

การพัฒนาสูตรเม็ดบุกป๊อปเสริมสารอาหารและการศึกษาอายุการเก็บรักษา  
ในการผลิตระดับขยายขนาด  
Development of functional popping konjac and shelf life study  
for industrial production



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร  
คณะอุตสาหกรรมอาหาร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาสูตรเม็ดบุกป๊อปเสริมสารอาหารและการศึกษาอายุการเก็บรักษาในการ  
ผลิตระดับขยายขนาด  
Development of functional popping konjac and shelf life study for  
industrial production

จัดทำโดย

ปพิชญา น้านุช	รหัสนักศึกษา	62080108
สุทธิดา เอี่ยมวัน	รหัสนักศึกษา	62080147
อริสรรา สยมชัย	รหัสนักศึกษา	62080157

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

อรรช เมฆเกิดชู

(อ.ดร. อรรช เมฆเกิดชู)

13 / พ.ย / 2566

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ รับผิดชอบการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพัฒนาสูตรการผลิตเม็ดบุกป๊อปเสริมสารอาหารและการศึกษาอายุการเก็บรักษาในการผลิตระดับขยายขนาด
ชื่อนักศึกษา	ปพิชญา น้านุช รหัสนักศึกษา 62080108 สุทธิดา เอี่ยมวัน รหัสนักศึกษา 62080147 อริสรา สยมชัย รหัสนักศึกษา 62080157
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
พ.ศ.	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร. อรชร เมฆเกิดชู

### บทคัดย่อ

บุก (konjac) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Amorphophallus konjac* ในหัวบุกมีสารอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต คือ กลูโคแมนแนน (Glucomannan) ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส (Manose) และกลูโคส (Glucose) กลูโคแมนแนนจากผงบุก (KGM) มีสมบัติพิเศษหลายประการ คือ สามารถดูดน้ำได้มาก ละลายน้ำได้ดี จึงสามารถป้องกันโรคเบาหวาน และโรคอ้วนได้ ในการวิจัยนี้จะนำบุกมาประยุกต์ใช้กับเทคนิครีเวิร์สเพื่อรีเฟอชั่น (Reverse spherification) นำมาทำเป็นอาหารเสริมเพื่อสุขภาพโดยมีการใส่สารเสริมคือ คอลลาเจน (collagen) ที่ช่วยให้ผิวชุ่มชื้น ริวรอยดูจางลง ลดการเปาะแตกของเล็บ และยังช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง เพื่อทำการพัฒนาสูตรเพื่อให้ได้สูตรที่ดีที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลทางกายภาพ ได้แก่ การแยกตัวของน้ำ (Synergensis) ขนาดของผลิตภัณฑ์ (Size) ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ (Hardness) สีของผลิตภัณฑ์ (color) และการทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory) รวมถึงวิเคราะห์ผลทางเคมี คือ วัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) โดยมีผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร ที่เจาะกลุ่มผู้บริโภคที่แตกต่างกัน คือ 1.ไซรัปรสอู่น 2.น้ำผลไม้เข้มข้นรสสตอเบอร์รี่ และ 3. ไซรัปหญ้าหวานกลิ่นโคล่า โดยทุกสูตรมีอัตราส่วนของส่วนผสมเดียวกันคือ แคลเซียมแลคเตท 1% w/w : คอลลาเจน 1% w/w : โซเดียมอัลจิเนต 1% w/w จากนั้นนำผลิตภัณฑ์มาเก็บรักษาในน้ำเปล่าและแคลเซียมแลคเตท จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์ไซรัปหญ้าหวานกลิ่นโคล่า มีผลวิเคราะห์ทางกายภาพใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้ามากที่สุด แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าไซรัปรสอู่นได้คะแนนชอบมากที่สุด เนื่องจาก ผลิตภัณฑ์ของน้ำผลไม้เข้มข้นและไซรัปหญ้าหวานกลิ่นโคล่ามีกลิ่นที่ไม่ได้รับการยอมรับของผู้บริโภค

คำสำคัญ : บุก กลูโคแมนแนน คอลลาเจน แคลเซียมแลคเตท โซเดียมอัลจิเนต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title      Development of functional popping konjac and shelf life study  
for industrial production

Student name              Papichaya namnuch      Student ID 62080108  
Suthida aimwan              Student ID 62080147  
Arisara Sayomchai              Student ID 62080157

Program                      Bachelor of Science in Fermentation Technology in Food Industrial

Year                              2023

Advisor                        Dr. Orachom Makkerdchoo

## ABSTRACT

konjac has a scientific name that Amorphophallus konjac in konjac contains a carbohydrate nutrient, glucomannan, which consists of manose and glucose. Glucomannan from konjac powder (KGM) has many special properties. That is, it can absorb a lot of water. good water soluble So it can prevent diabetes. and obesity In this research, the invasion will be applied to the reverse spherification technique used to make a food supplement for health by adding a supplement, namely collagen (collagen) that helps moisturize the skin. wrinkles look faded Reduce brittle nails and also helps to strengthen bones to develop the formula to get the best formula Then analyzed the physical results, namely the synergensis, product size, product strength, product color, and sensory testing Including chemical analysis, that is, measuring the acidity - base (pH). There are 3 formulas of products that target different groups of consumers: 1. Grape Syrup 2. strawberry concentrated fruit juice and 3. cola flavored stevia syrup All formulas have the same ratio of ingredients. Calcium Lactate 1% w/w : Collagen 1% w/w : Sodium Alginate 1% w/w. The product was then stored in plain water and calcium lactate. From the experiment it was found that Cola-flavored stevia syrup The physical analysis results are as close as possible to commercial products. But when analyzing the senses It was found that grape flavored syrup received the most favorable score because the products of fruit juice concentrate and cola-flavored stevia syrup had an unacceptable smell among consumers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ในเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ดร. อรชร เมฆเกิดชู ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการทำปัญหาพิเศษนี้ ได้ สละเวลาอันมีค่าให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วย ความเอาใจใส่อย่างยิ่ง จนปัญหาพิเศษเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ รศ.ดร.สร้อยสุดา พรหมกิติวัฒนา อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรม อาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้เกียรติมาเป็น กรรมการในการสอบปัญหาพิเศษและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหา พิเศษฉบับนี้ให้สมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของคณะผู้จัดทำที่ช่วย ส่งเสริม สนับสนุน และเป็นกำลังใจในการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ตลอดมา

คณะผู้ทำวิจัยหวังว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้อื่นไม่มากนักน้อย หาก ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยมา ณ ที่นี้

ปพิชญา น้านุช  
สุทธิดา เอี่ยมวัน  
อริสรา สยมชัย

24 พฤษภาคม 2566

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV-V
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 บุก.....	3-4
2.2 ประโยชน์ของกลูโคสแมนแนนในผงบุก.....	5-6
2.3 เทคนิคสเปียร์รีพีเคชั่น.....	6-9
2.4 โพรแทสเซียมไฮดรอกไซด์.....	9
2.5 คอลลาเจน.....	9-11
2.6 โพรแทสเซียมซอร์เบต.....	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	12
3.2 อุปกรณ์.....	12-13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	13-18
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปเม็ดบุกป๊อป	
4.1.1 ร้อยละการผลิต.....	19
4.1.2 ความหนืด.....	19
4.2 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยไม่มีการเติมสารกัน	
เสี	
4.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่า	
4.2.1.1 ขนาดของเม็ดบุกป๊อป (Size).....	20
4.2.1.2 ค่าเนื้อสัมผัส (Texture).....	21
4.2.1.3 การแยกตัวของน้ำ (Syneresis).....	22
4.2.1.4 การวิเคราะห์ค่าสี (Color measurement).....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

4.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในแคลเซียมแลคเตท	
4.2.2.1 ขนาดของเม็ดบุกป๊อป (Size).....	24
4.2.2.2 ค่าเนื้อสัมผัส (Texture).....	25
4.2.2.3 การแยกตัวของน้ำ (Syneresis).....	26
4.2.2.4 การวิเคราะห์ค่าสี (Color measurement).....	27
4.2.2.5 การฆ่าเชื้อ (Autoclave).....	28-29
4.2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเม็ดบุกป๊อป	
4.2.3.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH ).....	29
4.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยเติมสารกันเสีย	
4.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่า	
4.3.1.1 ขนาดของเม็ดบุกป๊อป (Size).....	30
4.3.1.2 ค่าเนื้อสัมผัส (Texture).....	31
4.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตท	
4.3.2.1 ขนาดของเม็ดบุกป๊อป (Size).....	32
4.3.2.2 ค่าเนื้อสัมผัส (Texture).....	33
4.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory).....	34
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล.....	35
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	35
บรรณานุกรม.....	36
ภาคผนวก ก.....	38-39
ประวัติผู้เขียน.....	40-41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1.1 ร้อยละการผลิตต่อปริมาตร 100 mL.....	19
4.1.2 ค่าการวิเคราะห์ความหนืด.....	19
4.2.1.1 ขนาดของเม็ดบุงกูปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าโดยไม่เติมสารกันเสีย.....	20
4.2.1.4 ค่าการวัดสีของแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในน้ำเปล่า.....	23
4.2.2.1 ขนาดของเม็ดบุงกูปที่เก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตทโดยไม่เติมสารกันเสีย.....	24
4.2.2.4 ค่าการวัดสีของแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตท.....	27
4.2.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	29
4.3.1.1 ขนาดของเม็ดบุงกูปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าโดยเติมสารกันเสีย.....	30
4.3.2.1 ขนาดของเม็ดบุงกูปที่เก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตทโดยเติมสารกันเสีย.....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ตารางที่	หน้า
3.1 ลักษณะปรากฏของน้ำผลไม้ที่เติมปริมาณผงบุก (0.5,0.6,0.7 และ 0.1 %).....	13
3.2 ลักษณะปรากฏของไซรัปที่เติมปริมาณผงบุกที่ 0.5 %.....	13
3.3 ลักษณะปรากฏของน้ำผลไม้เข้มข้น (Fc) ไซรัปหญ้าหวาน (St) ผงบุก 0.5 %.....	14
3.4 แสดงตัวอย่างการพิจารณารูปทรงที่สมบูรณ์ในการวิเคราะห์ค่าร้อยละการผลิต.....	14
3.5 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer).....	15
3.6 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer).....	16
3.7 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer).....	18
4.1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเวลาผ่านไปเก็บรักษาในน้ำเปล่าโดยไม่เติมสารกันเสีย.....	21
4.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำเมื่อเวลาผ่านไปเก็บรักษาในน้ำเปล่าโดยไม่เติมสารกันเสีย.....	22
4.3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเวลาผ่านไปเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตทโดยไม่เติมสารกันเสีย.....	25
4.4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำเมื่อเวลาผ่านไปเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตทโดยไม่เติมสารกันเสีย.....	26
4.5 เม็ดบุกป๊อปแต่ละผลิตภัณฑ์หลังจากการฆ่าเชื้อด้วยไอร้อนและแรงดันสูง (Autoclave).....	28
4.6 ลักษณะของเม็ดบุกป๊อปก่อน-หลังจากการฆ่าเชื้อด้วยไอร้อนและแรงดันสูง (Autoclave).....	28
4.7 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเวลาผ่านไปเก็บรักษาในน้ำเปล่าโดยเติมสารกันเสีย.....	31
4.8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเวลาผ่านไปเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตทโดยเติมสารกันเสีย.....	33
4.9 กราฟแสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory).....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มให้ความสำคัญในการบริโภคขนมไข่มุกสูงชันมากและส่งผลกระทบต่อสุขภาพต่อผู้บริโภคต่อไปในอนาคต โดยเม็ดไข่มุกในปัจจุบันมีองค์ประกอบของโปรตีนและใยอาหารต่ำ โดยเม็ดไข่มุกที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง และยิ่งไปกว่านั้นกระบวนการผลิตเม็ดไข่มุกยังต้องมีการใส่น้ำตาลในระหว่างการต้มเป็นการเพิ่มแคลอรีให้กับเม็ดไข่มุกสูงชันด้วย สำหรับการบริโภคเม็ดไข่มุกที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังทำให้เกิดการย่อยยาก มีพลังงานสูง และอาจเป็นสาเหตุของการเจ็บป่วยเรื้อรังในอนาคต

ในขณะที่วัตถุดิบตลาดผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มมีการขยายตัวสูงมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งบุกเป็นวัตถุดิบที่ได้รับความนิยมในการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี บุกเป็นพืชที่ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในหัวบุกมีสารที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ คือกลูโคแมนแนน ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำที่อุณหภูมิห้อง สามารถพองตัวและขยายตัวได้ 20 ถึง 100 เท่า ทำให้สารละลายมีลักษณะเป็นเจลที่มีความหนืดสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในวงการแพทย์และวงการอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากจะเป็นสารที่ให้ความข้นหนืด ความคงตัว ยืดหยุ่น และสามารถเพิ่มเนื้อสัมผัสที่สำคัญแล้ว กลูโคแมนแนนยังจัดเป็นใยอาหารที่ไม่สามารถย่อยได้ในระบบการย่อยอาหารของมนุษย์จึงไม่ทำให้พลังงานเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในกลุ่มของอาหารสุขภาพได้ดี

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดเพื่อการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมของการประยุกต์ใช้ผงบุกเพื่อผลิตเม็ดปิด พัฒนาไข่มุกทางเลือกที่มีวัตถุดิบหลักจากบุกซึ่งมีใยอาหารสูงที่สามารถขึ้นรูปเป็นเจล และใช้ร่วมกับสารขึ้นรูปอื่นๆที่เหมาะสมในการขึ้นรูปที่สามารถกักเก็บของเหลวไว้ภายในที่เรียกว่า “เม็ดบุกบีบ” มีการเสริมสารอาหารที่มีประโยชน์ด้วย โดยใช้วิธีรีเวิร์สเฟอริฟิเคชัน เพื่อสุขภาพแก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตามในปัจจุบันวิธีการผลิต “เม็ดบุกบีบ” ยังคงใช้การผลิตในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในระดับเชิงอุตสาหกรรม จึงมีการพัฒนาสูตรให้เหมาะสมกับการผลิตในระดับอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตด้วยเทคนิครีเวิร์สเฟอริฟิเคชัน และการศึกษาสนใจศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตในระดับอุตสาหกรรม การตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี ชีวภาพตามมาตรฐานทางอุตสาหกรรม ความสามารถในการกักเก็บสารสำคัญ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นพร้อมนำไปเข้าสู่ตลาดและสามารถจำหน่ายได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อการพัฒนาสูตรเม็ดบุงป๊อปที่เหมาะสมในระดับขยายขนาดอุตสาหกรรม
- 1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาเม็ดบุงป๊อบเสริมสารอาหารที่ได้จากเครื่องต้นแบบการผลิตบุงป๊อบเสริมสารอาหาร
- 1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกักเก็บสารสำคัญภายในเม็ดบุงป๊อบระหว่างการเก็บรักษา

## 1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ยกระดับกระบวนการผลิตเม็ดบุงป๊อบเสริมสารอาหารในระดับขยายขนาดอุตสาหกรรม
- 1.3.2 เพื่อพัฒนาเม็ดบุงป๊อบในรูปแบบใหม่ที่น่าสนใจและมีประโยชน์มากขึ้น
- 1.3.3 ทำให้ทราบอายุการเก็บรักษาที่แน่นอนของเม็ดบุงป๊อบ
- 1.3.4 เพื่อนำเทคนิคสเฟียริฟิเคชันมาพัฒนาให้เหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดบุงป๊อบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 บุก (Konjac)



ภาพที่ 2.1 หัวบุก

บุก หรือ สุกุลบุก (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Amorphophallus*) เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปีหลายชนิด ในวงศ์บอน (araceae) มีหัวใต้ดินขนาดใหญ่ ออกดอกในช่วงต้นฤดูฝน เป็นพืชล้มลุกบุก พบได้ในป่าลึกมักขึ้นอยู่ใต้ต้นไม้ใหญ่ มีชื่อสามัญว่า (konjac) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะอินโดนีเซีย และ ไทย โดยในประเทศไทยนั้น พบมากในแถบภาคเหนือและภาคตะวันตก ได้แก่ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ตาก กาญจนบุรี โดยบุกที่พบนั้นมีมากถึง 46 ชนิด แต่ละชนิด ก็มีชื่อเรียกแตกต่างกันไป เช่น มันชูรัน (ภาคกลาง) บุกคูกค (ชลบุรี) เมีย เปือ บุกหนาม บุกหลวง (แม่ฮ่องสอน) บุกคางคก (กลางเหนือ) หัวบุก (ปัตตานี) บักกะเตือ (สกลนคร) กระจุก (บุรีรัมย์) บุกรอหัววัน หมอยวี จวี ยั่ว (จีนแต้จิ๋ว) หมอยื่น (จีนกลาง) (Tye; 2021)

##### 2.1.1 ประโยชน์และการใช้รักษาโรค

1) ช่วยลดน้ำหนัก ในเนื้อแป้งที่ได้จาก หัวบุก มีสารกลูโคแมนแนน หากรับประทานก่อนทานอาหาร 1 ชั่วโมง จะช่วยลดไขมันในกระเพาะอาหาร แล้วพองตัว ทำให้รู้สึกอิ่มได้เร็ว จึงเหมาะกับคนที่ต้องการทานอาหารลดลง เพื่อคุมน้ำหนัก นอกจากนี้ เนื้อแป้งบุกที่ปรุงสุก ยังสามารถรับประทานแทนอาหารมื้อหลักได้ด้วย เพราะให้พลังงานต่ำ เหมาะกับคนที่ต้องการลดความอ้วน (Tye; 2021)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) รักษาโรคเบาหวานและไขมันในเลือดสูง สารกลูโคแมนแนนในแปงบุกสามารถดูดซับไขมันและกรดน้ำดี (bile acid) แล้วขับถ่ายออกนอกร่างกาย จึงช่วยลดระดับ cholesterol และ triglyceride ในหลอดเลือด ช่วยรักษาโรคเบาหวาน และโรคมะเร็งไขมันในเลือดสูงได้

3) ช่วยลดน้ำตาลในหลอดเลือด ด้วยมีฤทธิ์ยับยั้งการดูดซึมของน้ำตาลกลูโคสจากทางเดินอาหาร ให้ช้าลง จึงช่วยระดับน้ำตาลในหลอดเลือดหลังการกินอาหาร

4) ป้องกันการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ เมื่อสารกลูโคแมนแนนดูดซึมน้ำในกระเพาะอาหาร จะกระตุ้นทางเดินอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะลำไส้ใหญ่ให้บีบตัวขับกากอาหารที่คั่งค้างออกมา จึงอาจช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ได้

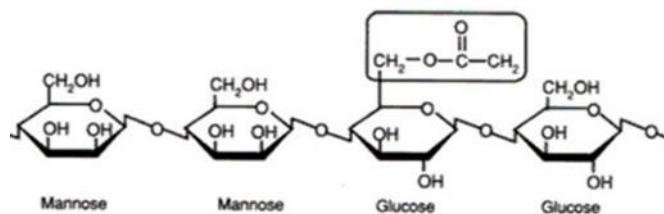
5) รักษาแผลชนิดต่าง ๆ ได้ หากนำเนื้อแปงบุกมาตำหรือนำมาผสมกับน้ำส้มสายชูหรือต้มเอาน้ำจากเนื้อแปง จะใช้ชะล้างบริเวณที่เป็นแผลต่าง ๆ ได้เช่น แผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก แผลปวดบวม ฟกช้ำดำเขียว รวมถึงฝีหนองต่าง ๆ ได้ (Tye; 2021)

#### 2.1.2 การใช้บุกในด้านอุตสาหกรรมอาหาร

มีการใช้บุกเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทอิมัลชัน เช่น ไอศกรีม วิปป์ ครีม เนยแข็งหลายชนิด มีการใช้บุกทดแทนสารอื่นที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันในการผลิตไอศกรีมเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต นอกจากนี้บุกยังมีความสามารถเกิดเจลได้ เมื่อใช้ร่วมกับด่างหรือไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) บางชนิด ปัจจุบันจึงมีการนำคาราจีแนน แชนแทนกัม และผงบุก มาเป็นสารที่ทำให้เกิดเจลในผลิตภัณฑ์แยมและเจลลี่ ผงบุกยังถูกนำมาใช้ร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด เช่น เจลาติน คาราจีแนน ซึ่งจะได้เจลที่ ยืดหยุ่น นิ่ม สามารถสไลด์ได้ง่าย เพิ่มปริมาณเนื้อต่อน้ำหนัก ทำให้สามารถลดปริมาณเนื้อที่ใช้ โดยไม่เปลี่ยนรสชาติ สามารถคงสภาพหลังเก็บใน อุณหภูมิต่ำในช่องแช่เย็น โดยไม่เปลี่ยนรสชาติและไม่แข็งตัวเป็นก้อน รวมทั้งใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์สูตรลดไขมันและไขมันต่ำเช่น แยม ไส้กรอก (Jiménez-Colmenero et al., 2013) ลูกชิ้นเนื้อมีทโลฟ (meat loaves) เนื้อปลาบดแปรรูป (surimi) เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพิ่มความแข็งแรงของเจล ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของอาหารและช่วยเพิ่มสมบัติในการอุ้มน้ำและเก็บรักษาความชื้นให้กับอาหารให้ดีขึ้น รวมทั้งยังเป็นการเสริมใยอาหารให้กับผลิตภัณฑ์ด้วย (ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล และคณะ, 2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ประโยชน์ของกลูโคแมนแนนในหัวบุก (Glucomannan)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของกลูโคแมนแนน

กลูโคแมนแนนเป็นเส้นใยธรรมชาติได้จากบุก ซึ่งเป็นเส้นใยที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก (ultra-high molecular-weight polysaccharide) ซึ่งจัดเป็นใยอาหารชนิดละลายน้ำ (watersoluble dietary fiber) ที่เอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นจึงไม่ให้พลังงานแต่อย่างใด สำหรับโครงสร้างของกลูโคแมนแนนนั้น เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ตามธรรมชาติที่มีประจุเป็นกลาง ที่ประกอบด้วยน้ำตาล 2 ชนิด คือ แมนโนสและกลูโคสในอัตราส่วน 1.6 : 1 เชื่อมต่อกันด้วยพันธะบีต้า-1,4-กลูโคสิดิก และมีหมู่แอสีทิลกระจายอยู่ทั่วไปบนสายโมเลกุลของกลูโคแมนแนนประมาณร้อยละ 5-10 ซึ่งหมู่แอสีทิลจะอยู่ทุกระยะ 9-19 หน่วยของแมนโนสหรือกลูโคส โดยหมู่แอสีทิล จะอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของแมนโนสหรือกลูโคส นอกจากนี้กลูโคแมนแนนยังมีคุณสมบัติ คือ เป็นแห่ง ที่สะอาดบริสุทธิ์มีสีขาว ไม่มีกลิ่น มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า 300,000 ดาลตัน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก มีความหนืด และจะมีความแตกต่างจากโพลินแซ็กคาไรด์ชนิดอื่น คือ เมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องจะพองตัวและขยายตัวได้ 20 ถึง 30 เท่า ทำให้สารละลายที่ได้จะมีลักษณะเป็น เจลที่มีความหนืดสูง (อุษาพร,2556; ชาลีตา และคณะ, 2559; Chiu and Stewart, 2012; Chua et al., 2012; Harmayani et al., 2014)

### 2.2.1 โครงสร้างของกลูโคแมนแนน

กลูโคแมนแนน จัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โมเลกุลของกลูโคแมนแนน เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) ในอัตราส่วน 2:3 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ ที่ตำแหน่ง  $\beta$ 1,4 และมี acetyl group กระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ในโมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส เป็น heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง บีตา (1-4) เป็นโซ่หลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแล็กโทส (galactose) หรือกลูโคส (glucose) มาต่อกันเป็นโซ่หลักด้วยและมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขา หรือโซ่แขนงได้แก่ น้ำตาลอะราบินโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) เฮมิเซลลูโลส จัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายต่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของ มนุษย์ (foodnetworksolution.com) กลูโคแมนแนน จัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โมเลกุลของกลูโคแมนแนน เกิดจากการ รวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) ในอัตราส่วน 2:3 ซึ่งเชื่อมต่อกัน ด้วยพันธะไกลโคไซด์ ที่ตำแหน่ง  $\beta$ 1,4 และมี acetyl group กระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) โมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส เป็น heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง ปีตา (1-4) เป็นโซ่หลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแล็กโทส (galactose) หรือกลูโคส (glucose) มาต่อกันเป็น โซ่หลักด้วยและมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขา หรือโซ่แขนงได้แก่ น้ำตาลอะราบินโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) เฮมิเซลลูโลส จัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายต่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์ (foodnetworksolution.com)

### 2.2.2 สมบัติของกลูโคแมนแนน

กลูโคแมนแนนยังมีคุณสมบัติ คือ เป็นแหล่งที่สะอาดบริสุทธิ์มีสีขาว ไม่มีกลิ่น มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่า 300,000 ล้านตัน มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดีมาก มีความหนืด และจะมีความแตกต่างจากโพลินแซ็กคาไรด์ชนิดอื่น คือเมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องจะพองตัวและขยายตัวได้ 20 ถึง 30 เท่า ทำให้สารละลายที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจลที่มีความหนืดสูง (disthai ,Tey; 2017)

## 2.3 เทคนิคสเฟิรริฟิเคชัน (Spherification Technique)

เทคนิคสเฟิรริฟิเคชัน (spherification technique) การขึ้นรูปทรงกลม (spherification) เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าหลักการทางวิทยาศาสตร์การอาหารมาประยุกต์ใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งลักษณะของอาหารที่ได้จะมีลักษณะเป็นเจลทรงกลมห่อหุ้มสารที่เป็นของเหลวไว้ภายใน โดยจะอาศัยสารโซเดียมอัลจิเนต ทำปฏิกิริยากับแคลเซียมแลคเตท ได้เป็นแคลเซียมอัลจิเนต ซึ่งคุณสมบัติของโซเดียมอัลจิเนตเป็นสารคอลลอยด์ สามารถเกิดเจลได้ และไม่มีผลเสียต่อร่างกาย (pawar & edgar, 2012) สำหรับกระบวนการขึ้นรูปทรงกลม มี 2 วิธีหลัก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

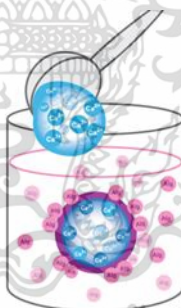
### 1) การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (basic spherification)



ภาพที่ 2.3.1 การขึ้นรูปทรงกลมแบบพื้นฐาน (basic spherification)

เป็นการนำโซเดียมอัลจินเตผสมโดยตรงกับของเหลวที่จะทำเป็นรูปทรงกลม เช่น น้ำผลไม้ เครื่องดื่มแล้วค่อย ๆ นำของเหลวเหล่านั้นหยดลงไปใ้ในภาชนะที่ใส่น้ำที่มีแคลเซียมคลอไรด์ละลายอยู่ เมื่อโซเดียม อัลจินเตสัมผัสกับแคลเซียมก็จะค่อย ๆ กลายเป็นเจล จากผิวด้านนอกห่อหุ้มเข้าไป ถ้าเรตักขึ้นมาล้างน้ำให้แคลเซียมออกไปหมดก็จะกลายเป็นเม็ดเจลที่มีของเหลวอยู่ข้างใน หรือถ้าทิ้งไว้นานกว่านั้นก็จะเป็นเจลเม็ดกลมเหมือนไข่มุก (วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ)

### 2) การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (reverse spherification)



ภาพที่ 2.3.2 การขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification)

เป็นการนำแคลเซียมผสมลงในของเหลวที่จะทำเป็นรูปทรงกลม แล้วนำไปหยดลงไปใ้ในภาชนะ ที่มีโซเดียมอัลจินเตละลายอยู่ก็จะได้เจลขึ้นบาง ๆ หุ้มอาหารที่เป็นของเหลวเอาไว้ข้างใน (วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ)

#### 2.3.1 องค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการสเฟียริฟิเคชัน

1) อัลจินเต (alginate) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ประเภทพอลิแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ซึ่งเป็นเฮเทอโรพอลิแซคคาไรด์ (heteropolysaccharide) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของอนุพันธ์

ของน้ำตาล ได้แก่ กรดแมนนูโรนิก (D-mannuronic acid) กรดกลูคูโรนิก (guluronic acid) อัลจินเนตสกัดได้จากผนังเซลล์ของสาหร่ายสีน้ำตาล (brownalgae) เช่น *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปสารประกอบของเกลือโซเดียม โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมของกรดอัลจินิก (alginic acid) ซึ่งละลายน้ำได้สามารถทำให้เกิดเจลหรือเป็นสารก่อเจล (gelling agent) เจลที่ได้จะทนต่อความร้อน (thermoirreversible gel) หรือไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับความร้อน อัลจินเนตเป็น Unbranched binarycopolymer ของ 1,4-b-D-manuronic acid (M) และ L-guluronic acid (G) ใน โมเลกุลประกอบด้วย Homopolymeric regions ของ G และ M ที่เรียกว่า G และ M-blocks ตามลำดับ และ ยังมีบางส่วนของโมเลกุลเป็น MG-blocks สัดส่วนของโคพอลิเมอร์และโครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดสมบัติของอัลจินเนต เช่น ถ้าพอลิเมอร์มี G ในปริมาณที่สูงจะมีสมบัติเป็นเจลที่แข็งที่ความเข้มข้นของโลหะประจุ บวกเฉพาะ (polyvalent metal cation) แต่ถ้าพอลิเมอร์มี M ปริมาณสูงจะมีแนวโน้มที่จะเกิดเจลที่อ่อนนุ่ม และมีสภาวะในการเกิดเจลที่กว้างกว่า อัลจินเนตที่ผลิตจำหน่ายเป็นการค้ามีหลายอนุพันธ์จึงมีสมบัติการละลาย ในน้ำที่แตกต่างกัน เช่น อนุพันธ์ของเกลือ  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$  และยังผลิตในรูปของโพรพิลีนไกลคอล อัลจินเนต(propyleneglycol alginate) ซึ่งได้จากปฏิกิริยาของกรดอัลจินิกกับโพรพิลีนออกไซด์ (propylene oxide) ภายใต้ความดัน อนุพันธ์เหล่านี้จะละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ความหนืดของสารละลายอัลจินเนต ที่ได้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเข้มข้น น้ำหนักโมเลกุล และการมีโลหะประจุบวก อัลจินเนตบางชนิดเท่านั้นที่มี คุณสมบัติเป็นเจลและจะเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับ  $Ca^{2+}$  โครงสร้างของเจลมีลักษณะคล้ายกล่องไข่ (egg box) โดยมี  $Ca^{2+}$  เกาะอยู่กับสายพอลิเมอร์ คุณสมบัติที่ดีของอัลจินเนตคือ ทำให้เกิดเจลชนิดที่ไม่สามารถ เปลี่ยนกลับไปมาได้ (irreversible gel) ในน้ำเย็น เมื่อมี  $Ca^{2+}$  รวมอยู่ด้วย ซึ่งคุณสมบัติในการเกิดเจลที่ อุณหภูมิต่ำนี้ทำให้อัลจินเนตแตกต่างจากไฮโดรคอลลอยด์ที่ได้จากสาหร่ายสีแดง (นักวิทยาศาสตร์ ชำนาญการ; พิษญาภา และ อังควรา ,Tye; 2562)

2) แคลเซียม แลคเตท (Calcium lactate) เป็นเกลือของกรดแลคติก โดยได้จากการนำกรดแลคติกมาทำปฏิกิริยากับ Calcium hydrate จากนั้นมาผ่านการตกผลึก และทำให้แข็ง แล้วบดเป็นผง ประกอบด้วยไอออนแลคเตต 2 ไอออนและแคลเซียมไอออน 1 ไอออน เกิดจากปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแลคติกกับแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) หรือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (calcium hydroxide) ปัจจุบันแคลเซียม แลคเตตได้รับการอนุมัติให้ใช้เป็นส่วนประกอบโดยตรงของ ผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไปจาก U.S. Food and Drug Administration (FDA) โดยใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารใน การช่วยเสริมลักษณะต่าง ๆ ให้ดีขึ้น แคลเซียม แลคเตตพบได้ในอาหารทั่วไปและเป็นแหล่งของแคลเซียม ซึ่งอยู่ในรูปไฮเดรต โดยทั่วไปจะพบในรูป Lactate pentahydrate (tcs-mart.com) แคลเซียมส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ควบคู่กับโซเดียมอัลจินเนตจะได้จากธรรมชาติ เช่น นม ซีส เต้าหู้หรืออาจจะมาจากสารบางอย่างที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เช่น แคลเซียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอไรด์ที่นิยมนำมาใช้แช่ผัก และผลไม้ให้กรอบ ไม่ละและ แคลเซียมไฮดรอกไซด์(น้ำปูนใส) แคลเซียมแลคเตท แคลเซียมแลคเตทกลูโคเนต (พิชญภา และ อังค์วรา, Tye; 2562)

## 2.4 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide, KOH)

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารอนินทรีย์สูตร KOH และเป็นที่ยกกันว่าโปแตชกัดกร่อน KOH สูง เสถียรภาพทางความร้อน เนื่องจากมีความเสถียรสูง และจุดหลอมเหลวค่อนข้างต่ำจึงมักหลอมเป็นเม็ดหรือแท่งรูปแบบที่มีพื้นที่ผิวต่ำและคุณสมบัติในการขนย้ายที่สะดวก เม็ดเหล่านี้จะไม่เหนียวในอากาศเนื่องจาก KOH ดูดความชื้นได้ ตัวอย่างทางการค้าส่วนใหญ่เป็นแคลิฟอร์เนียบริสุทธิ์ 90% ส่วนที่เหลือเป็นน้ำและคาร์บอนเนต มันละลายตัวในน้ำเป็นอย่างดีคายความร้อน ความเข้มข้นสารละลายบางครั้งเรียกว่าโพแทสเซียม น้ำต่าง แม้ในอุณหภูมิสูง KOH ที่เป็นของแข็งจะไม่คายน้ำทันที (hmong.in.th)

### 2.4.1 การใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในอุตสาหกรรมอาหาร

ในผลิตภัณฑ์อาหารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความชื้นของอาหารสารควบคุม pH และสารปรับสภาพอาหาร องค์การอาหารและยาให้ความมั่นใจเป็นความปลอดภัยโดยทั่วไปเป็นส่วนผสม อาหารโดยตรงเมื่อนำมาใช้ให้สอดคล้องกับการผลิตที่ดี มันเป็นที่รู้จักกันในจำนวน E ระบบ E525 (hmong.in.th)

## 2.5 คอลลาเจน (collagen)

คอลลาเจน ( collagen ) มาจากคำภาษากรีกว่า “kólla” ซึ่งแปลว่า “กาว” ดังนั้น คอลลาเจนจึงมีคุณสมบัติในการยึดเกาะสิ่งต่างๆ เข้าไว้ด้วยกันคล้ายกาว เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในร่างกายของเรา โดยคิดเป็น 1 ใน 3 ของโปรตีนทั่วร่างกาย คอลลาเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของผิวหนัง ผม เล็บ กระดูก ข้อต่อกล้ามเนื้อ เส้นเอ็น นอกจากนั้นยังพบคอลลาเจนได้ในส่วนอื่นๆ ของร่างกาย เช่น หลอดเลือด กระดูกตา และฟัน (amway.co.th)

### 2.5.1 หน้าที่คอลลาเจน

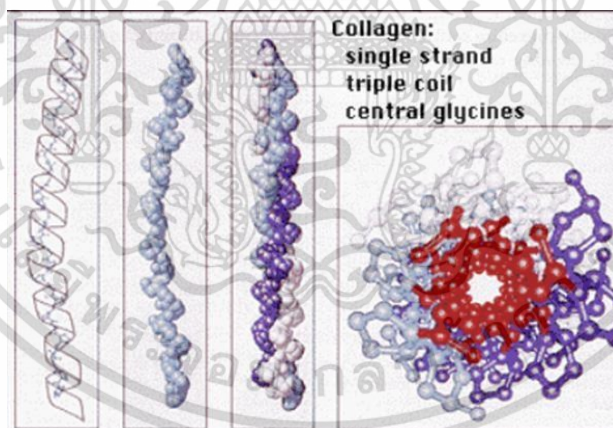
ที่ทำหน้าที่คล้ายกาวเกาะยึดส่วนต่างๆ ในร่างกาย เป็นองค์ประกอบหลักของผิวหนัง ขน เส้นผม กระดูกอ่อน ข้อต่อ หลอดเลือด กล้ามเนื้อ รวมถึงเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ทั่วร่างกาย ซึ่งร่างกายมนุษย์ทุกคน สามารถสร้างขึ้นเองได้ตามธรรมชาติ ซึ่งปกติคอลลาเจน ที่ร่างกาย ได้รับมักมาจากการทานโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ปลา ฟิช หรือผลิตภัณฑ์จากนมเข้าไปย่อยสลายจนแตกตัวและก่อตัวขึ้นใหม่ กลายเป็นเส้นใยโปรตีนหรือ คอลลาเจน ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มความยืดหยุ่นให้แก่อวัยวะต่างๆ ภายในร่างกาย คอยช่วยให้ผิวหนังมีความชุ่มชื้น ยืดหยุ่น คงความกระชับ เต่งตึง เรียบเนียน และช่วยปกป้องความแข็งแรงให้กับกระดูก อ่อน โดยร่างกายจะสามารถ ผลิตคอลลาเจนได้มากในขณะที่เรามีอายุน้อย และจะลดปริมาณการผลิตคอลลาเจนลงเมื่ออายุมากขึ้น โดยเฉพาะคนที่มีอายุมากกว่า 30 ปี ขึ้นไป

พบว่าสารสังเคราะห์คอลลาเจนจะลดลงหรือในผู้ที่มีปัจจัยบางอย่างทำให้คอลลาเจนเสื่อมสภาพหรือถูกทำลายได้ง่าย (interpharma.co.th)

### 2.5.2 องค์ประกอบและโครงสร้าง

องค์ประกอบหน่วยย่อยของคอลลาเจน คือกรดแอมิโน (amino acid) ที่เรียงต่อกันด้วยพันธะเพปไทด์ (peptide bond) เป็นสายพอลิเพปไทด์ ลำดับของกรดแอมิโนมักเป็นแบบนี้ Gly-X-Pro หรือ Gly-X-Hypro และ Gly-Pro-Hypro (Gly = ไกลซีน (glycine) Pro = โพรลีน (proline) Hypro = ไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) และ X = กรดแอมิโนชนิดอื่น) รูปแบบการจัดเรียงซ้ำๆ ทำให้เกิดเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่มีพันธะระหว่างสายที่เป็นระเบียบแข็งแรง ซึ่งไม่พบในโปรตีนรูปกลม กรดแอมิโนในโมเลกุลของโปรตีนคอลลาเจนส่วนใหญ่ เป็นกรดแอมิโนชนิดที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย คอลลาเจนจึงจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพต่ำ

คอลลาเจน มีโครงสร้างของโปรตีนเป็นโปรตีนเส้นใย (fibrous protein) สายของพอลิเพปไทด์ 3 สาย จะมารวมกันแบบ triple helix ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของคอลลาเจน เรียกว่า โทโปคอลลาเจน (topocollagen subunit) โดยแต่ละสายของพอลิเพปไทด์ ขดเป็นเกลียววนซ้าย และรวมเข้าด้วยกัน บิดเป็น เกลียวเหมือนขดลวดวนขวา โครงสร้างของมันคงแข็งแรงตัวด้วยพันธะไฮโดรเจนจำนวนมาก มีลักษณะเหมือน หลอดยาวประมาณ 300 นาโนเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นาโนเมตร (foodnetworksolution.com)



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างไกลซีน (glycine)

ไกลซีน (glycine) เป็นกรดแอมิโนที่มีขนาดเล็กที่สุด มีบทบาทเด่นในโปรตีนโครงสร้างเส้นใยคอลลาเจน glycine จะอยู่ในทุกๆ ตำแหน่งที่สามของลำดับกรด c อมิโนในสายพอลิเพปไทด์ การรวมตัวของสายเกลียวสามสาย ไกลซีนจะอยู่ด้านใน (แกน) ของสายเกลียว ส่วนวงแหวนของ Proline และ Hydroxyproline จะยื่นออกด้านนอกจากสายเกลียว (ดูรูปประกอบ) กรดแอมิโน Proline และ Hydroxyproline ช่วยให้หน่วยย่อยของโปรตีนคอลลาเจน เสถียรต่อความร้อน สายเกลียวทั้งสามสายยังเกิดพันธะโควาเลนต์พันกันไปมาระหว่างสาย และระหว่างหน่วยย่อย ด้วยกันทำให้เกิดคอลลาเจน

ชนิดต่างๆ ที่พบได้ในเนื้อเยื่อที่เจริญเต็มที่แล้วหน่วยย่อยโทโพคอลลาเจนเข้ามา รวมกันเองเป็นผืนใหญ่ขึ้น ในที่ว่างภายนอกเซลล์ของเนื้อเยื่อ สายเกลียวทั้งสามอัดกันแน่นภายใต้แรงดึงต้านทานการยืด จึงทำให้ คอลลาเจนไม่ยืดเพราะในกระดูกสายเกลียวสามเส้นที่ควบกันจะวางซ้อนกันเป็นแถว หลวมๆ ช่องว่างระหว่างปลายของหน่วยย่อยโทโพคอลลาเจนอยู่ห่างกัน 40 นาโนเมตร ซึ่งอาจทำหน้าที่เป็นใจกลาง (นิวเคลียส) สำหรับผลึกของเกลือแร่ซึ่งมีลักษณะละเอียด แข็งและยาวมาจับ ได้แก่ ผลึกไฮดรอกซีอะพาไทต์ (Ca<sub>5</sub> (PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (OH)) ที่มีฟอสเฟตอยู่ด้วย กระดูกอ่อนอาจกลายเป็นกระดูกได้ด้วยวิธีนี้ คอลลาเจนให้ความยืดหยุ่นแก่กระดูก จึงมีส่วนช่วยป้องกันกระดูกแตก (foodnetworksolution.com)

### 2.5.3 ประเภทของคอลลาเจน

คอลลาเจนที่แตกต่างกันมากกว่า 25 ชนิด แต่ละชนิดมีรหัสยีนแตกต่างกัน โดยหลักการ คอลลาเจนอาจมีได้มากกว่า 10,000 ชนิด แต่คอลลาเจน ที่พิสูจน์ทราบได้แน่นอนแล้วมีเพียง 15 ชนิด คอลลาเจนที่สำคัญ ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ได้แก่ คอลลาเจนชนิด I, II, III, V และ IX

- คอลลาเจนชนิด I เป็นคอลลาเจนหลักของผิวหนังและกระดูก มีมากที่สุดในร่างกาย (ประมาณ 90%ของคอลลาเจนในร่างกาย)
- คอลลาเจนชนิด II พบในกระดูกอ่อน
- คอลลาเจนชนิด III พบในผิวหนัง หลอดเลือด และอวัยวะภายใน
- คอลลาเจนชนิด V เป็นคอลลาเจนที่อยู่ในรูปโครงข่าย ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการสร้างพอลิเมอร์ ซึ่งทำให้เกิดเป็นชั้นปกคลุมผิวหนังด้านนอกหรือบุผิวที่เป็นโพรง (foodnetworksolution.com)

## 2.6 โพแทสเซียมซอร์เบต ( Potassium sorbet )

เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) ที่อยู่ในประเภทกรดซอร์บิก มีสูตรเคมีว่า C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>KO<sub>2</sub> เลข E-number คือ E-202 วัตถุประสงค์การใช้ คือใช้เป็นสารกันเสีย (preservative) ยับยั้งการเจริญของราและยีสต์ในอาหารหลายประเภท อาหารที่นิยมใช้ คือ เนยแข็ง (cheese) ไวน์ (wine) โยเกิร์ต (yogurt) เนื้อแห้ง น้ำส้มสายชู (foodnetworksolution.com) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ไม่เกิน 1,000 มิลลิกรัมต่อแยมหรือเยลลี่ 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัตถุดิบ

น้ำผลไม้ 4 ประเภท

- ไชร์ป หรือ S
- น้ำผลไม้เข้มข้น หรือ Fc
- ไชร์ปหญ้าหวาน หรือ St
- น้ำผลไม้

ผงบุกกลูโคแมนแนน

สารเสริมคอลลาเจน

##### 3.1.2 สารเคมี

โซเดียมอัลจีเนต ( Sodium Alginate )

แคลเซียมแลคเตท ( Calcium Lactate )

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ( KOH )

โพแทสเซียมซอร์เบต ( Potassium sorbate )

#### 3.2 อุปกรณ์

เครื่องเทอร์โมมิเตอร์ ( Thermometer )

เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน ( Hotplate and Magnetic Stirrer )

แท่งแม่เหล็กคนสาร ( Magnetic Bar )

เครื่องวัดความหนืด ( Brookfield viscometer ) Small sample adapter ( No.31,34 )

เครื่องวัดสี ( CR-400 )

เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ( texture analyzer ) ยี่ห้อ Texture Technologies รุ่น Tax2i

เครื่องปั่นเหวี่ยง ( Hi speed centrifuge ( Eppendorf , 5919 ) )

เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

กล้องสเตอริโอพร้อมชุดถ่ายภาพ ( Stereo microscope with camera ( minolta ) )

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ระบบอัตโนมัติ ( Autoclave ) ยี่ห้อ Hirayama รุ่น HVA-85

กระบอกฉีดยา ( Syringe ) ขนาด 10 mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บีกเกอร์ ( Beaker ) 300 มิลลิลิตร และ 1000 มิลลิลิตร

### 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

#### 3.3.1 การศึกษาปริมาณผงบุกที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเม็ดบุกป๊อป

ใช้สารให้ความคงตัว 3 ชนิดในการผลิต ได้แก่ ผงบุกกลูโคแมนแนน โซเดียมอัลจิเนตและแคลเซียมแลคเตท โดยเตรียมน้ำผลไม้และไซรัป จากนั้นน้ำผลไม้และไซรัปผสมกับแปรผันปริมาณผงบุกกลูโคแมนแนน (0.5,0.6,0.7, 1 % w/v) นำไปให้ความร้อนอุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส แปรผันปริมาณแคลเซียมแลคเตท (1 % w/v แปรผันอัตราส่วนการผสมผงบุกกับแคลเซียมแลคเตท (1% ) ที่อัตราส่วน 0.5:1 , 0.6:1 ,0.7:1 และ 1:1 ที่ใช้ตั้งเม็ดบุกป๊อป หยดสารผสมต่างๆ ข้างต้นโดยใช้ไซริงค์หยดลงในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต (0.5%w/v) นำเม็ดบุกป๊อปที่ฟอร์มตัวเรียบร้อยแล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำไปแช่ในแคลเซียมแลคเตท 1 %w/v เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่าปริมาณผงบุกที่ 0.5, 0.6, 0.7% และ 1% มีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 3.1 ลักษณะปรากฏของน้ำผลไม้ที่เติมปริมาณผงบุกที่ (0.5, 0.6, 0.7 และ 1%) ตามลำดับ

พบว่าปริมาณการเติมผงบุกที่ 0.5% ไม่ฟอร์มตัวเป็นเม็ดบุกป๊อปแต่ 0.6 และ 0.7% มีการฟอร์มตัวเป็นเม็ดบุกป๊อป แต่ปริมาณที่ 0.7 มีความหนืดที่สูงเกินไปจึงทำให้ตัวเม็ดบุกป๊อปที่ได้มีลักษณะที่ไม่สมบูรณ์และที่ปริมาณ 1% น้ำผลไม้ฟอร์มตัวเป็นเจลจนไม่สามารถนำมาขึ้นรูปเป็นเม็ดบุกป๊อปได้

ดังนั้นปริมาณผงบุกที่เหมาะสมกับน้ำผลไม้คือ 0.6% เนื่องจากมีลักษณะของเม็ดบุกป๊อปที่สมบูรณ์ดังรูป

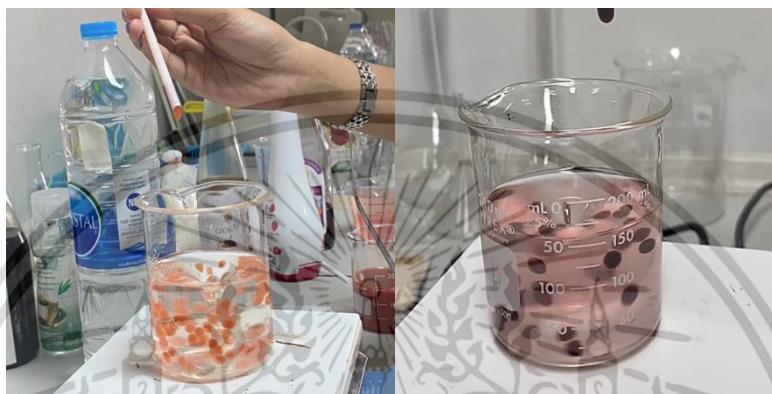


ภาพที่ 3.2 ลักษณะปรากฏของไซรัปที่เติมปริมาณผงบุกที่ 0.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ...  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าปริมาณการเติมผงบุกที่ 0.5% มีลักษณะเม็ดบุกที่สมบูรณ์ดังรูปที่ เนื่องจากปริมาณผงบุกที่ 0.6%, 0.7% และ 1% ไชร์ปฟอร์มตัวเป็นเจลแข็งจนไม่สามารถนำมาขึ้นรูปเม็ดบุกป๊อปได้ ดังนั้นปริมาณผงบุกที่เหมาะสมกับไชร์ปจึงเป็น 0.5%

จากนั้นจึงนำปริมาณผงบุก 0.5% และ 0.6% มาเติมในผลิตภัณฑ์น้ำต่างๆ (น้ำผลไม้เข้มข้น, ไชร์ปหญ้าหวานกลิ่นโคล่า ) ซึ่งน้ำที่เลือกใช้มีความความหนืดใกล้เคียงกับไชร์ปจึงเลือกใช้ปริมาณผงบุก 0.5 % เม็ดบุกป๊อปที่ได้มีลักษณะดังนี้



ภาพที่ 3.3 ลักษณะปรากฏของน้ำผลไม้เข้มข้น ( Fc ), ไชร์ปหญ้าหวานกลิ่นโคล่า ( St ) เติมผงบุก 0.5%

เม็ดบุกป๊อปที่ได้กลมสมบูรณ์ดังภาพที่ ดังนั้นจึงเลือกใช้ปริมาณผงบุกที่ 0.5% กับไชร์ป, น้ำผลไม้เข้มข้น, ไชร์ปหญ้าหวานกลิ่นโคล่ามาวิเคราะห์ในขั้นตอนอื่นๆต่อไป

### 3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

#### 3.3.2.1 ร้อยละการผลิตที่ได้ (% Yield )

ทำการสุ่มเม็ดบุกป๊อปจำนวน 100 เม็ด จากส่วนผสม 100 มิลลิลิตร แล้วนำมานับจำนวนเม็ดที่สมบูรณ์ที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในการพิจารณาการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านการค้า  
ภาพที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการพิจารณาการป๊อปที่สมบูรณ์ในการวิเคราะห์ค่าร้อยละการผลิต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2.2 ความหนืด

นำรสชาติต่างๆที่เติมส่วนผสมแล้วนำไปวัดความหนืด ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer) ชุด Small sample adapter ใช้หัววัด No.31 และ No.34 โดยใส่ตัวอย่าง 15 mL จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดลองจากค่า % torque ที่ 85-100% แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน



ภาพที่ 3.5 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer)

3.3.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยไม่มีการเติมสารกันเสีย

3.3.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่า และแคลเซียมแลคเตท

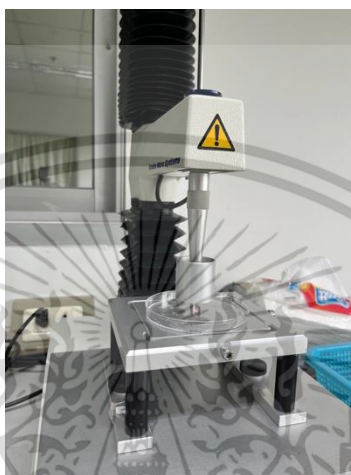
3.3.3.1.1 ขนาดของเม็ดบุกป๊อป

นำเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและในแคลเซียมแลคเตท มาวัดขนาดด้วยกล้องสเตอริโอพร้อมชุดถ่าย (Stereo microscope with camera (minolita)) และเปรียบเทียบขนาดเม็ดบุกป๊อปในวันที่ 0 3 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3.1.2 ความแข็งของเม็ดบุกป๊อป ( Hardness )

ความแข็งของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและในแคลเซียมแลคเตทจะถูกวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ( Texture analyzer ) หัววัด P.35 กำหนดค่า pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s , trigger force 5 g, 95 % strain ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในวันที่ 0 ,3 และ 7 จากนั้นนำกราฟความแข็งของเม็ดบุกป๊อปไปเปรียบเทียบกัน



ภาพที่ 3.6 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

### 3.3.3.1.3 การแยกตัวของน้ำ ( Synergensis )

นำเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและแคลเซียมแลคเตท มาปั่นเหวี่ยงโดยเครื่องปั่นเหวี่ยง ( Hi speed centrifuge (Eppendorf 5910)) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยชั่งน้ำหนักเม็ดบุกป๊อปก่อนถูกปั่นเหวี่ยง เปรียบเทียบกับหลังถูกปั่นเหวี่ยงที่ 5,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิขณะปั่นเหวี่ยง 4 องศาเซลเซียส โดยหลังเม็ดบุกป๊อปที่ถูกปั่นเหวี่ยงแล้วจะนำมาชั่งน้ำโดยวางบนตะแกรงซีที และชั่งน้ำหนักหลังถูกปั่นเหวี่ยงโดยไม่คือน้ำหนักน้ำส่วนเกินที่ถูกแยกออกมาจากเม็ดบุกป๊อป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในวันที่ 0,3 และ 7 นำผลที่ได้ไปคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การแยกตัวของน้ำดังนี้

$$\text{Syneresis} = \frac{(\text{น้ำหนักเม็ดบุกก่อนปั่นเหวี่ยง} - \text{น้ำหนักเม็ดบุกหลังปั่นเหวี่ยง}) \times 100}{\text{น้ำหนักเม็ดบุกก่อนปั่นเหวี่ยง}}$$

### 3.3.3.1.4 การวิเคราะห์ค่าสี

วัดค่าสีของเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและในแคลเซียมแลคเตท ด้วยเครื่องวัดสี CR-400 โดยบันทึกค่าความสว่าง (L\*) , ค่าสีแดง (a\*) , และค่าสีเหลือง (b\*) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในวันที่ 0 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3.1.5 การฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำแรงดันสูง ( Autoclave )

นำเม็ดยุกบที่เก็บรักษาในแคลเซียมแลคเตทในวันที่ 7 ใส่ในหลอดการทดลอง โดยแบ่งเป็น 3 หลอดการทดลอง หลอดที่ 1 เม็ดยุกบที่มีการเติมน้ำแคลเซียมแลคเตท หลอดที่ 2 เม็ดยุกบที่มีการเติมน้ำเปล่า หลอดที่ 3 เม็ดยุกบที่ไม่มีการเติมของเหลว โดยใช้เครื่อง Autoclave ใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางเมตร เป็นเวลา 15 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

### 3.3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

#### 3.3.3.2.1 วัดค่า pH

เม็ดยุกบที่เก็บรักษาในแคลเซียมแลคเตทที่ถูกปั่นเหวี่ยงแล้ว นำมาวัดค่า pH โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในวันที่ 0 , 3 และ 7 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษา

### 3.3.4 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยมีการเติมสารกันเสีย

#### 3.3.4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดยุกบที่เก็บรักษาในน้ำเปล่า และแคลเซียมแลคเตท

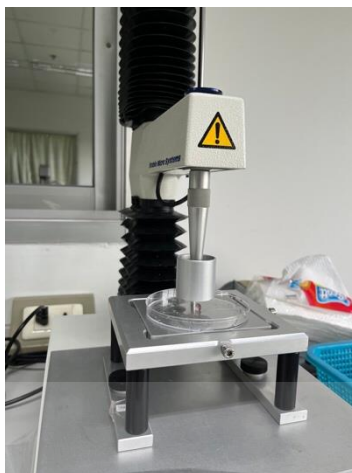
##### 3.3.4.1.1 ขนาดของเม็ดยุกบ

นำเม็ดยุกบที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและในแคลเซียมแลคเตท มาวัดขนาดด้วยกล้องสเตอริโอพร้อมชุดถ่าย (Stereo microscope with camera (minolita)) และเปรียบเทียบขนาดเม็ดยุกบในวันที่ 0 3 และ 7

##### 3.3.4.1.2 ความแข็งของเม็ดยุกบ ( Hardness )

ความแข็งของเม็ดยุกบที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและในแคลเซียมแลคเตทจะถูกวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส ( Texture analyzer ) หัววัด P.35 กำหนดค่า pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 10.0 mm/s , trigger force 5 g, 95 % strain ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ในวันที่ 0 , 3 และ 7 จากนั้นนำกราฟความแข็งของเม็ดยุกบไปเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer)

#### 3.3.4.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

นำเม็ดบุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่าและมีการเติมสารกันเสียมาทำการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยใช้เกณฑ์การประเมินการยอมรับด้านขนาด กลิ่น ความใส เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปากและความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 40 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปเม็ดบุงบูป

##### 4.1.1 ร้อยละการผลิต

ตารางที่ 4.1.1 ร้อยละการผลิตต่อปริมาตร 100 mL.

ผลิตภัณฑ์	%การผลิต/ 100 mL.
ไซรัป	84 <sup>B</sup>
น้ำไม่เข้มข้น	72 <sup>C</sup>
ไซรัปหญ้าหวาน	89 <sup>A</sup>

จากผลการวิเคราะห์ร้อยละการผลิตจะเห็นได้ว่าไซรัปหญ้าหวาน มีร้อยละการผลิตสูงสุดคือ 89% รองลงมาคือไซรัป และผลิตภัณฑ์ที่มีค่าร้อยละการผลิตต่ำที่สุดคือน้ำผลไม้เข้มข้น โดยมีค่าร้อยละการผลิตดังนี้ 84%, 72% ตามลำดับ โดยมีค่าแตกต่างกันทางสถิติดังตารางที่ 4.1.1

##### 4.1.2 ความหนืด (Viscosity)

ตารางที่ 4.1.2 ค่าการวิเคราะห์ความหนืด

ผลิตภัณฑ์	ค่าความหนืด (cPs.)
ไซรัป	548 <sup>B</sup>
น้ำไม่เข้มข้น	600 <sup>A</sup>
ไซรัปหญ้าหวาน	534 <sup>C</sup>

จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนืดพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติดังตารางที่ 4.1.2 ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนืดสูงสุดคือ น้ำผลไม้เข้มข้น โดยมีค่าความหนืดที่ 600 cPs. ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดรองลงมาคือ ไซรัปหญ้าหวาน มีค่าความหนืดอยู่ที่ 548 cPs. และ ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความหนืดต่ำที่สุดคือ ไซรัป โดยมีค่าความหนืดอยู่ที่ 534 cPs.

จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการขึ้นรูปเม็ดบุงบูปคือค่าความหนืดสังเกตจากร้อยละการผลิตและค่าความหนืด จะพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 มีร้อยละการผลิตและค่าความหนืดแปรผกผันกัน

ดังนั้นค่าความหนืดที่ดีที่สุดจะอยู่ที่ 534 cPs. เนื่องจากมีร้อยละการผลิตที่สูงที่สุดคือ 89 ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวคือ ไซรัปหญ้าหวาน

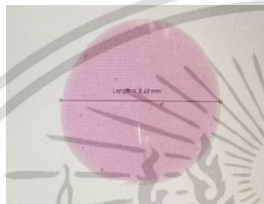








ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังการผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยไม่มีการเติมสารกันเสีย

### 4.2.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดยุกป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่า

#### 4.2.1.1 ขนาดของเม็ดยุกป๊อป (Size)

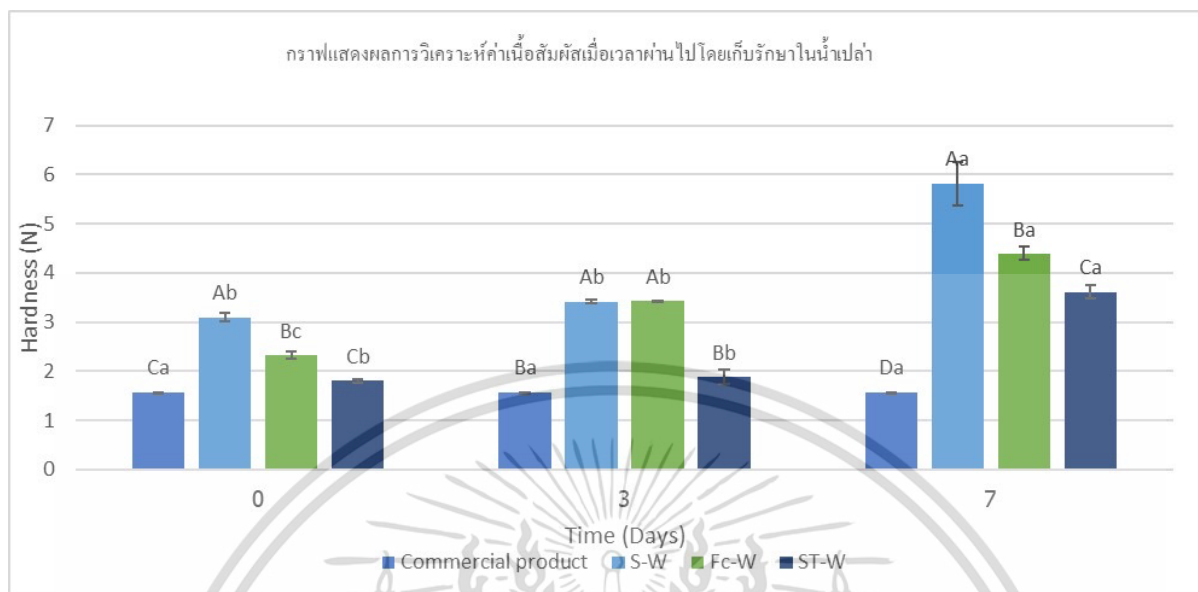
ตารางที่ 4.2.1.1 ขนาดของเม็ดยุกป๊อป

ผลิตภัณฑ์	ขนาด (มม.)		
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 7
ไซร์ป	 ขนาด = 8.49 มม.	 ขนาด = 8.45 มม.	 ขนาด = 8.53 มม.
น้ำผลไม้เข้มข้น	 ขนาด = 8.64 มม.	 ขนาด = 8.51 มม.	 ขนาด = 8.78 มม.
ไซร์ปหญ้าหวาน	 ขนาด = 8.55 มม.	 ขนาด = 8.59 มม.	 ขนาด = 8.61 มม.

จากผลการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดยุกป๊อปพบว่าขนาดของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ น้ำผลไม้เข้มข้น ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ ไซร์ป และเมื่อเก็บรักษาในเวลาที่เปลี่ยนไปไม่ส่งผลให้ขนาดของเม็ดป๊อปเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.2 ค่าเนื้อสัมผัสของเมล็ดบุกป๊อป (Texture)



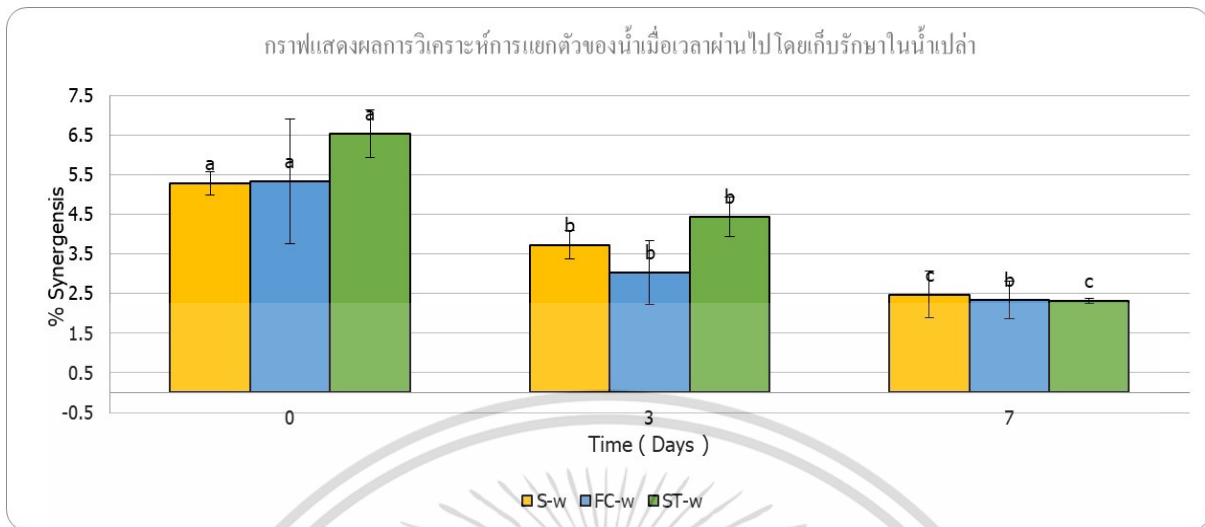
S-w = ไชร์ปที่แช่ในน้ำ, FC-w = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่ในน้ำ, ST-w = ไชร์ปหญ้าหวานที่แช่ในน้ำ  
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ (A-C) แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแต่ละผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาเดียวกัน  
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-c) แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในน้ำเปล่า

จากผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสพบว่า การเก็บรักษาในน้ำเปล่าที่ช่วงเวลาเดียวกันแต่ละผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง (Hardness) ที่ต่างกัน โดย ไชร์ปมีความแข็งมากที่สุด และ ไชร์ปหญ้าหวานมีความแข็งน้อยที่สุด และเมื่อเก็บรักษาในเวลาที่ผ่านไป 7 วัน พบว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มค่าความแข็งที่สูงขึ้น โดย ไชร์ป และ ไชร์ปหญ้าหวาน ค่าความแข็งในวันที่ 0-3 ไม่มีความเปลี่ยนแปลง แต่วันที่ 3-7 มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ส่วนน้ำผลไม้เข้มข้น มีค่าความแข็งสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 0-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.1.3 ค่าการแยกตัวของน้ำ ( Synergensis )



S-w = ไช้รับที่แช่ในน้ำ, FC-w = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่ในน้ำ, ST-w = ไช้รับหญ้าหวานที่แช่ในน้ำ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-c) แสดงการเปรียบเทียบผลผลิตกันเดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำเมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในน้ำ

จากกราฟผลการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำ จะเห็นได้ว่าในแต่ละผลิตภัณฑ์มีการแยกตัวของน้ำออกมาในปริมาณที่น้อยลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการกักเก็บน้ำในเม็ดบุงป๊อปได้ดีที่สุดเมื่อเวลาผ่านไปคือ ไช้รับหญ้าหวาน กล่าวคือเมื่อเวลาผ่านไป ไช้รับหญ้าหวานมีผนังที่แข็งแรงขึ้นเมื่อแช่ในน้ำ ทำให้สามารถกักเก็บน้ำภายในเม็ดบุงป๊อปได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.1.4 การวิเคราะห์ค่าสี ( Color measurement )

ตารางที่ 4.2.1.4 ค่าการวัดสีของแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไปผ่านโดยเก็บรักษาในน้ำ

ผลิตภัณฑ์	CIE	Day 0	Day 3	Day 7
S-w	L*	28.9700±0.9295 <sup>a</sup>	27.7367±0.3464 <sup>a</sup>	27.7067±1.1173 <sup>a</sup>
	a*	23.6333±0.1680 <sup>a</sup>	21.7367±0.6025 <sup>b</sup>	23.7833±1.1636 <sup>a</sup>
	b*	0.6300±0.1300 <sup>a</sup>	0.4900±0.2685 <sup>a</sup>	0.6333±0.3233 <sup>a</sup>
FC-w	L*	33.6367±1.3482 <sup>a</sup>	32.6900±0.2512 <sup>a</sup>	29.5533±0.6715 <sup>b</sup>
	a*	12.9667±0.6310 <sup>a</sup>	13.0700±0.5565 <sup>a</sup>	13.4500±2.5021 <sup>a</sup>
	b*	9.6300±0.1300 <sup>a</sup>	10.4900±0.2685 <sup>a</sup>	10.3000±1.1537 <sup>a</sup>
ST-w	L*	13.5533±0.8057 <sup>a</sup>	13.5567±0.4944 <sup>a</sup>	13.1067±0.7642 <sup>a</sup>
	a*	4.3000±1.6955 <sup>a</sup>	4.0700±1.5230 <sup>a</sup>	5.7833±1.1636 <sup>a</sup>
	b*	1.6300±0.1300 <sup>a</sup>	2.1567±0.8033 <sup>a</sup>	1.6333±0.3233 <sup>a</sup>

S-w = โซรปที่แช่ในน้ำ, FC-w = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่ในน้ำ, ST-w = โซรปหญ้าหวานที่แช่ในน้ำ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก a และ b แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

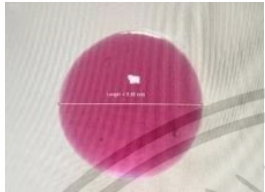
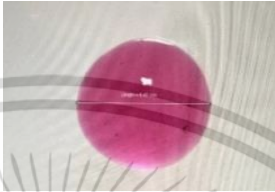
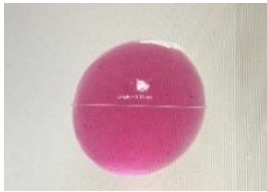



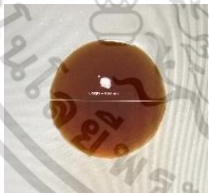
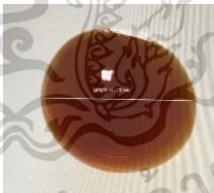
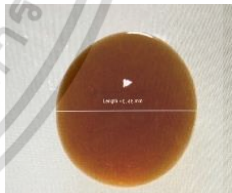
จากการวิเคราะห์ค่าสีระบบ L\* , a\* และ b\* โดยใช้เครื่อง CR-400 ซึ่ง L\* แสดงความสว่างของสี โดย 0 คือสีดำ 100 คือสีขาว a\* แสดงระดับสีจากสีเขียว (-a\*) จนถึง สีแดง (+a\*) และ b\* แสดงระดับสีจากสีน้ำเงิน (-b) จนถึงสีเหลือง (+b\*) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยโปรแกรม spss พบว่า L\* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติของตัวอย่าง S-W , ST-W แต่ FC-W ที่เก็บรักษาจนถึงวันที่ 3 จะมีค่าความสว่างลดลงที่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 เล็กน้อย a\* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติของตัวอย่าง FC-W, ST-W แต่ S-W ที่เก็บรักษาจนถึงวันที่ 3 จะมีค่าลดลงที่แตกต่างกันทางสถิติแต่มีค่าเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 เล็กน้อย b\* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติของตัวอย่าง S-W , FC-W และ ST-W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุงป๊อปที่เก็บรักษาในแคลเซียมแลคเตท

## 4.2.2.1 ขนาดของเม็ดบุงป๊อป (Size)

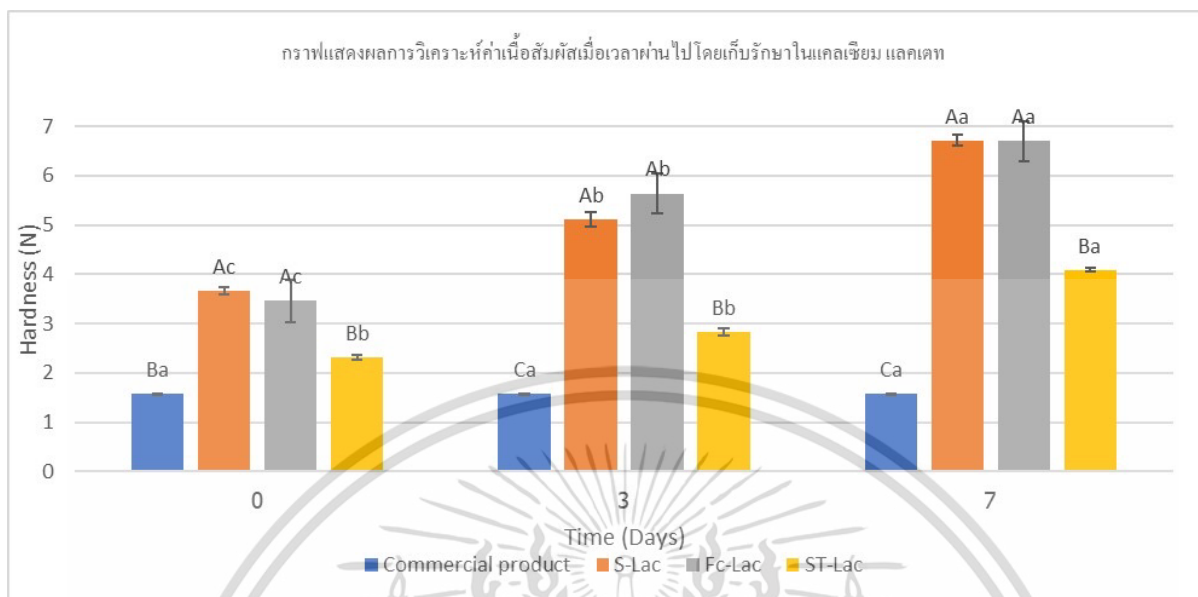
ตารางที่ 4.2.2.1 ขนาดของเม็ดบุงป๊อป (Size)

ผลิตภัณฑ์	ขนาด (มม.)		
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 7
ไซร์ป	 Size = 8.59 mm	 Size = 8.48 mm	 Size = 8.38 mm
น้ำผลไม้เข้มข้น	 Size = 8.43 mm	 Size = 8.67 mm	 Size = 8.65 mm
ไซร์ปหญ้าหวาน	 Size = 8.66 mm	 Size = 8.63 mm	 Size = 8.48 mm

จากผลการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดบุงป๊อปพบว่าขนาดของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ ไซร์ปหญ้าหวาน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ น้ำผลไม้เข้มข้น และเมื่อเก็บรักษาในเวลาที่เปลี่ยนไปไม่ส่งผลให้ขนาดของเม็ดบุงป๊อปเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของเม็ดบุกป๊อป (Texture)



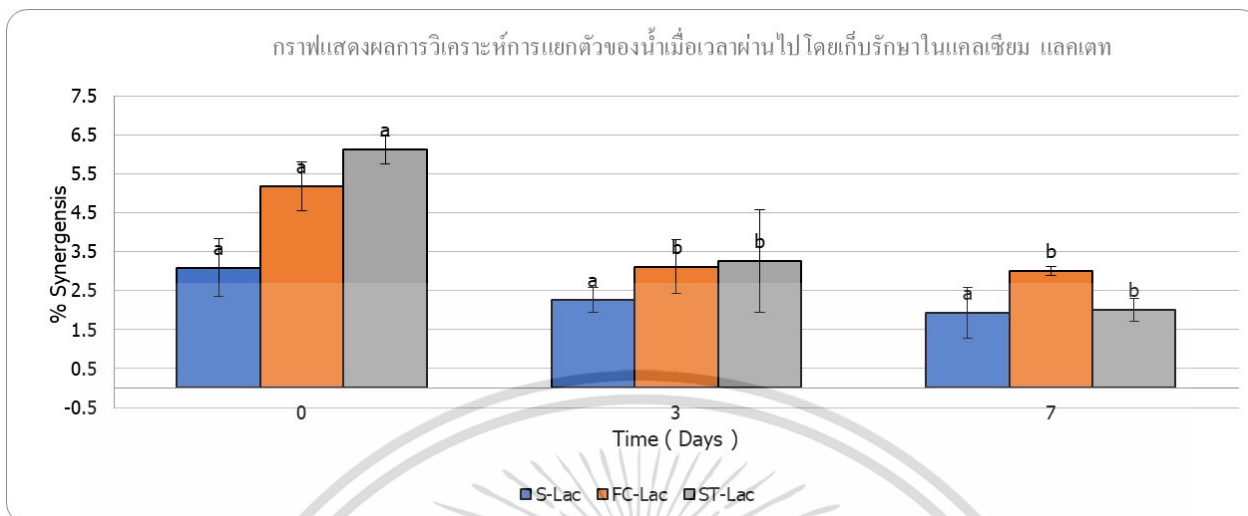
S-Lac = โซลที่แช่ในแคลเซียม แลคเตท , FC-Lac = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่ในแคลเซียม แลคเตท, ST-Lac=โซลที่นำหวานที่แช่ในแคลเซียม แลคเตท  
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ (A-C) แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแต่ละผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาเดียวกัน  
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-c) แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสเมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตท

จากผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสพบว่า การเก็บรักษาในแคลเซียมแลคเตทที่ช่วงเวลาเดียวกันแต่ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง (Hardness) ดังนี้ โดยโซลและน้ำผลไม้เข้มข้นมีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน แต่โซลที่นำหวานมีค่าความแข็งน้อยที่สุดและมีค่าแตกต่างกับโซลและน้ำผลไม้เข้มข้น เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน พบว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มค่าความแข็งที่สูงขึ้น โดยโซล และ น้ำผลไม้เข้มข้น มีค่าความแข็งสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 7 แต่โซลที่นำหวานเมื่อเก็บรักษาในช่วงเวลา 0-3 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ในช่วงเวลา 3-7 วัน มีค่าความแข็งที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.3 การวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำ ( Synergensis )



S-Lac = ไชร์ปที่แช่ในแคลเซียม แลคเตท , FC-Lac = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่ในแคลเซียม แลคเตท, ST-Lac = ไชร์ปหญ้าหวานที่แช่ในแคลเซียม แลคเตท  
ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก a และ b แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำเมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตท

จากกราฟแสดงผลการวิเคราะห์การแยกตัวของน้ำที่เก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตทเมื่อเวลาผ่านไป จะเห็นได้ว่า ไชร์ป มีค่าการแยกตัวของน้ำต่ำที่สุดและเมื่อเวลาผ่านไปคือ วันที่ 3 และ 7 พบว่าปริมาณน้ำที่ออกมาจากเม็ดบุกป๊อปมีค่าไม่แตกต่างกันจากวันที่ 0 และผลิตภัณฑ์อีก 2 ผลิตภัณฑ์คือ น้ำผลไม้เข้มข้นและ ไชร์ปหญ้าหวาน พบว่ามีค่าการแยกตัวของน้ำที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปกล่าวคือในวันที่ 3 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2.2.4 การวิเคราะห์ค่าสี ( Color measurement )

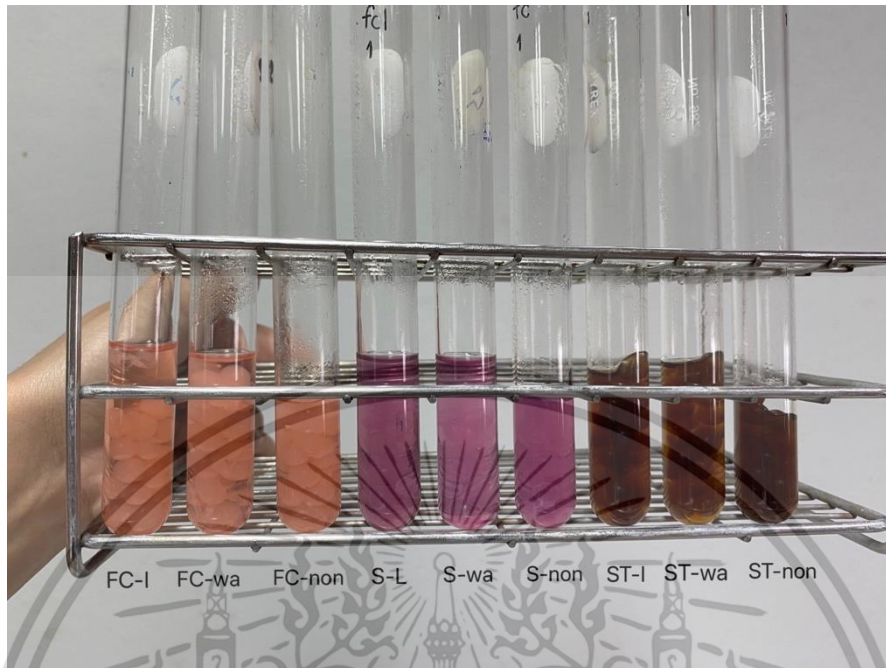
ตารางที่ 4.2.2.4 ค่าการวัดสีของแต่ละผลิตภัณฑ์เมื่อเวลาผ่านไปผ่านโดยเก็บรักษาในแคลเซียม แคลเซียม

ผลิตภัณฑ์	CIE	Day 0	Day 3	Day 7
S-lac	L*	27.9033±0.6753 <sup>a</sup>	28.2670±0.64501 <sup>a</sup>	27.9533±0.5078 <sup>a</sup>
	a*	22.5700±0.10485 <sup>a</sup>	22.8500±0.9248 <sup>a</sup>	21.9500±0.0608 <sup>a</sup>
	b*	0.7000±0.1571 <sup>a</sup>	0.6267±0.2486 <sup>a</sup>	0.5167±0.1594 <sup>a</sup>
FC-lac	L*	32.9500±0.0519 <sup>b</sup>	33.5000±0.5700 <sup>ab</sup>	33.8133±0.1250 <sup>a</sup>
	a*	12.8100±0.2211 <sup>a</sup>	12.5500±0.39883 <sup>a</sup>	11.4000±0.51643 <sup>b</sup>
	b*	9.1333±0.9636 <sup>a</sup>	9.3067±0.5021 <sup>a</sup>	9.1500±0.83144 <sup>a</sup>
ST-lac	L*	12.5000±0.4635 <sup>b</sup>	13.2833±0.5253 <sup>ab</sup>	13.8133±0.1250 <sup>a</sup>
	a*	5.7733±0.2836 <sup>a</sup>	6.4700±0.4590 <sup>a</sup>	6.4833±0.4626 <sup>a</sup>
	b*	1.4667±0.4675 <sup>a</sup>	0.9167±0.2193 <sup>a</sup>	1.6167±0.5532 <sup>a</sup>

จากการวิเคราะห์ค่าสีระบบ L\* , a\* และ b\* โดยใช้เครื่อง CR-400 ซึ่ง L\* แสดงความสว่างของสี โดย 0 คือสีดำ 100 คือสีขาว a\* แสดงระดับสีจากสีเขียว (-a\*) จนถึง สีแดง (+a\*) และ b\* แสดงระดับสีจากสีน้ำเงิน (-b) จนถึงสีเหลือง (+b\*) เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) โดยโปรแกรม spss พบว่าผลิตภัณฑ์ S-lac มีค่า L\* , a\* และ b\* ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเวลาผ่านไป ผลิตภัณฑ์ FC-lac มีค่าความสว่าง L\* เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปและมีค่า a\* ลดลงในวันที่ 7 แต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของค่า b\* และผลิตภัณฑ์ไซรัปหญ้าหวานมีค่า L\* เพิ่มขึ้นในวันที่ 3 และ 7 แต่ค่า a\* และ b\* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติ กล่าวคือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีจากวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2.5 การฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำและแรงดันสูง (Autoclave)



FC-l = น้ำผลไม้เข้มข้นที่มีการเติมแคลเซียม แลคเตท, FC-wa = น้ำผลไม้เข้มข้นที่มีการเติมน้ำ, FC-non = น้ำผลไม้เข้มข้นไม่มีการเติมของเหลว  
 S-l = โยิร์ตที่มีการเติมแคลเซียม แลคเตท, S-wa = โยิร์ตที่มีการเติมน้ำ, S-non = โยิร์ตที่มีการเติมของเหลว  
 ST-l = โยิร์ตหวานที่มีการเติมแคลเซียม แลคเตท, ST-wa = โยิร์ตหวานที่มีการเติมน้ำ, ST-non = โยิร์ตหวานไม่มีการเติมของเหลว

ภาพที่ 4.5 เม็ดบุกป๊อปแต่ละผลิตภัณฑ์หลังจากการไปฆ่าเชื้อด้วยไอร้อนและแรงดันสูง (Autoclave)



ภาพที่ 4.6 ลักษณะของเม็ดบุกป๊อปก่อน-หลังจากการนำไปฆ่าเชื้อด้วยไอร้อนและแรงดันสูง (Autoclave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการนำเม็ดบุกป๊อปแต่ละผลิตภัณฑ์ไปฆ่าเชื้อด้วยไอร้อนและแรงดันสูง (Autoclave) จะพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีลักษณะที่เหนียวข้น มีขนาดที่เล็กลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มีการฆ่าเชื้อดัง ภาพที่ 4.6

ดังนั้นการฆ่าเชื้อด้วยไอร้อนและความดันสูง (Autoclave) เป็นวิธีที่ยังไม่เหมาะสมกับการนำมาฆ่าเชื้อเม็ดบุกป๊อป เนื่องจากวิธีนี้เปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของเม็ดบุกป๊อปให้มีลักษณะที่มีผนังเหนียวข้น และมีขนาดเล็กลง ซึ่งอาจทำให้เม็ดบุกป๊อปไม่สามารถเก็บกักน้ำด้านในไว้ได้

#### 4.2.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเม็ดบุกป๊อป

##### 4.2.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ตารางที่ 4.2.3.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลิตภัณฑ์	pH
ไซรัป	3.87 <sup>A</sup>
น้ำผลไม้เข้มข้น	3.79 <sup>A</sup>
ไซรัปหญ้าหวาน	4.23 <sup>A</sup>

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง จะพบว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่า pH ต่ำ ซึ่งแสดงถึงความเป็นกรดสูง โดยค่า pH ที่ต่ำกว่า 4.2 จะช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ ดังนั้น pH จึงมีผลต่ออายุการเก็บรักษาต่อตัวผลิตภัณฑ์เม็ดบุกป๊อป


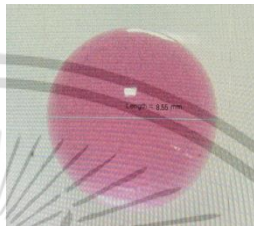
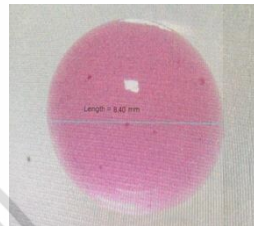
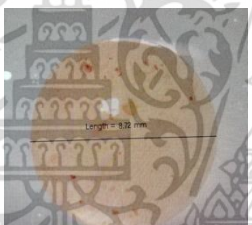
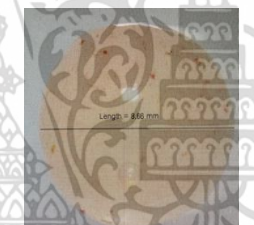
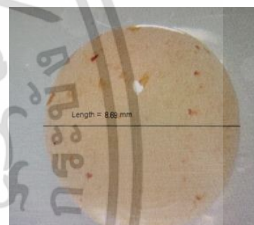


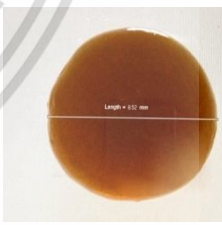
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ภายหลังจากการผลิตและการศึกษาอายุการเก็บรักษาโดยเติมสารกันเสีย

#### 4.3.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุงป๊อปที่เก็บรักษาในน้ำเปล่า

##### 4.3.1.1 ขนาดของเม็ดบุงป๊อป (Size)

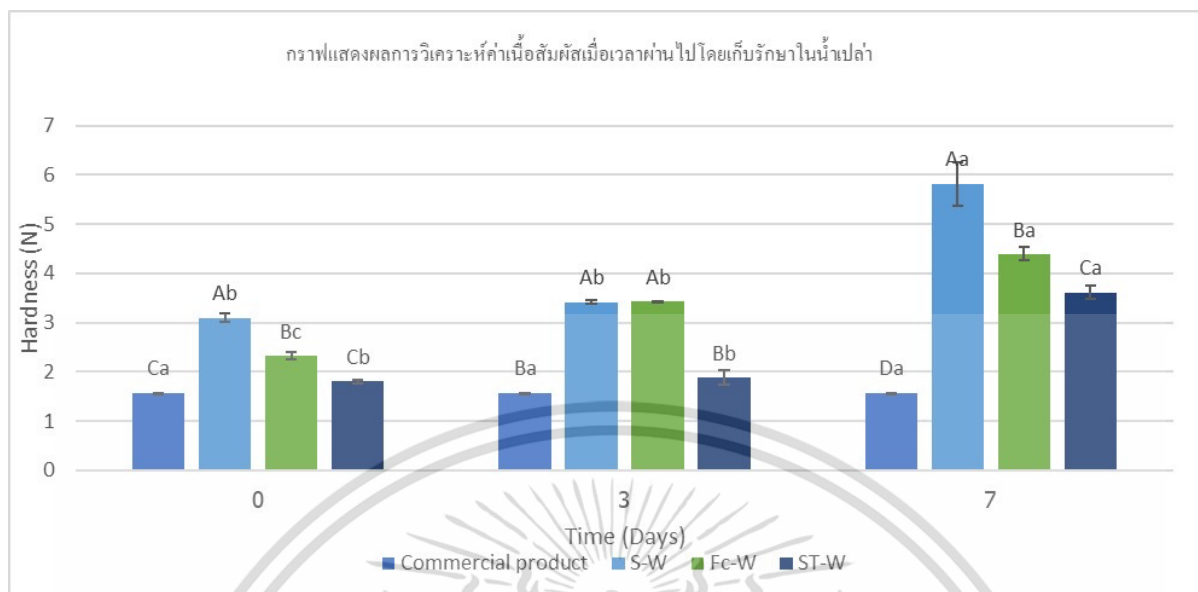
ตารางที่ 4.3.1.1 ขนาดของเม็ดบุงป๊อป

ผลิตภัณฑ์	ขนาด (มม.)		
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 7
ไซร์ป	 ขนาด = 8.51 มม.	 ขนาด = 8.40 มม.	 ขนาด = 8.55 มม.
น้ำผลไม้เข้มข้น	 ขนาด = 8.72 มม.	 ขนาด = 8.66 มม.	 ขนาด = 8.69 มม.
ไซร์ปหญ้าหวาน	 ขนาด = 8.61 มม.	 ขนาด = 8.54 มม.	 ขนาด = 8.52 มม.

จากผลการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดบุงป๊อปพบว่าขนาดของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ ไซร์ปหญ้าหวาน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ น้ำผลไม้เข้มข้น เมื่อเก็บรักษาในเวลาที่เปลี่ยนไปรวมถึงการเติมสารกันเสีย (Potassium Sorbate) ไม่ส่งผลให้ขนาดของเม็ดบุงป๊อปเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.1.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของเมล็ดบุกป๊อป (Texture)



S-w = ไซรัปที่แช่น้ำ, FC-w = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่น้ำ, ST-w = ไซรัปหญ้าหวานที่แช่น้ำ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ (A-C) แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแต่ละผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาเดียวกัน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-c) แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสที่เติมสารกันเสียเมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในน้ำเปล่า










จากผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสที่เติมสารกันเสียพบว่าการเก็บรักษาในน้ำเปล่าที่ช่วงเวลาเดียวกันแต่ผลิตภัณฑ์มีค่าความแข็ง (Hardness) ที่ต่างกัน โดย ไซรัปมีความแข็งมากที่สุด และไซรัปหญ้าหวานมีความแข็งน้อยที่สุด และเมื่อเก็บรักษาในเวลาที่ผ่านไป 7 วัน พบว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มค่าความแข็งที่สูงขึ้น โดย ไซรัปและไซรัปหญ้าหวาน มีค่าความแข็งในวันที่ 0-3 ไม่มีความเปลี่ยนแปลง แต่วันที่ 7 มีค่าเปลี่ยนแปลงไป ส่วนน้ำผลไม้เข้มข้น มีค่าความแข็งสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 0-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเม็ดบุงป๊อปที่เก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตท

## 4.3.2.1 ขนาดของเม็ดบุงป๊อป (Size)

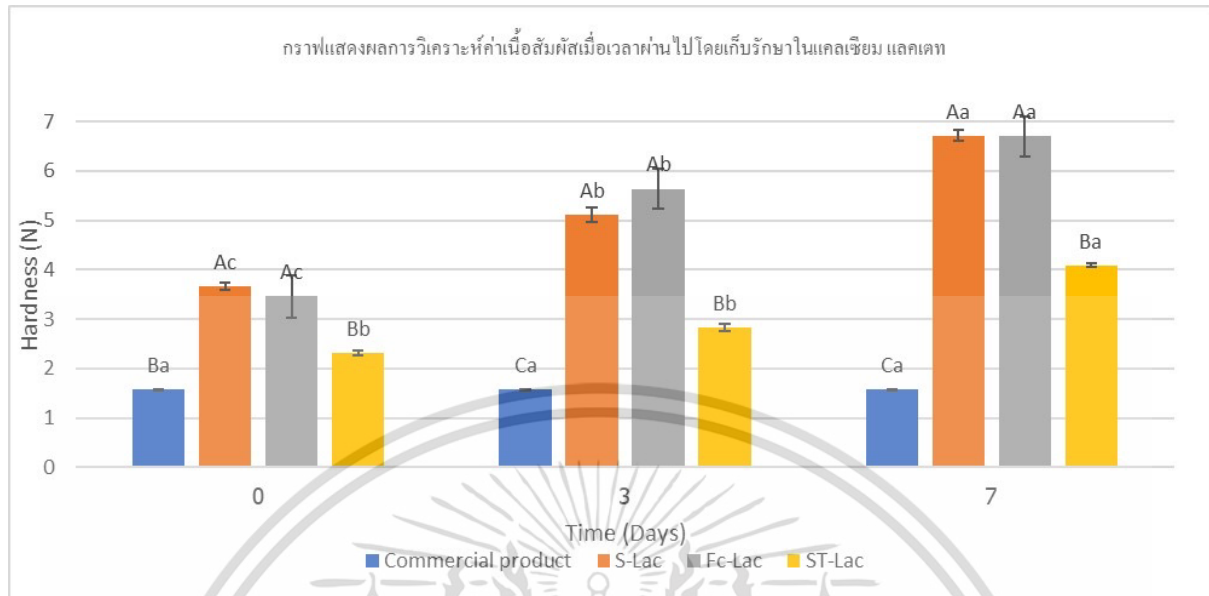
ตารางที่ 4.3.2.1 ขนาดของเม็ดบุงป๊อป

ผลิตภัณฑ์	ขนาด (มม.)		
	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 7
ไซร์ป	 ขนาด = 8.49 มม.	 ขนาด = 8.41 มม.	 ขนาด = 8.48 มม.
น้ำผลไม้เข้มข้น	 ขนาด = 8.67 มม.	 ขนาด = 8.59 มม.	 ขนาด = 8.74 มม.
ไซร์ปหญ้าหวาน	 ขนาด = 8.54 มม.	 ขนาด = 8.57 มม.	 ขนาด = 8.60 มม.

จากผลการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดบุงป๊อปพบว่าขนาดของทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งมีขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร โดยผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ ไซร์ปหญ้าหวาน ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กที่สุดคือ น้ำผลไม้เข้มข้น เมื่อเก็บรักษาในเวลาที่เปลี่ยนไปรวมถึงการเติมสารกันเสีย (Potassium Sorbate) ไม่ส่งผลให้ขนาดของเม็ดบุงป๊อปเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3.2.2 การวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสของเมล็ดบุกป๊อป (Texture)



S-w = ไชร์ปที่แช่ในน้ำ, FC-w = น้ำผลไม้เข้มข้นที่แช่ในน้ำ, ST-w = ไชร์ปหญาหวานที่แช่ในน้ำ  
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ (A-C) แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแต่ละผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาเดียวกัน  
 ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-c) แสดงการเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ละช่วงเวลาในการเก็บรักษา

ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสที่เติมสารกันเสียเมื่อเวลาผ่านไปโดยเก็บรักษาในแคลเซียม แลคเตท

จากผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสที่เติมสารกันเสียที่เก็บรักษาในแคลเซียมแลคเตทที่ช่วงเวลาเดียวกันแต่ละผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความแข็ง (Hardness) ดังนี้ โดยไชร์ปและน้ำผลไม้เข้มข้นมีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน แต่ไชร์ปหญาหวานมีค่าความแข็งน้อยที่สุดและมีค่าแตกต่างกับไชร์ปและน้ำผลไม้เข้มข้น เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน พบว่าทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มค่าความแข็งที่สูงขึ้น โดยไชร์ป และ น้ำผลไม้เข้มข้น มีค่าความแข็งสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 7 แต่ไชร์ปหญาหวานเมื่อเก็บรักษาในช่วงเวลา 3 วัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากวันที่ 0 แต่ในวันที่ 7 มีค่าความแข็งที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory)



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ไชร์ปได้รับความชอบจากผู้ชิมมากที่สุด โดยได้รับคะแนนในด้านกลิ่น, ความใส, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด น้ำผลไม้เข้มข้นได้รับความชอบรองลงมา โดยได้รับคะแนนในด้านขนาด, กลิ่น และความชอบโดยรวมเป็นพิเศษ ส่วนไชร์ปหญ้าหวานได้รับความชอบน้อยที่สุดซึ่งมีคะแนนใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า และผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้รับคะแนนในด้านขนาดมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

สูตรที่ดีที่สุด คือ ไชร์ป โดยอ้างอิงผลจากค่าการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture), ค่าการแยกตัวของน้ำ (Synergensis) และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสจะสอดคล้องกับค่าการแยกตัวของน้ำ โดยค่าเนื้อสัมผัสของไชร์ปจะสูงกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆจึงส่งผลให้มีค่าการแยกตัวของน้ำน้อยลงในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา ทำให้กักเก็บสารสำคัญที่อยู่ในเม็ดบุงป๊อปได้ดีเนื่องจากผนังของเม็ดบุงป๊อปมีความแข็งแรง และเมื่อนำไปทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ไชร์ปก็ยังเป็นตัวเลือกที่ได้รับความนิยมมากที่สุดจากผู้ชิมทางด้าน เนื้อสัมผัส กลิ่น ความใส ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม ในการเก็บรักษาเม็ดบุงป๊อปในช่วง 1 วันแรกหลังจากการผลิตควรนำเม็ดบุงป๊อปไปแช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท หลังจากนั้นให้นำออกไปแช่ในน้ำเปล่า เพื่อให้เม็ดบุงป๊อปมีเนื้อสัมผัสที่ไม่แข็งจนเกินไปและมีค่าเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ทางการค้า

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในขณะที่โซเดียมอัลจิเนตจะต้องกวนตลอดการหยุดด้วยความเร็วรอบ 300 rpm เพื่อให้ได้เม็ดบุงป๊อปที่มีรูทรงสวยและไม่ติดกัน

5.2.2 ในขั้นตอนการนำเม็ดบุงป๊อปมาล้างโซเดียมอัลจิเนตออก ขั้นตอนนี้จะต้องรีบล้างออกด้วยน้ำสะอาดโดยขณะล้างควรมีการแกว่งกระชอนไปด้วย เพื่อไม่ให้เม็ดบุงป๊อปติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

กาญจนา จันทร์สิงห์. (2563). บุก. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏ

กำแพงเพชร. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2566. สืบค้นจาก:

[https://arit.kpru.ac.th/ap2/local/?nu=pages&page\\_id=1654&code\\_db=610010&code](https://arit.kpru.ac.th/ap2/local/?nu=pages&page_id=1654&code_db=610010&code)

ประกาศ กระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ.2543 เรื่อง แยม เยลลี่และมาร์มาเลต ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา. 2553. กลูโคแมนแนน.[ออนไลน์]. สืบค้น 5 พฤษภาคม 2566 จาก:

[www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1850/konjac](http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1850/konjac).

พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล, การผลิตเม็ดปิดส่น้ำเสาวรสดด้วยเทคนิครีเวิร์สฟิรฟิเคชัน,

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 2561. หน้า 1

ชายเอนเทีย . วิทยาศาสตร์ของอาหารสมัยใหม่.[ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 18 พฤษภาคม 2565 เข้าถึงได้จาก:

<https://www.scientia.in.th/วิทยาศาสตร์ของอาหารสมัย/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

### การเตรียมสารละลาย

#### ก.1 วิธีการเตรียมโซเดียมอัลจิเนตสำหรับการขึ้นรูป (0.5:100)

โซเดียมอัลจิเนต 0.5 %

น้ำ 100 mL

เตรียมโซเดียมอัลจิเนต ต้มน้ำให้เดือด 100 mL เติมโซเดียมอัลจิเนต 0.5% คนให้ละลาย จากนั้นพักทิ้งไว้ให้เย็น

#### ก.2 วิธีการเตรียมแคลเซียมแลคเตทสำหรับแช่เม็ดบุงกูป๊อป (1:100)

แคลเซียมแลคเตท 1 %

น้ำ 100 mL

เตรียมแคลเซียมแลคเตท ต้มน้ำให้เดือด 100 mL เติมแคลเซียมแลคเตท 1 % คนให้ละลาย จากนั้นพักทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำเข้าสู่ตู้อบที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

#### ก.3 วิธีการเตรียมสารละลายสำหรับหยด

น้ำผลไม้รสชาติต่างๆ 100 mL

- ไชร์ป
- น้ำผลไม้เข้มข้น
- ไชร์ปหญ้าหวาน
- น้ำผลไม้

ผงบุงกูป๊อป 0.5 , 0.6 , 1 % w/v

แคลเซียมแลคเตท 1 %

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.14 %

โพแทสเซียมซอร์เบต 0.1 %

เตรียมน้ำรสชาติต่างๆ อย่างละ 100 mL ผสมกับแปรผันปริมาณผงบุงกูป๊อปในอัตราส่วน (0.5 , 0.6 และ 1 % w/v) คนให้เข้ากันประมาณ 5 นาที จากนั้นนำแคลเซียมแลคเตท 1 % w/v (แปรผันกับอัตราส่วนการผสมผงบุงกูป๊อปกับแคลเซียมแลคเตทที่อัตราส่วน 0.5:1 , 0.6:1 และ 1:1 ) เติม KOH 0.14 % คนให้เข้ากันแล้วนำไปกรอง จากนั้นนำไปให้ความร้อนบนเครื่องกวนสารให้ความร้อน ที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เติมคอลลาเจน และ โพแทสเซียมซอร์เบต 0.1 % ใช้แท่ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กกวนสารช่วยคนสารละลาย เมื่อได้อุณหภูมิที่กำหนดทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำไปเก็บรักษา  
ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาหยดขึ้นรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปพิชญา น้าหนู
วัน เดือน ปีเกิด	29 กันยายน 2543
ประวัติการศึกษา	- ปีการศึกษา 2561 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า กรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์  - ปีการศึกษา 2565 ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
ผลงานวิจัย	การพัฒนาสูตรเม็ดบุกป๊อปเสริมสารอาหารและการศึกษาอายุ การเก็บรักษาในการผลิตระดับขยายขนาด
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุทธิดา เอี่ยมวัน
วัน เดือน ปีเกิด	30 พฤศจิกายน 2543
ประวัติการศึกษา	- ปีการศึกษา 2561 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนวมินทราชินูทิศเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์  - ปีการศึกษา 2565 ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
ผลงานวิจัย	การพัฒนาสูตรเม็ดบุกป๊อปเสริมสารอาหารและการศึกษาอายุ การเก็บรักษาในการผลิตระดับขยายขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอริสรา สยมชัย
วัน เดือน ปีเกิด	24 สิงหาคม 2543
ประวัติการศึกษา	- ปีการศึกษา 2561 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดน้อยนพคุณ กรุงเทพมหานคร แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์  - ปีการศึกษา 2565 ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมอาหาร สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรมอาหาร
ผลงานวิจัย	การพัฒนาสูตรเม็ดบุงป๊อปเสริมสารอาหารและการศึกษาอายุ การเก็บรักษาในการผลิตระดับขยายขนาด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้