75 ± 0.27^{a}	0.06 ± 0.00^{a}	192.1 ± 9.8^{c}	59.4 ± 7.1^{b}	4.4 ± 0.3^{ns}	3.1 ± 0.4^{ns}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p\leq0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.2 เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่แช่ในความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 1, 2 และ 4

จากการทดลองพบว่าลักษณะทางกายภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตและความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท (Le Roux และคณะ, 1999) เมื่อความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนตคงที่ จะส่งผลให้ค่าความแข็งของเม็ดบีดเพิ่มมากขึ้น เพราะความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนที่สูงมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการฟอร์มเจลได้รวดเร็ว โดยจะทำให้เม็ดบีดที่ได้มีความแข็งมากขึ้นตามความเข้มข้นที่มากขึ้น (อ้างอิงจากเล่มเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง)

การเลือกความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากความเข้มข้นที่ทำให้เม็ดบีดไหมข้าวโพดมีขนาดเล็กที่สุดและความแข็งมากที่สุด และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม โดยจากผลการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 4.2) พบว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่แช่ในความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 4 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง มีขนาดและค่าความแข็งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเม็ดบีดที่แช่ในความเข้มข้นร้อยละ 1 และ2 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกความเข้มข้นแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 4 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.3 ผลการศึกษาความเข้มข้นแซนแทนกัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

การศึกษาผลของความเข้มข้นแซนแทนกัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ทำได้โดยการเตรียมเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงใช้ความเข้มข้นของโซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง ตรวจสอบคุณภาพเม็ดบีดไหมข้าวโพดที่ใส่แซนแทนกัมความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง หลังจากแช่ในแคลเซียมแลคเตทที่ระยะเวลาและความเข้มข้นที่เลือกจากข้อ 4.1 และ 4.2 เพื่อเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดน้อยกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดขนาด 6 มิลลิเมตร และมีค่าความแข็งมากที่สุด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของความเข้มข้นแซนแทนกรัมต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

Xanthan gum % (weight/volume)	Size (millimetre)	Weight (gram)	Hardness (gram*force)	L*	a	b
0.1	5.48±0.19^{a}	0.09±0.01^{a}	199.7±22.7^{a}	59.2±8.1^{b}	5.8±1.8^{ns}	-2.3±1.0^{a}
0.3	7.12±0.45^{b}	0.22±0.05^{b}	271.4±29.4^{c}	37.6±16.9^{b}	8.0±3.6^{ns}	-2.0±0.7^{ab}
0.5	8.26±0.47^{c}	0.34±0.03^{c}	239.7±17.8^{b}	32.7±7.5^{b}	8.5±2.3^{ns}	-4.4±0.6^{b}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ภาพที่ 4.3 เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ความเข้มข้นของแซนแทนกัมร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม จะทำให้ค่าความแข็งสูงขึ้น (วรรณวิมล , 2558) การเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป พิจารณาจากความเข้มข้นที่ทำให้เม็ดบีดไหมข้าวโพดมีขนาดไม่เกิน 6 มิลลิเมตรและมีความแข็งมากที่สุด และลักษณะปรากฏที่เหมาะสม โดยจากผลการทดลองการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 4.3) พบว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่แช่ในความเข้มข้นแซนแทนกัมร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง ค่าความแข็งน้อยที่สุด แต่มีขนาดไม่เกิน 6 มิลลิเมตร ดังนั้นการทดลองนี้จึงเลือกความเข้มข้นแซนแทนกัมร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

4.4 ผลการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในน้ำนมข้าวโพดสีเหลืองพาสเจอร์ไรส์

การศึกษาผลของการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในน้ำนมข้าวโพดสีเหลืองด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรส์ โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 วิธี การพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลืองที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วินาที และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน โดยตรวจผล ณ วันที่ 0, 1 และ 3 พบว่าเม็ดบีดมีขนาดและค่าความแข็งลดลง น้ำหนักและความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงในตารางที่ 4.4 ส่วนน้ำนมไหมข้าวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงในตาราง 4.5

ตารางที่ 4.4 ผลการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง

Storage time (day)	Purple corn silk beads property					
	Size	Weight	Hardness	L*	a	b
0	5.68 ± 0.17^{a}	0.10 ± 0.01^{a}	204.3 ± 1.9^{c}	47.8 ± 1.5^{a}	14.3 ± 1.0^{c}	6.3 ± 0.3^{ns}
1	5.89 ± 0.01^{a}	0.16 ± 0.00^{b}	195.0 ± 4.0^{b}	65.5 ± 2.9^{b}	9.2 ± 0.6^{b}	6.6 ± 1.0^{ns}
3	6.61 ± 0.35^{b}	0.18 ± 0.00^{c}	163.6 ± 1.1^{a}	67.4 ± 1.0^{b}	6.4 ± 0.5^{a}	5.8 ± 1.4^{ns}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

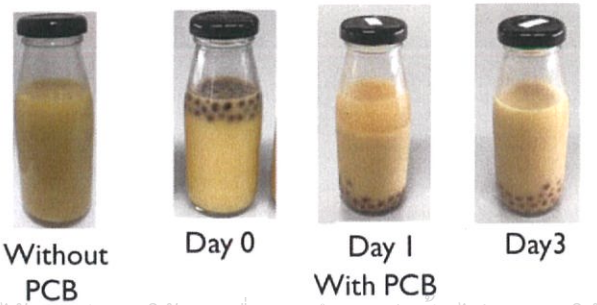
^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ตารางที่ 4.5 ผลการเก็บรักษาน้ำนมข้าวโพดสีเหลือง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง

Storage time (day)	Corn milk property	
	Total solid	pH
0	7.00 ± 0.00^{ns}	6.64 ± 0.01^{a}
1	6.80 ± 0.00^{ns}	6.72 ± 0.01^{b}
3	7.00 ± 0.00^{ns}	6.66 ± 0.03^{a}

หมายเหตุ: $^{a-b}$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

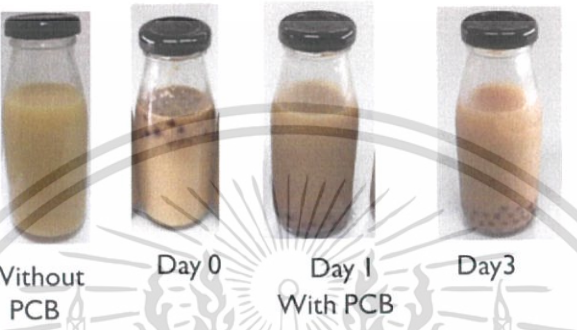
^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ



ภาพที่ 4.4 เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพาสเจอร์ไรส์ก่อนบรรจุในน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลืองที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 15 วินาที และเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน โดยตรวจผล ณ วันที่ 0, 1 และ 3 พบว่าเม็ดบีดมีขนาดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ น้ำหนักและความสว่างเพิ่มขึ้น แต่ค่าความแข็งในวันที่ 1 และ 3 จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงในตารางที่ 4.6 ส่วนน้ำนมไหมข้าวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 3 วัน ทั้งค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้และค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลแสดงในตาราง 4.7



ภาพที่ 4.5 เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพาสเจอร์ไรส์พร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง

ตารางที่ 4.6 ผลการเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงพร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง

Storage time (day)	Purple corn silk beads property					
	Size	Weight	Hardness	L*	a	b
0	5.45 ± 0.23^{ns}	0.13 ± 0.00^{a}	206.3 ± 15.8^{b}	55.6 ± 1.9^{a}	11.9 ± 0.4^{b}	5.7 ± 0.2^{b}
1	5.77 ± 0.06^{ns}	0.14 ± 0.00^{b}	177.1 ± 0.7^{a}	68.4 ± 2.3^{b}	7.5 ± 0.4^{a}	6.5 ± 0.3^{b}
3	5.70 ± 0.19^{ns}	0.15 ± 0.00^{c}	163.4 ± 4.8^{a}	74.6 ± 2.3^{c}	7.4 ± 1.4^{a}	3.8 ± 1.3^{a}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ หมายถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการเก็บรักษาน้ำนมข้าวโพดสีเหลือง ในวิธีการพาสเจอร์ไรส์เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง พร้อมกับน้ำนมไหมข้าวโพดสีเหลือง

Storage time	Corn milk property	
(day)	Total solid	pH
0	6.47 ± 0.12^{ns}	6.62 ± 0.08^{ns}
1	6.33 ± 0.11^{ns}	6.72 ± 0.06^{ns}
3	6.60 ± 0.20^{ns}	6.72 ± 0.08^{ns}

หมายเหตุ: ^{ns} ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ย±SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ

4.5 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

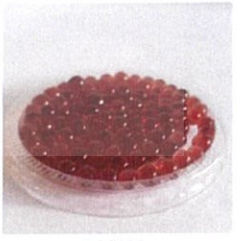
จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงแสดงในตารางที่ 4.8 เมื่อทดสอบหาปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดผง น้ำชา และเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงภาพที่ 4.6 พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดผงชาไหมข้าวโพดมีค่ามากที่สุด เมื่อเทียบกับปริมาณแอนโทไซยานินในชาและเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ตารางที่ 4.8 ผลของปริมาณแอนโทไซยานินในสารสกัดผง น้ำชา และเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ตัวอย่าง	**ปริมาณแอนโทไซยานิน (milligram per 10 gram samples)**
ผงชาไหมข้าวโพดสีม่วง	1603.4 ± 17.5
ชาไหมข้าวโพดสีม่วง	296.2 ± 3.1
เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง	33.6 ± 1.7

PCS powder

PCS solution



PCB

ภาพที่ 4.6 สารสกัดผง น้ำชา และเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการหาปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง 10 กรัม พบว่ามีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด 33.6 มิลลิกรัม เมื่อพิจารณาจากค่าเริ่มต้น โดยเปรียบเทียบจากปริมาณแอนโทไซยานินจากผงไหมข้าวโพดสีม่วง 1603.4 กรัมต่อตัวอย่าง 10 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณแอนโทไซยานินที่ยังไม่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน

หากตัวอย่างผงไหมข้าวโพดสีม่วง 10 กรัม สามารถผลิตน้ำชาไหมข้าวโพดสีม่วงได้ 200 มิลลิลิตร ซึ่งนำมาผลิตเป็นเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงได้ทั้งหมด 150 กรัม แสดงว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงจะต้องมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับผงไหมข้าวโพดสีม่วงในปริมาณเท่ากัน แต่เนื่องด้วยระหว่างกระบวนการให้ความร้อนทำให้แอนโทไซยานินบางส่วนสูญเสียไป ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบแล้ว พบว่าเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงสูญเสียปริมาณแอนโทไซยานินไปร้อยละ 68.19

4.6 แนวทางในการนำเม็ดบีดจากไหมข้าวโพดสีม่วงไปใช้ประโยชน์

4.6.1 สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

จากการศึกษาและพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วยวิธีขึ้นรูปทรงกลม กระบวนการผลิตเป็นไปเพื่อการศึกษา ซึ่งมีขนาดการผลิตที่เล็กกว่าในระดับอุตสาหกรรม เมื่อคำนึงถึงการในไปใช้ประโยชน์ในระดับที่กว้างกว่าในอนาคตเพื่อตอบสนองความต้องการของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค กระบวนการและสูตรในการผลิตอาจจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกับระดับการผลิตและอุปกรณ์เครื่องมือที่รองรับ สิ่งสำคัญประการแรกที่ควรคำนึงถึงคือวัตถุดิบ เนื่องจากเป็นต้นทุนของการผลิต รวมถึงคุณภาพของวัตถุดิบจะส่งผลต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงด้วย ต่อมา ควรคำนึงถึงกระบวนที่ใช้ในการผลิต เครื่องมือที่เหมาะสม อาจจำเป็นต้องออกแบบเครื่องมือที่เหมาะกับการหยดเม็ดบีดเพื่อให้ได้คุณภาพของเม็ดบีดที่สม่ำเสมอกว่าการใช้แรงงานคน รวมถึงกระบวนการให้ความร้อนที่จะส่งผลต่อคุณภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพด ตลอดจนไปถึงการเก็บรักษาเม็ดบีดหลังการผลิตเพื่อส่งจำหน่าย

4.6.2 การยืดระยะเวลาการเก็บรักษาของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

ความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่หันมาสนใจบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น ทำให้เม็ดบีดจากไหมข้าวโพดสีม่วงสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มเป้าหมายได้ จึงควรยืดระยะเวลาการเก็บรักษาของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงให้เพิ่มมากขึ้น สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนวิธีการให้ความร้อน และปรับสัดส่วนของสูตร โดยเน้นให้เม็ดบีดมีเนื้อสัมผัสที่แข็งมากขึ้น สีเข้มมากขึ้น เพื่อให้เมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งแล้วความแข็งและสีของเม็ดบีดยังคงไม่เปลี่ยนไปมาก โดยยังอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 ปริมาณแอนโทไซยานินที่เหมาะสมต่อผู้บริโภค

ในปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดปริมาณที่ควรได้รับต่อวันของสารแอนโทไซยานิน แต่มีบทความทางวิชาการจากสหรัฐอเมริกาได้กล่าวอ้างว่า ปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคแอนโทไซยานินคือ 180–255 มิลลิกรัมต่อวัน (McGhie, 2007) หรืออย่างน้อย 12.5 มิลลิกรัมต่อวัน

จากการศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินในเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง พบว่าในเม็ดบีดปริมาณ 10 กรัมจะมีแอนโทไซยานินถึง 33.6 มิลลิกรัม แสดงว่าหากบริโภคเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง 15 กรัม จะได้รับสารแอนโทไซยานิน 50.4 มิลลิกรัม ซึ่งมากกว่าปริมาณอย่างน้อยที่เหมาะสม

4.6.4 การเปรียบเทียบต้นทุนการใช้เม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงกับไข่มุก

จากการศึกษาราคาของไข่มุกตามท้องตลาดพบว่า ไข่มุกปริมาณ 1.2 กิโลกรัม จะขายในราคา 245 บาท แสดงว่าหากใช้ปริมาณเท่ากับเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง จะมีต้นทุนของราคาไข่มุก 3.06 บาทต่อขวด ซึ่งมากกว่าราคาของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในปริมาณเท่ากัน ดังนั้น นอกจากเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงจะประกอบไปด้วยสารแอนโทไซยานิน ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันส่งผลให้ขนาดและน้ำหนักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ แต่ค่าความแข็งและความสว่างจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่แคลเซียมแลคเตท

5.1.2 ความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่แตกต่างกันส่งผลให้ขนาดลดลง และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ น้ำหนักลดลง และความสว่างเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตท

5.1.3 ความเข้มข้นแซนแทนกัมที่แตกต่างกันส่งผลให้ขนาด, น้ำหนักและค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ แต่ความสว่างจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแซนแทนกัม

5.1.4 การเก็บรักษาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในน้ำนมข้าวโพดสีเหลืองด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ที่แตกต่างกันเป็นเวลา 3 วัน ส่งผลต่อคุณภาพด้านกายภาพของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงและน้ำนมข้าวโพดสีเหลือง

5.1.5 องค์ประกอบทางเคมีของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาไฮโครคอลลอยด์ที่เหมาะสมต่อเนื้อสัมผัสของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

5.2.2 ศึกษาการใส่น้ำตาลในชาไหมข้าวโพดสีม่วงเพื่อเพิ่มรสและลดกลิ่นของไหมข้าวโพดสีม่วง

5.2.3 ศึกษาการใส่ผงไหมข้าวโพดลงในเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงเพื่อเพิ่มใยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กุลวดี ตรองพาณิชย์. 2547. อุตสาหกรรมจากข้าวโพด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://www.ku.ac.th/e-magazine/september47/agri/corn.html. 4 ธันวาคม 2561.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ธันยาภรณ์ นาวินวรรณ. 2542. การผลิตแซนแทนกัมจากกากมันสำปะหลังโดย Xanthomonas campestris TISTR 840. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bushman BS. 2002. The genetic basis of chlorogenic acid synthesis in maize. PhD dissertation, University of Missouri-Columbia, Missouri, United States.

Guisti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UVVisible spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. (F1.21-F1.2.13). New York: John Wiley & Sons.

Hu, Q., Zhang, L., Li, Y., Ding, Y. and Li, F. 2010. Purification and anti-fatigue activity of flavonoids from corn silk. International Journal of Physical Sciences. 5(4): 321-326.

Lazze, M.C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A.I., Stivala, L.A., Bianchi, L. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines. Carcinogenesis, 25: 1427-1433.

Le Roux M. A., Farshid G., & Lori A. S. 1999. Compressive and shear properties of alginate gel: effects of sodium ions and alginate concentration. Journal of biomedical materials research. 47:46-53

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 Science1:96-100

McGhie T.K., Walton M.C. The bioavailability and absorption of anthocyanins: Towards a better understanding. Mol. Nutr. Food Res. 2007; 51:702–713. doi:10.1002/mnfr.200700092.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Myhonvold, N., Chris, Y., and Maxime, B1. 2011. Modernist cuisine: The art and science of cooking, volume 2 Techniques and Equipment. The cooking lab, USA

Myhonvold, N., Chris, Y., and Maxime, B2. 2011. Modernist cuisine: The art and science of cooking, volume 3 Animals and Plants. Bellevue: The cooking lab, USA

Myhonvold, N., Chris, Y., and Maxime, B3. 2011. Modernist cuisine: The art and science of cooking, volume 4 Ingredients and preparation. Bellevue: The cooking lab, USA

Velazquez DVO, Xavier HS, Batista JEM, de Casro- Chaves C. 2005. Zeamays L. Extracts modify glomerular function and potassium urinary excretion in conscious rats. Phytomedicine Hytomedicine, 12: 363- 369.

Zhao, W., Yin, Y., Yu, Z., Liu, J. and Chen, F. 2012. Comparison of anti-diabetic effects of polysaccharides from corn silk on normal and hyperglycemia rats. International Journal of Biological Macromolecules. 50:1133-1137.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางกายภาพ

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

1.1 เตรียมตัวอย่างเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง

1.2 ปรับมาตรฐานเครื่อง (Calibration) โดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐาน

(White blank; L*=97, a*= -0.18, b*= 1.84)

1.3 นำเครื่องวัดค่าสีมาแนบกับตัวอย่างและวัดค่าทั้งหมด 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของการวัด

1.4 บันทึกค่าสีในค่า L*, a* และ b* โดยค่า

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

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

ภาพที่ ก.1 แสดงการวัดค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer

นำตัวอย่างเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง จำนวน 10 ชิ้นมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA-X2i โดยใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P/35) เป็นระยะ (Stain) ร้อยละ 50 วิเคราะห์ค่าที่วัดได้ด้วยโปรแกรม Texture profile analysis ปรับความเร็วการเคลื่อนที่ของ Load cell ดังนี้

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

ภาพที่ ก.2 แสดงการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส

รายงานผลค่าความแข็งแรง (Hardness) ของเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงในหน่วย กรัม•แรงกด ทดสอบในรูปแบบ Compression กำหนดการเคลื่อนที่ของหัววัดเป็น Return to start

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ทางเคมี

ข.1 การวิเคราะห์หาความชื้น (AOAC, 2012)

อุปกรณ์

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

วิธีการทดลอง

1. นำ Aluminium can อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำ Aluminium can ใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (4 ตำแหน่ง)
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วง3-5 กรัม (ทำ 3 ซ้ำ) โดยอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝา Aluminium can ไว้ เมื่อครบเวลาปิดฝาทำให้เย็นในโถดูดความชื้น
3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

การคำนวณ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การหาค่าแอนโทไซยานินทั้งหมด ตามวิธีการของ pH-differential method

1. การเตรียมสาร

1.1) 0.025 M Potassium Chloride buffer pH 1.0 ชั่ง KCl 1.86 g ลงในบีกเกอร์ ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 980 mL และนำ ไปปรับ pH ให้เท่ากับ 1.0 ดว้ย HCl และปรับปริมาตรให้ได้ 1 L ด้วยน้ำกลั่น

1.2) 0.4 M Sodium Acetate buffer pH 4.5 ชั่ง CH3CO2Na•3H2O 54.43 g ลงในบีกเกอร์ ใส่น้ำกลั่นปริมาตร 960 mL นำ ไปปรับ pH ให้ เท่ากับ 4.5 ด้วย HCl และปรับปริมาตรให้ได้ 1 L ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก Sutharut และ Sudarat, 2012)

2.1) นำเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงมาทำการปั่นให้ละเอียดด้วยเครื่อง laboratory blender โดยแบ่ง ความเร็วในการปั่นออกเป็น 2 ระดับ คือ เริ่มต้นด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 30 วินาที และใช้ความเร็วสูง 30 วินาที

2.2) ชั่งเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงที่ผ่านการปั่นให้ละเอียดแล้วปริมาณ 10 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 125 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเมธานอล 30 มิลลิลิตร

2.3) นำขวดรูปชมพูไปแช่ใน water bath with shaker ที่คุมอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส

2.4) oeสารละลายไปทำ การหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 9000 rpm เป็นเวลา 10 นาที

2.5) นำส่วนใสไปกรองด้วย vacuum pump โดยใช้กระดาษกรอง Whatman No.1

2.6) เก็บสารละลายที่ได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินด้วยวิธี pH-differential method (ดัดแปลงจาก Giusti และ Wrolstad, 2001)

3.1) ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด

3.2) หลอดที่ 1 ทำการเจือจางด้วย Potassium Chloride buffer pH 1.0 หลอดที่ 2 ทำการ เจือจางด้วย Sodium Acetate buffer pH 4.5 ให้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.2-1.2

3.3) ทำการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที ก่อนการนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 nm และ 700 nm โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณ โดยใช้สูตร $A = (A_{510} - A_{700})\ pH_{1.0} - (A_{510} - A_{700})\ pH_{4.5}$ 3.5) นำค่าการดูดกลืนแสงที่คำนวณได้จากข้อ 2.4 มาคำนวณหาปริมาณของแอนโธไซยานินทั้งหมดโดยใช้สูตร

$$\text{Anthocyanin pigment (mg/10 g sample)} = \frac{\square \times \square\square \times \square\square \times 1000}{\square \times 1}$$

ซึ่งรายงานเป็น mg of total anthocyanin content/10 g sample โดยกำหนดให้ MW คือ น้ำหนัก โมเลกุล 449.2 g/mol for cyaniding-3-glucoside, DF คือ ค่าการเจือจาง, $\square$ คือ molar absorptivity = 26,900 และ 1000 เท่ากับการเปลี่ยนจากกรัมเป็นมิลลิกรัม

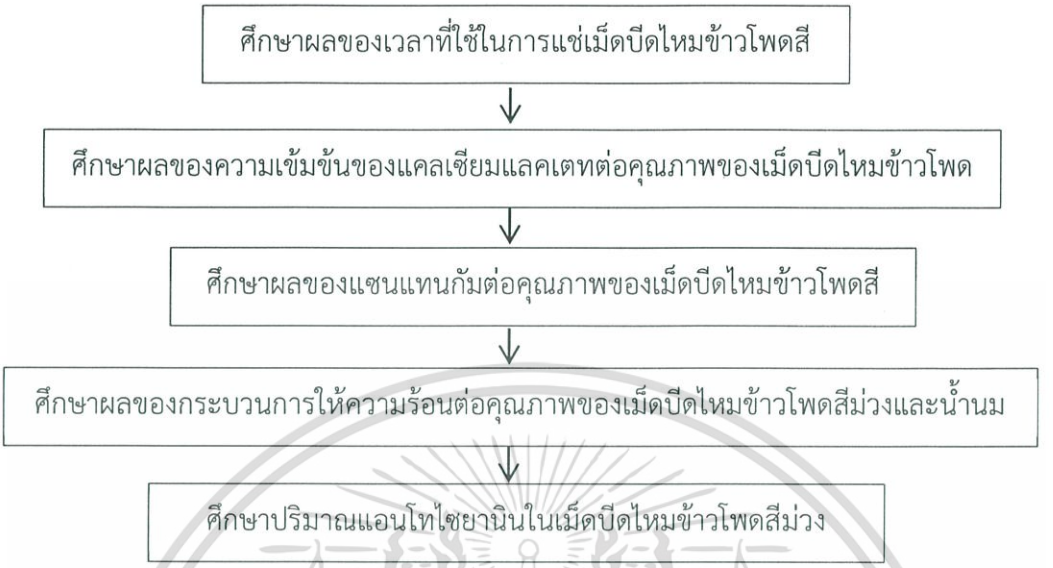
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การศึกษาการพัฒนาเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยวิธีขึ้นรูปทรงกลม

ค.1 การเตรียมสารละลายไหมข้าวโพดสีม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 การศึกษาการผลิตเม็ดบีดไหมข้าวโพดสีม่วงโดยวิธีขึ้นรูปทรงกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้