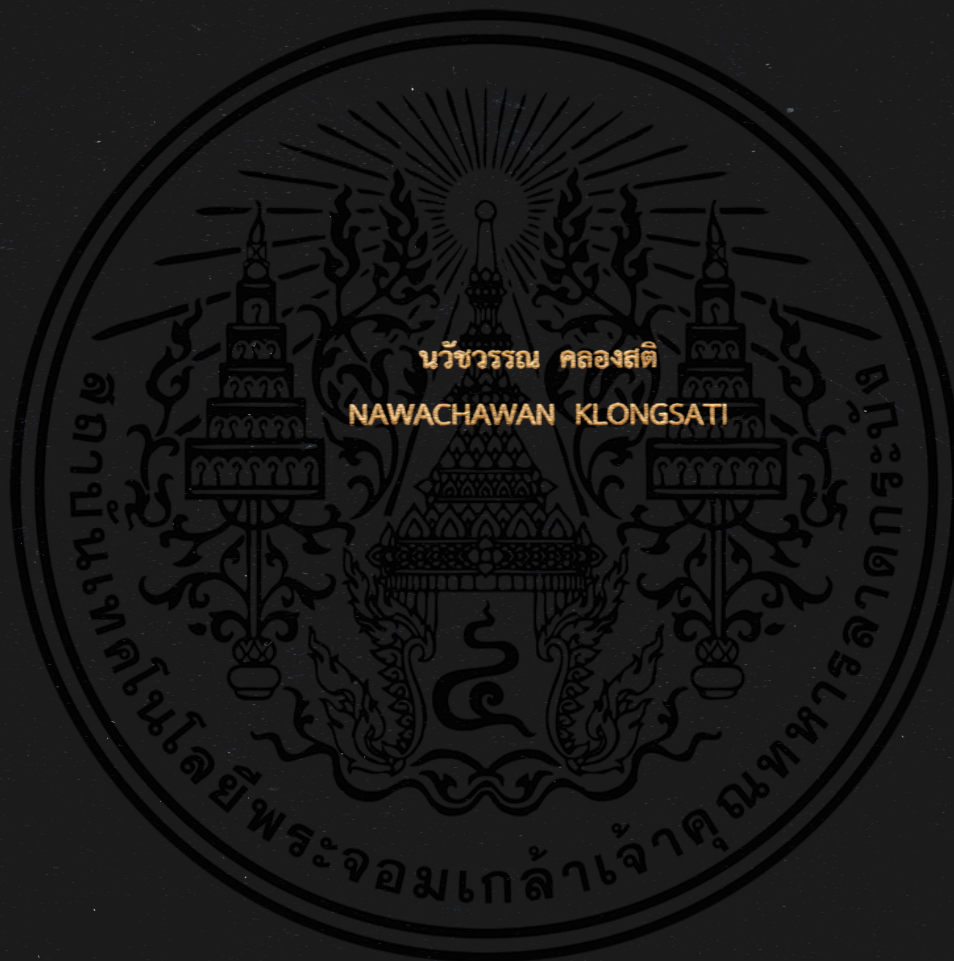


การพัฒนาเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติก

DEVELOPMENT OF PAPAYA JUICE SUPPLEMENT WITH PREBIOTIC  
BEADS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-346

การพัฒนาเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติก

DEVELOPMENT OF PAPAYA JUICE SUPPLEMENT WITH PREBIOTIC  
BEADS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติก

DEVELOPMENT OF PAPAYA JUICE SUPPLEMENT WITH PREBIOTIC  
BEADS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-AI-M-053-346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF PAPAYA JUICE SUPPLEMENT WITH PREBIOTIC  
BEADS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE  
FACULTY OF AGRO-INDUSTRY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2019  
KMITL-2019-AI-M-053-346

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2019**

**FACULTY OF AGRO-INDUSTRY**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**KMITL-2019-AI-M-053-346**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องดื่มมะละกอสเสริมเม็ดบีคส์ฟรีไบโอติก  
DEVELOPMENT OF PAPAYA JUICE SUPPLEMENT WITH PREBIOTIC  
BEADS

ชื่อนักศึกษา นางสาวนัชววรรณ คลองสติ  
รหัสประจำตัว 60608035  
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ	
ผศ.ดร.ยุพร พิษกมุทธร	
ดร.ระจิตร สุวพานิช	
รศ.ดร.ระติพร มูลสาร	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 19 กรกฎาคม 2562 เวลา 16.30 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง AI 501 อาคารปฏิบัติการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรตม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 1 เดือน ๗ พ.ศ. ๒๕๖๒

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องตีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปโอติก
นักศึกษา	นางสาวนวัชวรรณ คลองสติ
รหัสนักศึกษา	60608035
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ

## บทคัดย่อ

ในประเทศไทยนิยมปลูกมะละกอ เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย ให้ผลผลิตเร็ว มีตลาดรองรับค่อนข้างกว้าง แต่ก็ไม่สามารถรองรับผลผลิตที่ออกมาซึ่งมากกว่าความต้องการของตลาด เพราะมะละกอสามารถออกผลได้ตลอดทั้งปี ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมะละกอประสบปัญหาผลผลิตล้นตลาด และมะละกอสุกไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน เกิดการเน่าเสีย ดังนั้นการนำมะละกอสุกมาแปรรูปเป็นเครื่องตีเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมะละกอและเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรได้อีกวิธีหนึ่ง

เครื่องตีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปโอติกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ น้ำมะละกอชนิดใสที่ใช้วิธีการสกัดโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส และส่วนของเม็ดปิดส์ฟรีไปโอติกที่ใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมโดยอาศัยการสร้างพันธะระหว่างแอลจินेटและแคลเซียมแลคเตท การศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสต่อคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส ซึ่งใช้น้ำมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ และใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสแตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นเอนไซม์เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความใสและความสว่างเพิ่มขึ้น และทำให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงขึ้น ดังนั้นความเข้มข้นของเอนไซม์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณลักษณะของน้ำมะละกอ

การศึกษาผลของการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในเม็ดปิดส์ต่อคุณภาพของเม็ดปิดส์ พบว่าปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความแข็งของเม็ดปิดส์ลดลง และน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ในการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทพบว่า ระยะเวลาของการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่เพิ่มขึ้นค่าความแข็งของเม็ดปิดส์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งตั้งแต่วันที่ 75 เม็ดปิดส์มีค่าความแข็งคงที่จึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เม็ดปิดส์

การศึกษาสัดส่วนของเม็ดปิดส์ฟรีไปโอติกและน้ำมะละกอชนิดใสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์พบว่าผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ที่มีการเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปโอติกในปริมาณร้อยละ 30 ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ผลของการสแตอริไรซ์ต่อคุณภาพของเครื่องตีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปโอติกเปรียบเทียบกับ การพาสเจอร์ไรซ์พบว่า การฆ่าเชื้อด้วยวิธีการสแตอริไรซ์มีผลต่อ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาคุณภาพของเม็ดบีดส์พบว่า เม็ดบีดส์มีลักษณะแบน ค่าสีและค่าความแข็งของเม็ดบีดส์ลดลง นอกจากนี้การประเมินอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง โดยเก็บที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส และวัดดัชนีการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ พบว่าระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างที่ลดลง ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกมีอายุการเก็บรักษาโดยการหาค่า  $Q_{10}$  คือ 112 วัน หรือ 4 เดือน และการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และหากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อ เพราะเพื่อสุขภาพและผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	Development of Papaya Juice Supplement with Prebiotic Beads.
<b>Student</b>	Miss Nawachawan Klongsati
<b>Student ID.</b>	60608035
<b>Degree</b>	Master of Science
<b>Program</b>	Food Science
<b>Year</b>	2019
<b>Thesis Advisor</b>	Assist. Prof. Dr. Tongchai Puttongsiri

## ABSTRACT

In Thailand, it is popular to grow papaya as it was easy to grow and produces high yields and a large market. However, the continuous yield productions are more than the market demand as the papaya can produce yield all year long. This has resulted in papaya farmers encountering oversupply since ripe papaya cannot be stored for protracted periods of time and they soon will rot. Therefore, the use of ripe papaya to process into papaya juice is considered as an interesting product since it can be another method to create added value to papaya and help the farmers.

Papaya prebiotic beads juice has 2 components; clear papaya juice using pectinase enzyme extraction method and prebiotic beads using the bonding between alginate and calcium lactate. The study of the effect of pectinase on the quality of papaya juice. The pulp of papaya, cultivar 'Holland' increasing concentration of pectinase resulted increasing clarity and lightness and also to a higher production. Thus, the concentration of enzyme was a factor that affected the characteristic of papaya juice.

The study of the effect of fructo-oligosaccharide supplementation in beads on the quality of beads, it was found that the increased amount of fructo-oligosaccharides resulting in lower hardness of beads and the weight has increased significantly ( $p < 0.05$ ). The study of the optimal timing of soaking beads in calcium lactate solution found that increasing of the duration of soaking beads in calcium lactate solution affect to hardness of the beads tend to increase which from the 75th minute then the beads had a constant hardness. Therefore, it is an optimal time for soaking the beads.

The study of the suitable proportion of prebiotic beads and clear papaya juice found that the supplementation of prebiotic beads in papaya juice affecting the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

preferences of the tester which prefer the product that had 30% prebiotic beads supplemented in moderate favoring rating. The effect of sterilization on the quality of papaya juice supplemented with prebiotic beads compared to pasteurization showed that sterilization methods affects product quality. When considering the quality of beads, it was found that the beads shapes are therefore flat, the color value and hardness of the beads has decreased. In addition, sterilization make the papaya juice become clearer. The color values of clear papaya juice in both methods were significantly different ( $p < 0.05$ ). Assessment of shelf life at accelerated conditions by keeping at 35 and 45 degrees Celsius measuring the physical change index found that after storage at the accelerated state, the product has a lower lightness value. The papaya drink prebiotic beads supplement product has a shelf life by finding the  $Q_{10}$  value is 112 day or 4 month. And the study of consumer acceptance of product found that consumers accepted the product and rated their favoring at a moderate level. And if the product is released, most consumers will probably buy due to for healthy and product are exotic.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความกรุณา จาก ผศ.ดร.ธงชัย พุฒทองศิริ ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ตลอดจนให้คำปรึกษา ความรู้ แนวคิด และข้อเสนอแนะในการดำเนินการรวมถึงการตรวจสอบแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้ มีความถูกต้อง และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ระติพร มูลสาร ผศ.ดร.ยุพร พิษกมฺุร และรศ.ดร.ระจิตร์ สุวพานิช อาจารย์คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นอย่าง สูงที่ให้เกียรติเป็นคณะกรรมการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และชี้แนะ ต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือ รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านของ คณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ ในการดำเนินงานเพื่อใช้ ประกอบการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณครอบครัวที่ให้เงินสนับสนุน เป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาของการ เรียนและการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนปริญญาโท และปริญญาเอกของคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่เป็นกำลังใจ ให้ ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่างๆ ตลอดการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

ขอบคุณผู้เขียนและสำนักพิมพ์ในเอกสารต่างๆ ที่ผู้จัดทำนำข้อมูลมาใช้ในการอ้างอิงเป็นอย่าง สูง

นวัชวรรณ คลองสติ

ผู้จัดทำ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 มะละกอ.....	4
2.2 การทำน้ำผลไม้ชนิดใส.....	6
2.3 เอนไซม์เพคตินเอส.....	9
2.4 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม.....	12
2.5 แอลจีเนต (Alginate).....	13
2.6 พรีไบโอติก.....	16
2.7 ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo-oligosaccharide; FOS).....	17
2.8 การฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท.....	19
2.9 การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์.....	20
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....	24
3.1 วัสดุดิบ.....	24
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	26
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	34
4.1 การศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเอสต่อคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาผลของการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในเม็ดปิดส์.....	37
4.3 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียม แลคเตท.....	40
4.4 การศึกษาสัดส่วนของเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติกและน้ำมะละกอชนิดใสที่เหมาะสมต่อ ผลิตภัณฑ์.....	42
4.5 การศึกษาผลของการสเตอร์ไรซ์ต่อคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ ฟรีไบโอติก.....	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	59
บรรณานุกรม.....	61
ภาคผนวก.....	67
ก. ตารางและภาพผลการทดลอง.....	68
ข. การวิเคราะห์ทางกายภาพ.....	73
ค. การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์.....	76
ง. แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส.....	78
จ. ภาพภาคผนวก.....	85
ประวัติผู้เขียน.....	89

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการในมะละกอ 100 กรัม.....	5
2.2	คุณค่าทางโภชนาการในมะละกอฮอลแลนด์ 100 กรัม.....	6
3.1	ปริมาณเม็ดบีตส์พีไปโอติกในน้ำมะละกอชนิดใส.....	30
4.1	ลักษณะทางกายภาพของน้ำมะละกอชนิดใสที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสในปริมาณต่างกัน	34
4.2	คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมะละกอชนิดใส.....	36
4.3	ลักษณะทางกายภาพของเม็ดบีตส์พีไปโอติกที่เติมปริมาณฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ ในปริมาณต่างกัน.....	37
4.4	คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของเม็ดบีตส์ที่เติมเสริม ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณต่างกัน .....	39
4.5	คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของสัดส่วนเม็ดบีตส์พีไปโอ- ติกต่อน้ำมะละกอที่ต่างกัน.....	43
4.6	ลักษณะทางกายภาพของเม็ดบีตส์พีไปโอติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ต่างกัน.....	44
4.7	ลักษณะทางกายภาพของน้ำมะละกอที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ต่างกัน.....	45
4.8	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	47
4.9	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส.....	48
4.10	คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มมะละกอเสริม เม็ดบีตส์พีไปโอติก.....	49
4.11	ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์.....	50
4.12	ผลของการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา.....	52
4.13	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส.....	53
4.14	ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดบีตส์พีไปโอติก.....	54
4.15	ผลการวิเคราะห์อันดับของปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน.....	56
ก1	ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสต่อผลผลิตของน้ำมะละกอชนิดใส.....	68
ก2	ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดบีตส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะ ด้านต่างๆของเม็ดบีตส์.....	68
ก3	ผลการทดสอบอันดับปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	69
ก4	ผลการทดสอบอันดับปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส	70

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ผลสุก.....	5
2.2	กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใส.....	7
2.3	ปฏิกิริยาการย่อยสลายเพคตินของเอนไซม์เพคติเนสชนิด Pectinesterase.....	9
2.4	ปฏิกิริยาการย่อยสลายเพคตินของเอนไซม์เพคติเนสชนิด Polygalacturonase.....	10
2.5	ปฏิกิริยาการย่อยสลายเพคตินของเอนไซม์เพคติเนสชนิด Pectate lyase และ Pectin Lyase.....	10
2.6	กลไกการสลายเพคตินของเอนไซม์เพคติเนส.....	11
2.7	การกลไกการเกิดเจลของเม็ดปิดส์โดยใช้เทคนิคขึ้นรูปทรงกลม (Spherification).....	13
2.8	การกลไกการเกิดเจลของเม็ดปิดส์โดยใช้เทคนิคขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification).....	13
2.9	โครงสร้างของแอลจิเนต.....	14
2.10	การเกิดเจลของแอลจิเนตในรูป egg box .....	15
2.11	โครงสร้างทางเคมีของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์.....	17
2.12	ลักษณะของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์.....	17
2.13	การย่อยฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ .....	18
3.1	ขั้นตอนการผลิตน้ำมะละกอชนิดใส.....	27
3.2	ลักษณะการวัดขนาด.....	28
3.3	ขั้นตอนการผลิตเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติก.....	29
4.1	ความแตกต่างของน้ำมะละกอชนิดใสที่เติมเอนไซม์เพคติเนสแตกต่างกัน.....	35
4.2	ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคติเนสต่อผลผลิตของน้ำมะละกอชนิดใส.....	36
4.3	ขนาดของเม็ดปิดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณต่างกัน.....	38
4.4	ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะ ด้านน้ำหนักของเม็ดปิดส์.....	41
4.5	ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะ ด้านขนาดด้านสั้นของเม็ดปิดส์.....	41
4.6	ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะ ด้านขนาดด้านยาวของเม็ดปิดส์.....	41
4.7	ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะ ด้านอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้นของเม็ดปิดส์.....	42

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะด้านความแข็งของเม็ดบีดส์.....	42
4.9 ลักษณะของเม็ดบีดส์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีต่างกัน.....	45
4.10 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีต่างกัน.....	46
4.11 ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน.....	55
ก1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับศูนย์.....	71
ก2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับหนึ่ง.....	71
ก3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับสอง.....	71
ก4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับศูนย์.....	72
ก5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับหนึ่ง.....	72
ก6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับสอง.....	72
ข1 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง.....	73
ข2 เครื่อง Hunter Lab.....	74
ข3 หัววัด P/35.....	75
ข4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส.....	75
จ1 กระบวนการผลิตน้ำมะละกอชนิดใส.....	85
จ2 กระบวนการผลิตเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก.....	87

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

มะละกอดีจัดเป็นผลไม้ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เป็นพืชที่ปลูกง่าย ให้ผลผลิตเร็ว มีตลาดรองรับค่อนข้างกว้าง สามารถจำหน่ายได้ทั้งผลดิบและผลสุก มะละกอที่นิยมปลูกคือพันธุ์ฮอลแลนด์ เนื่องจากเมื่อสุกจะมีเนื้อแน่น สีแดงอมส้ม รสหวาน จึงนิยมรับประทานแบบผลสด เพราะช่วยให้ระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่ายให้ทำงานได้ดีขึ้น มีประสิทธิภาพในการต้านทานอนุมูลอิสระ และสามารถนำมาแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง มะละกอบแห้ง นมมะละกอก มะละกอฟง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีตลาดรองรับผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมากแต่ก็ไม่สามารถรองรับผลผลิตที่ออกมามากกว่าความต้องการของตลาด เนื่องจากมะละกอสามารถออกผลได้ตลอดทั้งปี ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกมะละกอประสบปัญหาผลผลิตล้นตลาด และมะละกอสุกไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน เกิดการเน่าเสีย ดังนั้นการนำมะละกอสุกมาแปรรูปจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับมะละกอและเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรได้อีกวิธีหนึ่ง

ในปัจจุบันการดำเนินชีวิตเต็มไปด้วยความเคร่งเครียด ต้องการความรวดเร็ว ความสะดวกสบาย ความทันสมัย เมื่อวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปทำให้ส่งผลต่อสุขภาพ ก่อให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคมะเร็ง ดังนั้นคนส่วนใหญ่จึงหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น โดยการเลือกรับประทานอาหารและเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ ดีต่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์ต้องสามารถตอบโจทย์การดำเนินชีวิตได้ เช่น หาซื้อง่าย รับประทานง่าย สามารถชดเชยสารอาหารที่ขาดได้ ช่วยส่งเสริมด้านสุขภาพ ลดความเสี่ยงหรือชะลอการเกิดโรค หรืออาจมีผลต่อผิวพรรณ รวมไปถึงส่งเสริมด้านความสวยความงาม และที่สำคัญผลิตภัณฑ์จะต้องผลิตโดยใช้วัตถุดิบธรรมชาติ (ปัญญา, 2554) เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional drink) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการดูแลสุขภาพ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารอาหารที่สำคัญต่างๆ ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เช่น เครื่องดื่มเสริมใยอาหาร ซึ่งใยอาหารจัดเป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่นิยมเสริมในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ไม่ให้พลังงาน ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมแคลเซียมและเหล็ก ลดคอเลสเตอรอล ใยอาหารบางชนิดจัดเป็นพรีไบโอติกที่มีความสำคัญต่อจุลินทรีย์ท้องถิ่นในลำไส้ใหญ่ พรีไบโอติกจะไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ และไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารรวมถึงลำไส้เล็ก แต่จะถูกส่งไปยังลำไส้ใหญ่ทำให้เกิดความสมดุลและต้านจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (ภักดีมา, 2552)

น้ำผลไม้ชนิดใสเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดหนึ่งที่ใช้กระบวนการที่ทำให้สารที่แขวนลอยอยู่เกิดการตกตะกอนแล้วกรอง โดยตะกอนแขวนลอยในน้ำผลไม้เป็นพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) เช่น เพคติน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และสตาร์ท นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เทนิน และโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆ (Vaillant และคณะ, 2001) มีผลทำให้น้ำผลไม้มีความขุ่นและหนืด ในปัจจุบันเอนไซม์ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ เนื่องจากผลไม้ที่มีปริมาณของเพคตินและพอลิแซ็กคาไรด์ในปริมาณมากส่งผลให้การกรองผ่านเมมเบรนทำได้ยาก (Sulaiman และคณะ, 1998) เอนไซม์ที่นิยมใช้ทำให้น้ำผลไม้ใสคือเอนไซม์เพคตินเนส (Pectinases) โดยเอนไซม์เพคตินเนสจะไปสลายเพคตินบางส่วนที่ห่อหุ้มโมเลกุลของโปรตีนที่แขวนลอยอยู่ ทำให้ประจุบวกของโปรตีนภายในถูกเปิดออกและเกิดแรงดึงดูดกับประจุลบของเพคตินที่อยู่ใกล้เคียง เกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ทำให้สะดวกต่อการกรองหรือการปั่นเหวี่ยง (Tangwongchai และ Attapolphaisan, 2010) ประสิทธิภาพของการย่อยสลายเพคตินด้วยเอนไซม์เพคตินเนสขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเคมีและกายภาพ ซึ่งความเข้มข้นของเอนไซม์เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความใสของน้ำผลไม้

การขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) เป็นเทคนิคที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับธุรกิจอาหารในปัจจุบัน เป็นกระบวนการห่อหุ้มของเหลวให้มีรูปทรงเป็นทรงกลม เป็นผลจากการเกิดเจลของแอลจินเนตที่เป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่สร้างโครงร่างตาข่ายกับแคลเซียมที่อุณหภูมิห้อง ทำให้ได้เจลที่ได้มีลักษณะแน่นและกรอบ และเจลจะมีความสมบูรณ์มากขึ้นเมื่อแช่น้ำและเก็บไว้ที่อุณหภูมิเย็น (Herrera และคณะ, 2012) การนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดใสเป็นการเพิ่มเนื้อสัมผัส และความน่ารับประทานเพื่อดึงดูดผู้บริโภคได้มากขึ้น

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดใสจากมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์สุกโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส และเสริมเม็ดปิดส้มมะละกอที่เติมใยอาหารโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ และสามารถเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ไม่นิยมรับประทานมะละกอสุก นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยส่งเสริมเกษตรกรผู้ปลูกมะละกอให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส
- 1.2.2 เพื่อศึกษาการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดปิดส้มโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม
- 1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการฆ่าเชื้อโดยวิธีการสเตอริไรซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- 1.2.4 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส้มไปโอติก
- 1.2.5 เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส้มไปโอติก

## 1.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.3.1 ทราบกระบวนการผลิตและความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เหมาะสมในการผลิตน้ำมะละกอชนิดใส
- 1.3.2 ทราบกระบวนการผลิตและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดปิดส้มที่ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3.3 ทราบปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดปิดส์พีไปโอติก
- 1.3.4 ทราบผลของการฆ่าเชื้อโดยใช้วิธีการสเตอริไรซ์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
- 1.3.5 ทราบอายุการเก็บรักษาเครื่องตีมีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์พีไปโอติก
- 1.3.6 ทราบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเครื่องตีมีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์พีไปโอติก และสามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับเครื่องตีมีเพื่อสุขภาพได้

#### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการศึกษาสัดส่วนวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องตีมีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์พีไปโอติกที่ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม ศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านเคมี กายภาพ และลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ตลอดจนศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์



## บทที่ 2

# ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 มะละกอ

มะละกอเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกากลาง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ *Cariac papaya L.* อยู่ในวงศ์ Caricaceae ทั่วไปมีชื่อเรียกหลากหลาย เช่น Papaw, Mamao, Fruitabomba, Kepaya แต่ชื่อที่นิยมเรียกคือ Papaya ในประเทศไทยมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปในแต่ละภูมิภาคต่างๆ เช่น บะก้วยเตต (ภาคเหนือ) บักหุ้ง (ภาคอีสาน) ลอกอ (ภาคใต้) โดยทั่วไปมะละกอจัดเป็นพืชล้มลุก มีอายุสั้น ทนแล้งได้ดี หากปลูกในสภาวะที่เหมาะสมเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีชีวิตอยู่ได้นานถึง 15 ปี เป็นพืชที่ปลูกง่าย ออกดอกออกผลตลอดฤดูกาล ในประเทศไทยปลูกมะละกอแทบทุกภูมิภาค แต่นิยมปลูกมากในภาคใต้ เช่น จังหวัดสุราษฎร์ธานีและจังหวัดชุมพร เนื่องจากมีฝนตกตลอดปี มีความชื้นค่อนข้างสูง จึงทำให้มีผลผลิตออกทั้งปี และเป็นมะละกอที่มีคุณภาพดี

มะละกอจัดเป็นไม้ยืนต้นเนื้ออ่อน อวบน้ำ ต้นตรง สูงชะลูด ภายในกลวงยกเว้นบริเวณข้อต่อจะตัน พบเป็นลำต้นเดี่ยวๆ แตกกิ่งก้านน้อย ต้นที่มีอายุน้อยจะเปราะและหักง่าย แต่เมื่อมีอายุ 2 - 3 ปีขึ้นไปจะเหนียวและแข็งขึ้น ลำต้นสูงประมาณ 5 - 6 เมตร แตกใบบริเวณยอดของลำต้นและจะมีใบเรียงตัวกันแบบเกลียว ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว มีสีเขียว มองเห็นเส้นใบชัดเจน ขนาดใหญ่ ความกว้างประมาณ 25 - 75 เซนติเมตร มีแฉกประมาณ 7 แฉก รูปร่างของใบเป็นแบบ Paimate ก้านใบยาวประมาณ 25 - 100 เซนติเมตร ภายในกลวงเปราะและหักง่าย ผลมะละกอมีลักษณะเป็นผลเดี่ยว ผิวด้านนอกเรียบ ขนาดและรูปร่างของผลขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมะละกอและชนิดของดอก โดยทั่วไปขนาดผลยาวประมาณ 7 - 30 เซนติเมตร มะละกอบางสายพันธุ์จะเห็นร่องที่ผลชัดเจน ในผลดิบเปลือกมีสีเขียว เนื้อด้านในขาว เมื่อสุกผิวด้านนอกจะมีสีเหลืองอมส้ม เนื้อด้านในมีสีส้มหรือส้มอมแดงขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมะละกอ ภายในผลจะมีเมล็ดติดอยู่กับผนังรังไข่ด้านใน มีรูปร่างกลมรี มีเยื่อหุ้ม หากแกะเยื่อออกผิวของเมล็ดจะขรุขระ ในมะละกออ่อนจะมีเมล็ดสีขาว เมื่อผลแก่เต็มที่ก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ (หนึ่งฤทัยและอภิชาติ, 2559)

#### 2.1.1 คุณค่าทางโภชนาการของมะละกอ

มะละกอมีคุณประโยชน์มาก สามารถบริโภคได้ทั้งผลดิบและผลสุก ผลดิบนำมาประกอบอาหาร เช่น ส้มตำ แกงส้ม ผลสุกนิยมรับประทานเป็นผลไม้สด และนำมาแปรรูปในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผลไม้รวมบรรจุกระป๋อง แยมมะละกอ มะละกอผง มะละกออบแห้ง ซึ่งในมะละกอมีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการในมะละกอ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ		หน่วย
	มะละกอดิบ	มะละกอสุก	
พลังงาน	24	53	กิโลแคลอรี
น้ำ	93.1	86.9	กรัม
โปรตีน	0.6	0.8	กรัม
ไขมัน	0.1	0.3	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	5.1	11.8	กรัม
ใยอาหาร	0.9	0.5	กรัม
เถ้า	1.1	0.2	กรัม
แคลเซียม	3	12	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	10	22	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.3	2.5	มิลลิกรัม
วิตามินซี	44	78	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	-	435	ไมโครกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ (2544)

### 2.1.2 มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์

มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์เป็นสายพันธุ์ได้รับความนิยมมากในประเทศไทย เนื่องจากมะละกอสายพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือ มีรูปทรงกระบอก บ่อม บริเวณเปลือกไม่มีร่อง น้ำหนักเฉลี่ยต่อผลประมาณ 800 - 2000 กรัม เนื้อหนาประมาณ 2.5 - 3.0 เซนติเมตร ผลสุกมีสีแดงอมส้ม (ภาพที่ 2.1) กลิ่นหอม รสชาติหวาน ความหวานประมาณ 11 - 13 องศาบริกซ์ ติดผลดก อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 8 เดือน อีกทั้งมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ผู้บริโภคนิยมรับประทานผลสุกมากกว่าสายพันธุ์อื่น จึงทำให้เกษตรกรหันมาปลูกมะละกอสายพันธุ์นี้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ในมะละกอฮอลแลนด์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการ และปริมาณสารอาหารที่สำคัญดังนี้



ภาพที่ 2.1 มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ผลสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

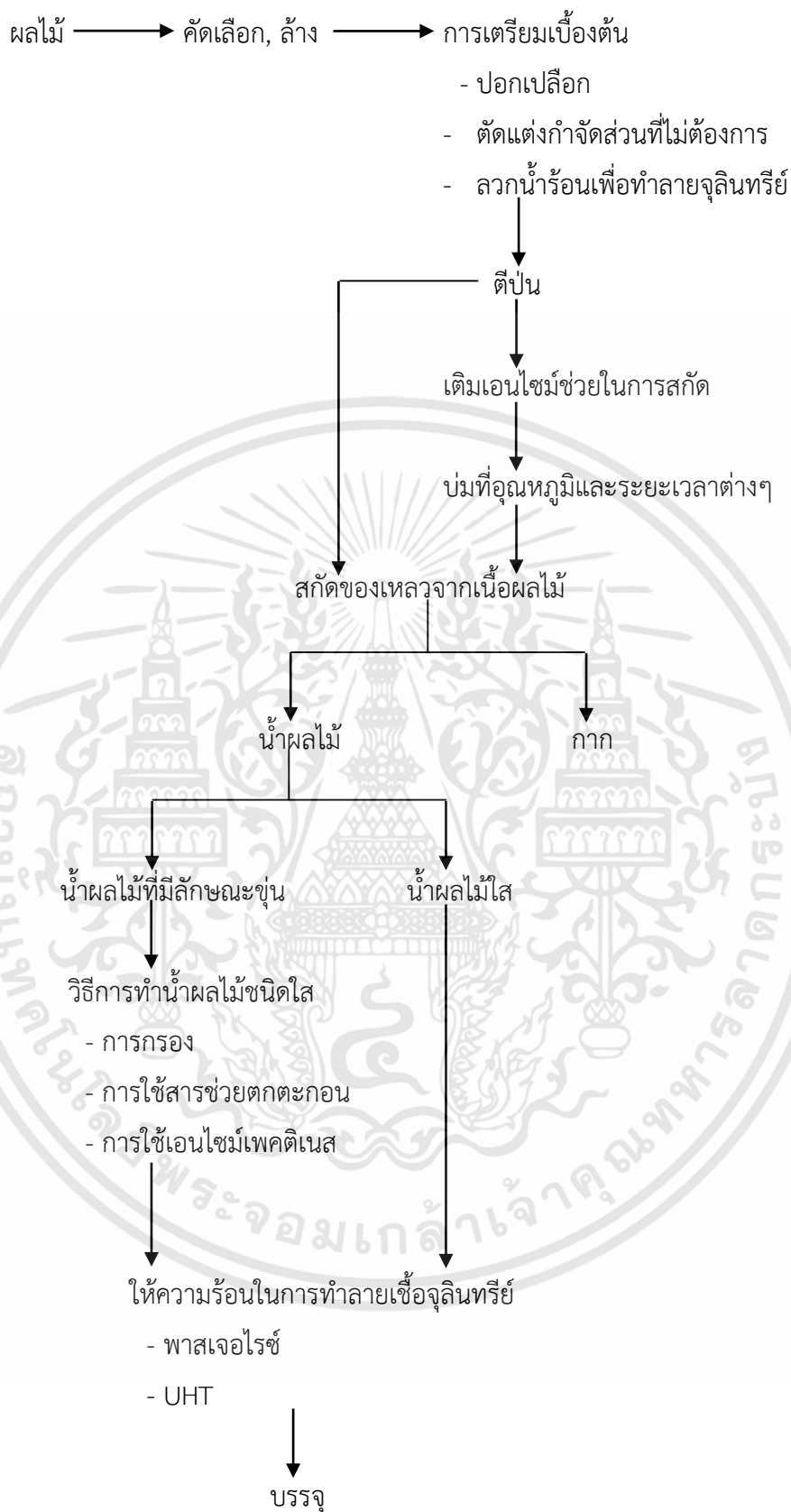
ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการในมะละกอฮอลแลนด์ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ	หน่วย
พลังงาน	43	กิโลแคลอรี
น้ำ	89	กรัม
น้ำตาล	9	กรัม
ใยอาหาร	0.2	กรัม
เบต้าแคโรทีน	483	ไมโครกรัม
วิตามินซี	78	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	224	มิลลิกรัม
แคลเซียม	11	มิลลิกรัม

ที่มา : สำนักโภชนาการ (2553)

## 2.2 การทำน้ำผลไม้ชนิดใส

น้ำผลไม้ชนิดใสเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มที่ใช้กระบวนการกำจัดตะกอนที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ โดยตะกอนที่แขวนลอยอยู่เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดพอลิแซ็กคาไรด์ เช่น เพคติน เซลลูโลส เฮมิ-เซลลูโลส ลิกนิน และสตาร์ท นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เเทนิน และโลหะต่างๆ (Vaillant และคณะ, 2001) มีผลทำให้น้ำผลไม้มีความขุ่นและหนืด ซึ่งการทำให้สารที่แขวนลอยอยู่เกิดการตกตะกอนแล้ว กรองจะเรียกว่า กระบวนการทำใส (Clarification) (ภาพที่ 2.2) ตะกอนสามารถกำจัดออกได้โดยการกรองหรือการหมุนเหวี่ยงสำหรับตะกอนที่มีขนาดใหญ่ที่เรียกว่า เซลล์หิน (Stone cell) และตะกอนที่มีขนาดเล็กที่เรียกว่า เซลล์สำลี (Cotton Cell) ที่ไม่สามารถกรองได้ด้วยวิธีดังกล่าวที่เป็นเพคติน เซลลูโลส เมื่อรวมกับโปรตีนจะกรองได้ยาก ดังนั้นต้องอาศัยกระบวนการทางเคมีที่ใช้สารเร่งการตกตะกอนหรือใช้วิธีการทางชีวเคมีโดยการใช้น้ำส้มในการย่อยเพคตินเกิดการรวมกับโมเลกุลข้างเคียงจึงเกิดเป็นตะกอนขนาดใหญ่ ทำให้กรองตะกอนได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใส

ที่มา : กมลทิพย์ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.1 วิธีการทำน้ำผลไม้ชนิดใส

2.2.1.1 การกรอง เป็นวิธีการที่ใช้ในการแยกตะกอนขนาดใหญ่ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ เช่น ใช้ผ้าขาวบาง หรือในอุตสาหกรรมผลิตน้ำผลไม้จะใช้เครื่องกรองในการกรองตะกอนที่มีขนาดใหญ่ โดยการศึกษาของ He และคณะ (2007) พบว่าการกรองน้ำแอปเปิ้ลด้วย PES membrane ขนาด 50 kDa ทำให้ได้น้ำแอปเปิ้ลใสที่มีคุณภาพดี มีค่าสี ความใส และปริมาณความขุ่นที่ยอมรับได้ ด้วยการทำลายเพคตินและสตาร์ท สอดคล้องกับงานวิจัยของ Maktouf และคณะ (2014) ที่ใช้ ultrafiltration ในการกรองน้ำมะนาวซึ่ง ultrafiltration มีผลทำให้ความขุ่น และความหนืดของน้ำมะนาวลดลงอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามอนุภาคที่แขวนลอยสามารถกำจัดออกได้โดยการกรอง แต่การที่น้ำผลไม้มีปริมาณเพคตินมากอาจทำให้การใช้วิธีนี้ยาก

2.2.1.2 การหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) เป็นการแยกตะกอนน้ำผลไม้โดยอาศัยแรงในการเร่งอัตราการตกตะกอนของสารที่แขวนลอยในน้ำผลไม้ ซึ่งการหมุนเหวี่ยงนิยมใช้ร่วมกับการใช้สารช่วยตกตะกอน การศึกษาของ Domingues และคณะ (2012) แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธีการปั่นเหวี่ยงที่ 4000 รอบต่อนาทีร่วมกับการใช้โคโคซานที่ 300 ppm เป็นกระบวนการที่เหมาะสมสำหรับการลดความขุ่นและสีของน้ำเสาวรส

2.2.1.3 การใช้ความร้อน ความร้อนในอุณหภูมิระดับพาสเจอร์ไรส์สามารถทำให้สารแขวนลอยเกิดการตกตะกอน ทำให้สามารถกรองได้ง่ายขึ้น (Barrett และคณะ, 2005, อัจฉริยา 2551)

2.2.1.4 การใช้สารช่วยตกตะกอน เป็นวิธีการที่ทำให้ตะกอนของสารที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถกรองได้เกิดการตกตะกอน ซึ่งสารช่วยตกตะกอนจะไปดูดซับตะกอนที่มีขนาดเล็ก แล้วตกตะกอนทำให้น้ำผลไม้มีความใสขึ้น สารช่วยตกตะกอนที่นิยมใช้ เช่น เบนโทไนต์ ไซขาว เจลาติน และเคซีน สารช่วยตกตะกอนแต่ละชนิดจะมีประสิทธิภาพในการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำผลไม้ นอกจากนี้การใช้สารช่วยตกตะกอนมากกว่า 1 ชนิด จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนได้ดีขึ้น และลำดับของการใส่จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการตกตะกอน เมื่อพิจารณาการใช้สารช่วยตกตะกอนอย่างโคโคซานที่เตรียมจากเปลือกกุ้ง พบว่า โคโคซานมีประสิทธิภาพในการทำให้น้ำผลไม้ใส โดยโคโคซานเป็น polycationic ในธรรมชาติที่เป็นสารจับตัว (Coagulating agent) ที่มีประสิทธิภาพในการตกตะกอนอนุภาคที่แขวนลอยจากน้ำผลไม้ (Chatterjee และคณะ, 2004) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้สารช่วยตกตะกอนหลากหลายชนิดในการทำน้ำผลไม้ใส โดย Fang และคณะ (2006) รายงานว่าการใช้สารช่วยตกตะกอนนั้นมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดหมอกควัน (Haze formed) ซึ่งการใช้แทนกันร่วมกับโคโคซานสามารถกำจัดสารประกอบฟีนอลิกและโปรตีนในน้ำเบียร์ได้ส่งผลให้ความใสเพิ่มขึ้น

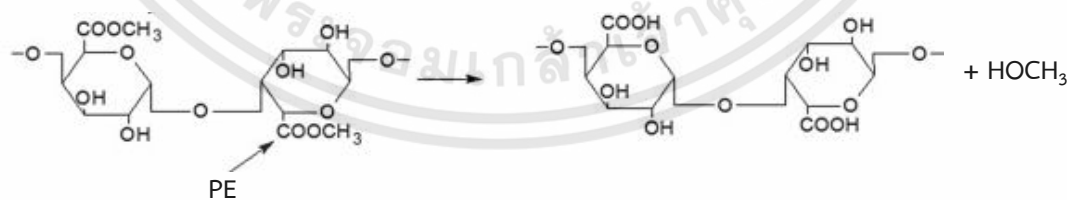
2.2.1.5 การใช้เอนไซม์ เพคตินเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลไม้ขุ่น วิธีการที่ใช้เอนไซม์จะทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเพคตินที่เป็นองค์ประกอบของผลไม้ที่ทำให้น้ำผลไม้ขุ่น ส่งผลให้น้ำผลไม้ใสขึ้น ความหนืดลดลง และกรองได้ง่ายขึ้น (นันทพร, 2550) และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลาย

เพคตินที่นิยมใช้คือเอนไซม์เพคตินเนส (Pectinases) ซึ่งเอนไซม์เพคตินเนสจะไปสลาย เพคติน บางส่วนที่ห่อหุ้มโมเลกุลของโปรตีนที่แขวนลอยอยู่ ทำให้ประจุบวกของโปรตีนภายในถูกเปิดออกและ เกิดแรงดึงดูดกับประจุลบของเพคตินที่อยู่ใกล้เคียง เกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ทำให้เกิดการ ตกตะกอน (Tangwongchai และ Attapolphaisan, 2010) ประสิทธิภาพของการย่อยสลายเพคติน ด้วยเอนไซม์เพคตินเนสขึ้นอยู่กับปัจจัยทางเคมีและกายภาพ เช่น ระยะเวลาในการบ่ม อุณหภูมิในการ บ่ม และความเข้มข้นของเอนไซม์

## 2.3 เอนไซม์เพคตินเนส

เพคตินเนสเป็นกลุ่มของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโครงสร้างโมเลกุลเพคตินที่เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์พบในพืชและจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา ในพืชพบที่ผนังเซลล์ แต่อยู่ต่างชั้นกับเพคติน แต่เมื่อเซลล์พืชได้รับความเสียหายเกิดรอยฉีกขาดจะทำให้เพคตินและ เอนไซม์เพคตินเนสเคลื่อนที่เข้าหากัน ส่งผลให้โครงสร้างโมเลกุลของเพคตินเกิดการย่อยสลาย ทำให้ เนื้อของผักผลไม้เน่ามลง เอนไซม์เพคตินเนสจะย่อยสลายโครงสร้างโมเลกุลเพคตินโดยเข้าไปทำปฏิกิริยา 2 แบบ ได้แก่

2.3.1 ปฏิกิริยาดีเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Deesterification) เป็นปฏิกิริยาที่เอนไซม์ประเภทนี้ไปแยก หมู่เมทิลตรงหมู่คาร์บอกซิลของเพคติน ซึ่งเอนไซม์กลุ่มนี้จัดเป็นเอนไซม์ไฮโดรเลสที่ย่อยสลายพันธะ เอสเทอร์ได้เป็นกรดเพคติกและเมทานอล จะไม่ย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิก (ภาพที่ 2.3) ได้แก่ เอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส (Pectinesterase หรือ PE) และเป็นเอนไซม์ที่พบในเซลล์พืช ทำให้เกิด การย่อยสลายโมเลกุลของเพคตินได้เป็นกรดเพคติก ซึ่งมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของผลไม้เน่ามลงในระหว่าง การสุก แต่ในทางตรงกันข้ามการย่อยสลายเพคตินในสภาวะที่มีแคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ) จะส่งผลให้ แคลเซียมสร้างพันธะกับหมู่คาร์บอกซิลของกรดเพคติกทำให้ผลไม้มีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น



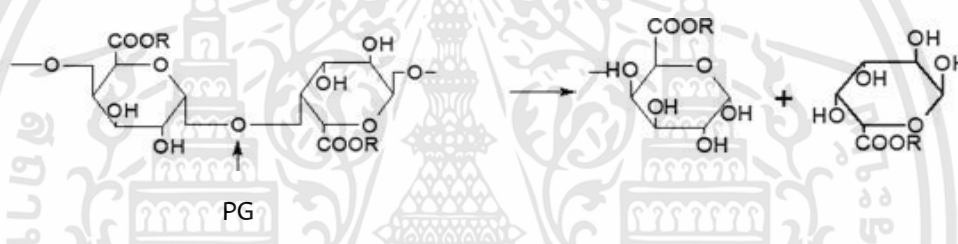
ภาพที่ 2.3 ปฏิกิริยาการย่อยสลายเพคตินของเอนไซม์เพคตินเนสชนิด Pectinesterase

ที่มา : Jayani และคณะ 2005

2.3.2 ปฏิกิริยาดีพอลิเมอร์ไรเซชัน (Depolymerization) เป็นการสลายโครงสร้างของเพคตินใน ตำแหน่งของพันธะไกลโคซิดิก การย่อยสลายนี้อาจมี 2 ปฏิกิริยา ได้แก่

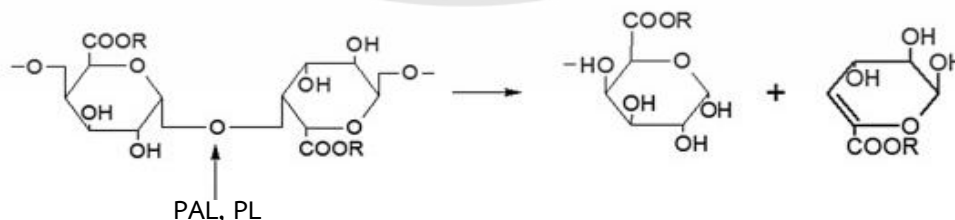
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.1 ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) เป็นการที่เอนไซม์เพคตินเนสเข้าทำปฏิกริยาที่ตำแหน่งพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิกในโครงสร้างของเพคติน (ภาพที่ 2.4) เอนไซม์จะเป็นตัวเร่งปฏิกริยาโดยมีน้ำเป็นตัวร่วมทำให้เกิดการสลายพันธะ เอนไซม์เพคตินเนสที่จัดเป็นเอนไซม์ไฮโดรเลสคือ เอนไซม์พอลิกลาแล็คทูโรเนส (Polygalacturonase หรือ PG) เอนไซม์พอลิกลาแล็คทูโรเนสสามารถแบ่งตามลักษณะการย่อยสลายได้ 2 แบบคือ Endo splitting เป็นเอนไซม์ที่มีการย่อยสลายแบบเป็นระเบียบ จะย่อยสลายพันธะบริเวณด้านในของสายพอลิเมอร์มีผลทำให้ความหนืดลดลงอย่างช้า และ Exo splitting เป็นเอนไซม์ที่มีการย่อยสลายแบบไม่เป็นระเบียบ จะย่อยสลายพันธะบริเวณปลายสุดของสายพอลิเมอร์ ทำให้ได้สารที่มีปลายรีดิวซ์จะมีผลให้ความหนืดลดลงอย่างรวดเร็ว ในเซลล์พืชพบเอนไซม์พอลิกลาแล็คทูโรเนสซึ่งมีความสัมพันธ์กับเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรส โดยเอนไซม์เพคตินเอสเทอเรสจะสลายโมเลกุลของเพคตินได้เป็นกรดเพคติก จากนั้นเอนไซม์พอลิกลาแล็คทูโรเนสจะทำปฏิกริยาต่อโดยการย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิกของกรดเพคติก ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลไม้เน่าลงในระหว่างการสุก (นิธิยา, 2551, มยุรา, 2559)



ภาพที่ 2.4 ปฏิกริยาการย่อยสลายเพคตินของเอนไซม์เพคตินเนสชนิด Polygalacturonase  
ที่มา : Jayani และคณะ 2005

2.3.2.2 ปฏิกริยาทรานซิลิมีเนชัน (Translimination) เอนไซม์เพคตินเนสประเภทที่อยู่ในกลุ่มไลเอส (Lyase) ได้แก่ Pectate lyase หรือ PAL และ Pectin lyase หรือ PL ซึ่งเอนไซม์กลุ่มนี้จะทำปฏิกริยาที่พันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิกของเพคตินและกรดเพคติกโดยที่ไม่มีน้ำ แต่อาศัยการเกิดเบต้า-อิลิมีเนชัน ( $\beta$ -Elimination) ทำให้ได้พอลิเมอร์สายสั้นที่เป็นปลายรีดิวซ์ด้านหนึ่ง และเป็นพอลิเมอร์ที่มีพันธะคู่ (ภาพที่ 2.5) เป็นเอนไซม์ที่พบในจุลินทรีย์ ไม่พบในพืช



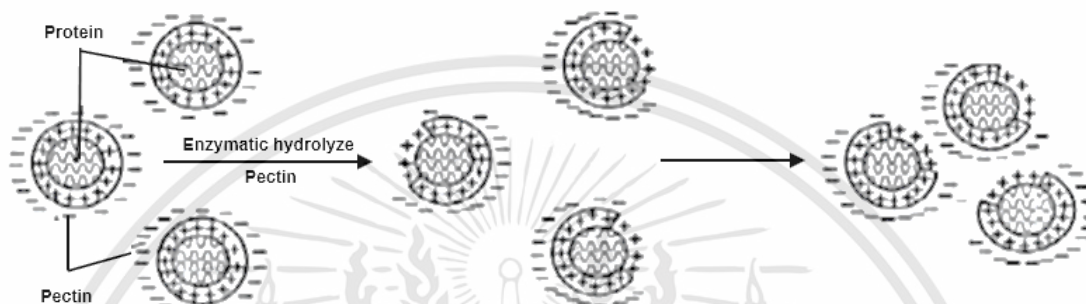
ภาพที่ 2.5 ปฏิกริยาการย่อยสลายเพคตินของเอนไซม์เพคตินเนสชนิด  
Pectate lyase และ Pectin lyase

ที่มา : Jayani และคณะ 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลไกการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนสในกระบวนการทำน้ำผลไม้คือ เอนไซม์เพคตินเนสจะไปสลายเพคตินบางส่วนที่ห่อหุ้มโมเลกุลของโปรตีนที่แขวนลอยอยู่ ทำให้ประจุบวกของโปรตีนภายในถูกเปิดออกและเกิดแรงดึงดูดกับประจุลบของเพคตินที่อยู่ใกล้เคียง เกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ (ภาพที่ 2.6) ส่งผลให้ความหนืดลดลง การกรองหรือการปั่นเหวี่ยงมีประสิทธิภาพดีขึ้น น้ำผลไม้ใสขึ้น

#### Mechanism of pectinase action.



ภาพที่ 2.6 กลไกการสลายเพคตินของเอนไซม์เพคตินเนส  
ที่มา : Lea 1995

เอนไซม์เพคตินเนสมีความสำคัญกับอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ ใช้ในการย่อยสลายเพคตินในกระบวนการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใส โดยจะทำให้ น้ำผลไม้มีความหนืดลดลงเนื่องจากโครงสร้างของเพคตินถูกย่อยให้มีโมเลกุลเล็กลง และโครงสร้างของโปรตีนบางส่วนถูกย่อยสลายส่งผลให้อนุภาคที่มีขนาดเล็กรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ และปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์เพคตินเนสคือ ชนิดของวัตถุดิบ ความเข้มข้นของเอนไซม์ พีเอช อุณหภูมิ และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา

ในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการทำน้ำกล้วยใส พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการบ่ม ช่วยเพิ่มความสามารถในการกรอง ความใสของน้ำกล้วยเพิ่มความขุ่นและความหนืดลดลง (Lee และคณะ, 2006) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sin และคณะ (2006) ที่ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของเอนไซม์ส่งผลให้ความใสของน้ำละมุดเพิ่มขึ้นซึ่งเกิดจากเพคตินบางส่วนที่ห่อหุ้มโปรตีนถูกทำลายส่งผลให้โปรตีนที่มีประจุบวกถูกปล่อยออกมา ทำให้เกิดการลดลงของแรงขับไฟฟ้าสถิตระหว่างอนุภาคทำให้อนุภาคเหล่านี้รวมตัวกันเป็นอนุภาคขนาดใหญ่และเมื่อนำไปหมุนเหวี่ยงทำให้เกิดการรวมตัวของตะกอนได้ดีขึ้น ส่งผลให้น้ำละมุดใสขึ้น และจากการศึกษาของอมรรัตน์ (2545) ในการทำน้ำฝรั่งใสโดยวิธีทางเคมีและชีวเคมี พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่านของน้ำฝรั่งที่ใช้เอนไซม์และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากปริมาณของเอนไซม์และระยะเวลาที่สูงขึ้นส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์ในการย่อยเพคตินมากขึ้น และทำให้โปรตีนแยกตัวจากเพคตินมาจับกับสารประกอบอื่นและตกตะกอนได้ดีขึ้น ซึ่งการเติมเอนไซม์เพคตินเนสปริมาณ 1,400 ppm บ่มเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมงมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่านสูงที่สุด และมีคะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี ความใส รสชาติ ความคงตัว และความชอบรวมสูงสุด และการศึกษาการใช้เอนไซม์เพคตินเนส ร่วมกับสารช่วยตกตะกอนคือ เบนโทไนด์ และเจลาติน พบว่าเอนไซม์เพคตินเนสย่อยเพคตินทำให้ โปรตีนเป็นอิสระ และเจลาตินจับกับสารประกอบเพคตินจึงทำให้โปรตีนสามารถจับกับเบนโทไนด์ได้ง่ายขึ้น การตกตะกอนดีขึ้น ส่งผลให้น้ำฝรั่งใสขึ้น

นอกจากนี้กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใสด้วยเอนไซม์เมื่อปรับอุณหภูมิ ระยะเวลาในการบ่ม และความเข้มข้นของเอนไซม์ให้เหมาะสม จะสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของน้ำผลไม้ต่างๆ ที่สกัดได้ เนื่องจากเอนไซม์เพคตินเนสย่อยสลายโครงสร้างโมเลกุลของเพคติน ส่งผลให้ความสามารถในการกักเก็บน้ำลดลง ดังนั้นน้ำในเซลล์จะถูกปล่อยออกมาทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น (Kashyap และคณะ, 2001; Lee และคณะ, 2006; Sharma และคณะ, 2014). Singh และคณะ (2012) รายงานว่า ผลของการสกัดน้ำมะตูมด้วยเอนไซม์ ทำให้ได้ปริมาณผลผลิตน้ำมะตูมเพิ่มขึ้นร้อยละ 17.5 โดยใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์ 20 มิลลิกรัมต่อ เนื้อมะตูม 100 กรัม เวลาในการบ่ม 425 นาที และอุณหภูมิ 47 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานวิจัยของ Joshi และคณะ (2011) ที่พบว่าเอนไซม์มีผลทำให้ได้ปริมาณผลผลิตของน้ำผลไม้เพิ่มขึ้น ได้แก่ พลัมจากร้อยละ 52 เป็นร้อยละ 78 พีช ร้อยละ 38 เป็นร้อยละ 63 แพรจากร้อยละ 60 เป็นร้อยละ 72 และแอปริคอตจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 80

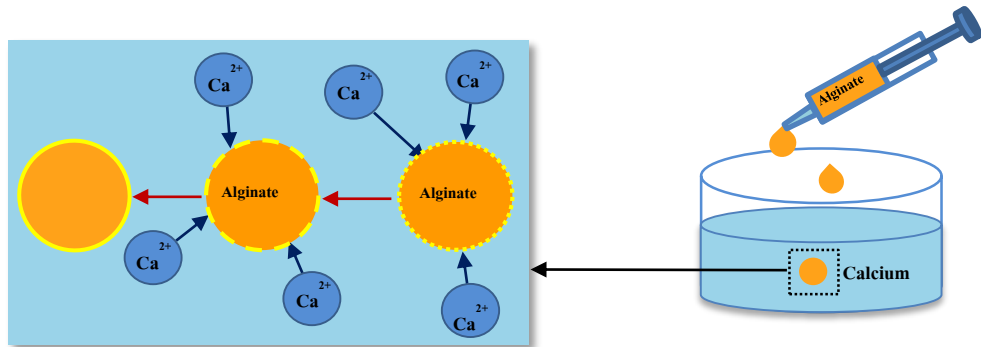
## 2.4 เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม

เป็นเทคนิคการทำอาหารแบบ molecular gastronomy ที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน เป็นการประยุกต์นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งอาศัยความแตกต่างระหว่างประจุของพอลิเมอร์ในการห่อหุ้มสารโดยใช้แอลจินเตและแคลเซียม เช่น แคลเซียมคลอไรด์ แคลเซียมแลคเตทในการผลิต เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยรักษากลิ่นรส นำส่งและควบคุมการปลดปล่อยสารอาหารที่สำคัญ เช่น โปรไบโอติก 프리ไบโอติก ช่วยป้องกันการสูญเสียคุณค่าต่างๆ ของสารอาหารจากกระบวนการผลิต

### 2.4.1 วิธีการขึ้นรูปทรงกลม แบ่งออกเป็น 2 วิธีได้แก่ (พัชรี และสุธีรา, 2561)

#### 2.4.1.1 วิธีการขึ้นรูปทรงกลมพื้นฐาน (Spherification)

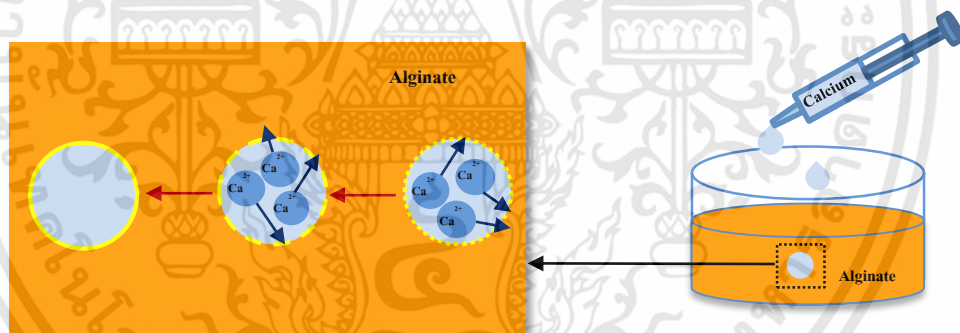
วิธีการขึ้นรูปทรงกลมพื้นฐาน เป็นวิธีการขึ้นรูปทรงกลมโดยใช้แอลจินเต (alginate) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่จัดเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ผสมกับสารอาหารหรือวัตถุดิบที่ต้องการห่อหุ้ม หยดลงในอ่างที่บรรจุสารละลายแคลเซียมที่มีประจุบวก ( $Ca^{2+}$ ) เกิดการแพร่ของแคลเซียมเข้าไปในแอลจินเต เกิดเป็นเยื่อห่อหุ้มด้านนอกที่มีลักษณะกลม (ภาพที่ 2.7) หากแช่เป็นระยะเวลาานานจะเกิดเจลตันภายในเม็ดปิดส์



ภาพที่ 2.7 การกลไกการเกิดเจลของเม็ดปิดสีโดยใช้เทคนิคขึ้นรูปทรงกลม (Spherification)

#### 2.4.1.2 วิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification)

วิธีการขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ เป็นวิธีการขึ้นรูปโดยผสมสารอาหารหรือวัตถุดิบที่ต้องการห่อหุ้มกับแคลเซียม และหยดลงอ่างที่บรรจุสารละลายแอลจินेटทำให้เกิดการห่อหุ้มสาร จะทำให้แคลเซียมภายในกระจายออกมามีภายนอกเกิดเป็นเจล (ภาพที่ 2.8) และหยุดกระบวนการเกิดเจลโดยล้างด้วยน้ำ นอกจากนี้สามารถแช่ในสารละลายแคลเซียมอีกครั้งเพื่อให้เกิดการห่อหุ้มเกิดอย่างสมบูรณ์

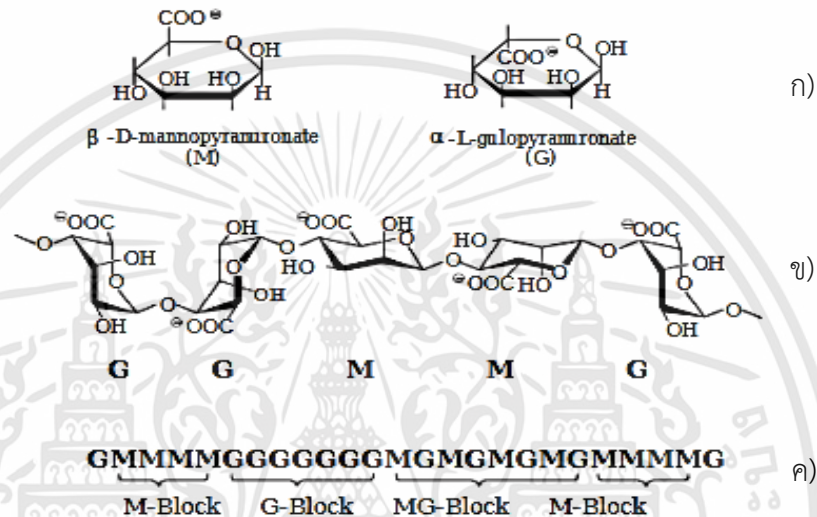


ภาพที่ 2.8 การกลไกการเกิดเจลของเม็ดปิดสีโดยใช้เทคนิคขึ้นรูปทรงกลมแบบย้อนกลับ (Reverse spherification)

## 2.5 แอลจินेट (Alginate)

แอลจินेटจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ที่พบในสาหร่ายสีน้ำตาล (Phaeophyceae) เป็นโพลีเมอร์ผสมชนิดสายตรง (Unbranched binary copolymer) ที่ประกอบด้วยกรดแมนนูโรนิก ( $\beta$ -D-manuronic acid, M) และกรดกลูโรนิก ( $\alpha$ -L-guluronic acid, G) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกที่ตำแหน่ง C1 และ C4 โมเลกุลของแอลจินेटประกอบด้วย Homopolymeric regions ของกรดแมนนูโรนิก (M-block) กรดกลูโรนิก (G-block) และทั้งสองเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดสลับกัน (MG-blocks) (ภาพที่ 2.9) อัตราส่วนระหว่างกรดแมนนูโรนิกและกรดกลูโรนิกในโครงสร้างของแอลจินเตมีผลต่อลักษณะของเจลที่เกิดขึ้น เช่น แอลจินเตที่มีกรดแมนนูโรนิกสูงจะได้เจลที่มีลักษณะยืดหยุ่นและมีความอ่อนนุ่ม ในทางตรงกันข้ามแอลจินเตที่มีกรดกลูโรนิกสูงเจลที่ได้จะมีลักษณะไม่ยืดหยุ่นและแข็ง และแอลจินเตที่มี MG-blocks สูงเจลจะมีลักษณะแข็งปานกลาง และละลายน้ำได้ดี

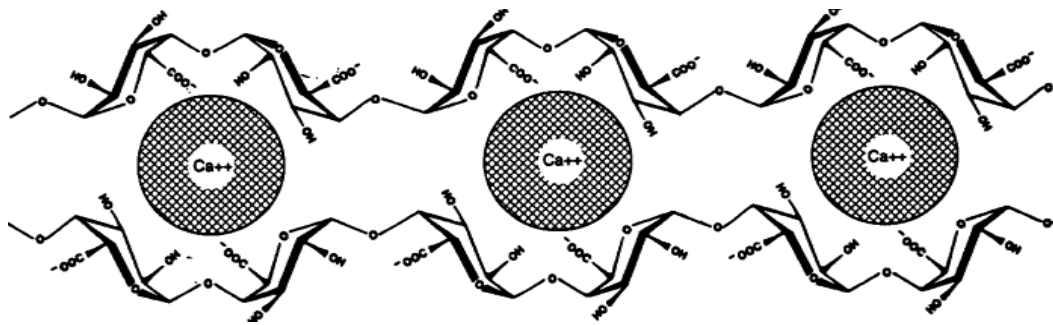


ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของแอลจินเต

ก) มอนอเมอร์ของแอลจินเต ข) พอลิเมอร์แอลจินเต ค) ลำดับสายโซ่ของพอลิเมอร์แอลจินเต

ที่มา : Smidsrod และ Draget. (1996)

แอลจินเตสามารถเกิดเจลได้เมื่อทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะที่มีประจุ  $2^+$  เช่น แคลเซียม ( $\text{Ca}^{2+}$ ), แบเรียม ( $\text{Ba}^{2+}$ ), ทองแดง ( $\text{Cu}^{2+}$ ) และอะลูมิเนียม ( $\text{Al}^{3+}$ ) ทั่วไปนิยมใช้แคลเซียมในการทำให้แอลจินเตเกิดเจล โดยแคลเซียมจะสร้างพันธะไอออนิกกับหมู่คาร์บอกซิลิก ( $\text{COO}^-$ ) ของกรดกลูโรนิก และสร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิล ( $-\text{OH}$ ) ในสายพอลิเมอร์ใกล้เคียงๆ กันทำให้เกิดเป็นร่างแหในลักษณะที่คล้ายกับถาดใส่ไข่ที่เรียกว่า egg box (ภาพที่ 2.10) การเกิดเจลที่แข็งของแอลจินเตขึ้นอยู่กับอัตราการแพร่ของแคลเซียมเข้าสู่ชั้นในของแอลจินเตและระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาจะสิ้นสุดลงเมื่อแอลจินเตหมดพื้นที่ที่จะให้แคลเซียมเข้าทำปฏิกิริยา



ภาพที่ 2.10 การเกิดเจลของแอลจินेटในรูป egg box

ที่มา : Rousseau และคณะ (2004)

Lee and Roger (2012) ได้ศึกษาผลของแหล่งแคลเซียมและระยะเวลาในการเกิดเจลของคาร์-เวียร์ที่ขึ้นรูปโดยวิธีขึ้นรูปทรงพื้นฐานโดยใช้โซเดียมแอลจินेट พบว่าความเร็วของการเกิดเจลเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของแคลเซียม แม้ว่าความแข็งแรงของเจลจะแปรผันตามแหล่งของแคลเซียม โดยแคลเซียมคลอไรด์มีความสามารถในการเกิดเจลเร็วที่สุด (~ 100 วินาที) ตามด้วยแคลเซียมแลคเตท (~ 500 วินาที) และแคลเซียมกลูโคเนต (~ 2000 วินาที) ซึ่งแคลเซียมคลอไรด์เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดแต่มีรสขมหากใช้ในปริมาณมาก ในขณะที่แคลเซียมกลูโคเนตมีข้อได้เปรียบกว่าแคลเซียมชนิดอื่นคือจะได้เยื่อที่มีความหนาและแข็งแรง นอกจากนี้ความเข้มข้นของโซเดียมแอลจินेटและแคลเซียมยังมีผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ วรณวิมล (2558) ได้ศึกษาการผลิตเต้าหู้โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม ซึ่งหาพื้นที่ผิวตอบสนอง (Responses Surface Methodology) และออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design โดยกำหนด 2 ตัวแปรคือ ความเข้มข้นของโซเดียมแอลจินेटและแคลเซียมคลอไรด์ พบว่าความเข้มข้นของโซเดียมแอลจินेटและแคลเซียมคลอไรด์มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ และกำหนดให้ปัจจัยตอบสนองที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือค่าความแข็ง ซึ่งพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมเต้าหู้ทรงกลมคือ ใช้โซเดียมแอลจินेटที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.96 และแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.59 และจากสมการทำนายค่าความแข็งของเต้าหู้ที่สภาวะนี้อยู่ที่ 1140.27 (กรัม•แรง) จากการทดสอบสมการพบว่ามีความแข็งแรง 1128.68±12.68 (กรัม•แรง) และนำผลิตภัณฑ์มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยของญาดาวิ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่มุกข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมเพื่อใช้ในอาหารสำหรับผู้สูงอายุ ที่ศึกษาความเข้มข้นของโซเดียมแอลจินेटและแคลเซียมคลอไรด์ โดยหาพื้นที่ผิวตอบสนอง (Responses Surface Methodology) และออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมคือร้อยละ 1.25 และร้อยละ 1.31 ตามลำดับ และใช้ระยะเวลาในการแช่ 8 ชั่วโมงมีความเหมาะสมที่สุดในการขึ้นรูป

## 2.6 พรีไบโอติก

พรีไบโอติก คือ สารอาหารที่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตไม่สามารถผลิตเอนไซม์มาย่อย และไม่สามารถถูกย่อยโดยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ เกิดประโยชน์ในเชิงสุขภาพ ทำหน้าที่ในการส่งเสริมการเจริญและกิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้หรือระบบทางเดินอาหาร เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* ทำให้สามารถผลิตกรดแลคติกในลำไส้ใหญ่ ส่งผลให้สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ เช่น *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholera*, *Salmonella typhimurium* และ *Esherichia coli* โดยพรีไบโอติกจัดเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ มีคุณสมบัติที่ไม่สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ ทนต่อการดัดแปรในกระเพาะอาหาร ไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารและลำไส้เล็ก ให้พลังงานต่ำหรือไม่ให้พลังงาน ดังนั้นพรีไบโอติกจึงมีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ช่วยปรับสมดุลให้กับระบบทางเดินอาหาร ลดระดับคอเลสเตอรอล ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ลดการเกิดอาการท้องผูก เพิ่มมวลอุจจาระ เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมแคลเซียม แมกนีเซียม และแร่ธาตุต่างๆ ส่งเสริมภูมิคุ้มกัน ลดโอกาสในการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร (ประกานต์ และจารุณี, 2555) นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรครีรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคมะเร็งลำไส้ ปัจจุบันพรีไบโอติกมีหลากหลายชนิด เช่น อินูลิน ไคติน ไคโตซาน ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ รีซิสแตนท์สตาร์ช ฯลฯ

### 2.6.1 ประโยชน์ของพรีไบโอติก (สุญาณี, 2549)

2.6.1.1 ผลต่อการดูดซึมแร่ธาตุบางชนิด แบคทีเรียในลำไส้จะย่อยสลายพรีไบโอติกได้กรดไขมันสายสั้น (Short chain fatty acid) ซึ่งในสภาวะความเป็นกรดจะช่วยดูดซึมแคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม และสังกะสี และกรดไขมันสายสั้นที่ผลิตได้ส่งผลต่อกลไกการดูดซึมน้ำและในสภาวะความเป็นกรดบริเวณลำไส้ใหญ่ส่งผลให้เกิดสื่อแร่ต่างๆ สามารถละลายได้มากขึ้น

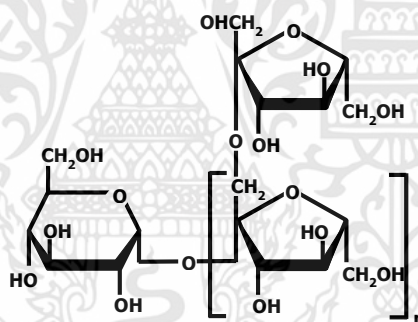
2.6.1.2 ผลต่อการเผาผลาญไขมัน จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพิ่มจำนวนมากขึ้นจะช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอลและยับยั้งการดูดซึมผ่านผนังลำไส้ นอกจากนี้ผลจากกระบวนการย่อยสลายพรีไบโอติกจะได้กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) ซึ่งไปยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันและคอเลสเตอรอล ดังนั้นพรีไบโอติกช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดแข็งที่มีสาเหตุมาจากไขมันได้

2.6.1.3 มีผลต่อระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย เนื่องจากพรีไบโอติกทนต่อการย่อยของกรดในกระเพาะอาหาร ไม่ถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึมในลำไส้เล็ก แต่จะเป็นอาหารให้กับกลุ่มของแบคทีเรียที่มีประโยชน์และในสภาวะเป็นกรดจะช่วยยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อโรค เช่น *Esherichia coli*, *Clostridium perfringens* เป็นต้น ซึ่งช่วยลดอาการท้องผูก อาการท้องเดินเนื่องจากการติดเชื้อ เพิ่มปริมาณอุจจาระ เนื่องจากพรีไบโอติกมีลักษณะคล้ายใยอาหาร จึงทำให้ระบบขับถ่ายสามารถทำงานได้ดีขึ้น

2.6.1.4 มีผลต่อระบบภูมิคุ้มกันของระบบทางเดินอาหาร ซึ่งพบว่าพรีไบโอติกช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในลำไส้ ช่วยป้องกันการติดเชื้อเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และยังช่วยให้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ทำงานได้ดียิ่งขึ้น

## 2.7 ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Fructo-oligosaccharide; FOS)

จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดกลาง เรียกว่า โอลิโกแซคคาไรด์ (Oligosaccharide) (3 - 9 โมเลกุล) ในโครงสร้างประกอบด้วยน้ำตาลฟรุคโตสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเบต้า 2-1 (ภาพที่ 2.11) ซึ่งปลายด้านหนึ่งเป็นน้ำตาลกลูโคส เป็นสารให้พลังงานต่ำ ให้ความหวานประมาณร้อยละ 30 ของน้ำตาลทราย ละลายน้ำ และไม่ให้ความหนืด ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ พบมากในพืช เช่น ข้าวสาลี หัวซีเคอร์รี อาร์ติโชค หน่อไม้ฝรั่ง แก่นตะวัน และพืชหัวต่างๆ ในปัจจุบันมีการสกัดฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์จากหัวซีเคอร์รีโดยใช้เอนไซม์ Fructosyltransferase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา



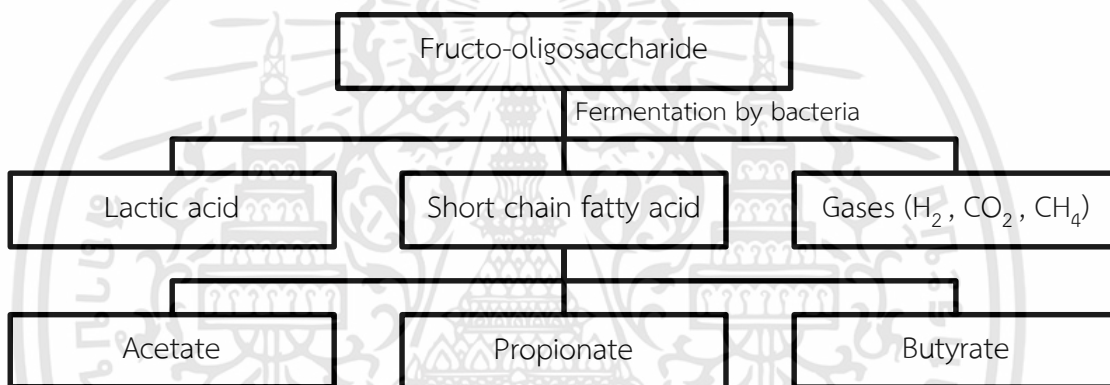
ภาพที่ 2.11 โครงสร้างทางเคมีของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์



ภาพที่ 2.12 ลักษณะของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์มีคุณสมบัติคล้ายใยอาหาร ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถผลิตเอนไซม์มาย่อย และไม่สามารถถูกย่อยโดยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารได้ แต่ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์จะถูกย่อยโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ได้กรดไขมันสายสั้น กรดแลคติก และก๊าซต่างๆ (ภาพที่ 2.13) มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ดังนั้นฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มอย่างแพร่หลาย เช่น โยเกิร์ต ขนมปัง น้ำผลไม้ โดยใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อีกทั้งยังเป็นพรีไบโอติกที่ช่วยส่งเสริมการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ชนิดดีในลำไส้ ช่วยให้ระบบขับถ่ายเป็นปกติ ช่วยเพิ่มมวลอุจจาระ ช่วยเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุต่างๆ ได้ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และยังลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด การรับประทานฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณ 4 - 8 กรัมต่อวัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเยื่อลำไส้และลำไส้ได้ดีขึ้น (วรรณกุล, 2556)



ภาพที่ 2.13 การย่อยฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์  
ที่มา : วรรณกุล (2556)

## 2.7.1 ผลของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ต่อร่างกาย (วรรณกุล, 2556)

### 2.7.1.1 แบคทีเรียในลำไส้ใหญ่

ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นพรีไบโอติกที่จัดเป็นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ ไม่ให้ความหนืด ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายได้ แต่สามารถย่อยสลายได้โดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่จำพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ โดยจะไปกระตุ้นการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ เช่น Bifidobacteria และ Lactobacilli ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะผลิตกรดแลคติกทำให้ลำไส้ใหญ่มีสภาวะความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ หากในร่างกายมีจุลินทรีย์ก่อโรคในปริมาณมาก จุลินทรีย์เหล่านี้จะสร้างสารพิษ เป็นผลให้เกิดการติดเชื้อในกระแสเลือด ท้องเสีย และจุลินทรีย์เหล่านี้ยังสามารถทำลายเยื่อบุบริเวณลำไส้ใหญ่ได้ ซึ่งการที่ร่างกายมีแบคทีเรียดีในปริมาณมากและแข็งแรง จะส่งผลให้สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย (May และคณะ, 1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.1.2 ระบบขับถ่าย

แก๊สที่เกิดจากแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ย่อยสลายฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ช่วยให้แก๊สสะสมในอุจจาระบริเวณลำไส้ใหญ่ในปริมาณมาก จึงส่งผลให้น้ำหนักและปริมาณของอุจจาระเพิ่มขึ้น (Roberfroid, 2000) และฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ยังช่วยเพิ่มมวลอุจจาระเพิ่มขึ้น มีคุณสมบัติเหมือนใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ส่งผลให้อุจจาระอ่อนนุ่ม นอกจากนี้กรดไขมันสายสั้นที่ผลิตได้ช่วยกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ จึงลดระยะเวลาการเคลื่อนที่ของอุจจาระในลำไส้ใหญ่ และลดอาการท้องผูกได้ (Gibson และ Roberfroid, 1995)

### 2.7.1.3 ระดับน้ำตาลในเลือด

คุณสมบัติของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่สามารถเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำ มีความหวานเล็กน้อยจึงทำให้ระดับของน้ำตาลในเลือดไม่สูงมาก และยังมีผลต่อฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการหลั่งอินซูลิน และการดูดซึมกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือด

### 2.7.1.4 การเจริญของเยื่อบุลำไส้

กรดไขมันสายสั้นที่เป็นผลผลิตจากการย่อยสลายฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์โดยจุลินทรีย์ในลำไส้ เป็นแหล่งพลังงานที่ถูกนำไปใช้ในการเจริญของเยื่อบุลำไส้ เป็นผลให้การดูดซึมแร่ธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เพิ่มมากขึ้น และความเป็นกรดในลำไส้ที่เพิ่มขึ้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายของแร่ธาตุต่างๆ

### 2.7.1.5 การสร้างสารพิษของแบคทีเรีย

แบคทีเรียในร่างกายสามารถสร้างสารพิษจากกระบวนการเมตาบอลิซึมได้ ซึ่งสารพิษที่แบคทีเรียสร้างขึ้นนั้นมีผลเสียต่อดังนี้ และสามารถเป็นสารก่อมะเร็งได้ โดยฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์จะยับยั้งการเจริญเติบโตและลดการสร้างสารพิษของจุลินทรีย์ได้

## 2.8 การฆ่าเชื้ออาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท

การฆ่าเชื้ออาหารนั้นเป็นวิธีการที่ทำให้อาหารปราศจากเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารภายใต้สภาวะการเก็บรักษา เพื่อให้อาหารสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานและปลอดภัย การใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการนิยม จะใช้ความร้อนในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหาร ซึ่งกระบวนการผลิตจะบรรจุอาหารในภาชนะปิดสนิท ใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อ

วิธีการใช้ความร้อนในการฆ่าเชื้อมี 2 วิธี ซึ่งความร้อนที่ใช้จะแบ่งตามวัตถุประสงค์เฉพาะของผลิตภัณฑ์และการเก็บรักษา ดังนี้

2.8.1 การพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เป็นวิธีการฆ่าเชื้อที่ใช้อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส นิยมใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่ต้องการรักษาคุณภาพหรือคุณลักษณะเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผลิตภัณฑ์ เช่น นมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตที่มีองค์ประกอบของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย มีอายุการเก็บรักษาสั้นสามารถแบ่งตามอุณหภูมิและระยะเวลาในการฆ่าเชื้อได้ 2 วิธีคือ

2.8.1.1 วิธีการใช้ความร้อนสูงระยะเวลาสั้น (High temperature low time: HTLT) เป็นวิธีการให้ความร้อนสูงแบบต่อเนื่องและใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนสั้น ซึ่งอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิด คุณสมบัติบางอย่างของผลิตภัณฑ์ และสภาวะของการเก็บรักษา เช่น ในผลิตภัณฑ์นมที่ใช้วิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบ HTST จะใช้อุณหภูมิประมาณ 72 -75 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนเป็นระยะเวลา 15 วินาที และลดอุณหภูมಿಯ่างรวดเร็ว

2.8.1.2 วิธีการใช้ความร้อนต่ำระยะเวลาสั้น (Low temperature long time: LTLT) เป็นวิธีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนนาน เช่น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที

2.8.2 การสเตอริไลซ์ (Sterilization) เป็นวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อใช้อุณหภูมิสูงในการทำลายเซลล์และสปอร์ของจุลินทรีย์ที่สร้างสารพิษ จุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียในอาหาร เช่น *Clostridium botulinum* ดังนั้นการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลซ์ในอุตสาหกรรมอาหารจะเป็นวิธีการทำให้ปลอดเชื้อทางการค้า (Commercial sterilization) เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีการที่ไม่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด แต่จุลินทรีย์เหล่านี้จะไม่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่กำหนด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาได้นานในสภาวะปกติ

ในกระบวนการให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์จะให้ความสำคัญกับค่า  $F_0$  คือ ค่าที่บ่งบอกระยะเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิหนึ่งเพื่อใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่ทราบจำนวนภายใต้สภาวะที่กำหนด ซึ่งการใช้ค่า  $F$  นั้นจะต้องทราบอุณหภูมิที่ใช้และค่า  $Z$  ของจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลาย เช่น  $F_{121.1}^{10}$  คือ จำนวนนาทีที่ 121.1 องศาเซลเซียส ที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ และมีค่า  $Z$  คือ 10 องศาเซลเซียสในการลดจุลินทรีย์ลงจำนวนหนึ่ง (ทิพพาพร, 2557)

## 2.9 การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การประเมินอายุการเก็บรักษาเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถกำหนดอายุของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีหลักเกณฑ์ รวมถึงสภาวะของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ได้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาตามที่กำหนด เพื่อให้เกิดการยอมรับของผู้ประกอบการและผู้บริโภค ซึ่งการประเมินอายุการเก็บรักษาอาหารจะต้องมีข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัอาหาร เช่น องค์ประกอบของอาหาร กลไกการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของอาหาร กระบวนการแปรรูป บรรจุภัณฑ์ และสภาวะการเก็บรักษา การที่อาหารเกิดการเสื่อมเสียหรือคุณภาพลดลงเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของอาหารทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

## 2.9.1 การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียของอาหาร (วัฒนา, 2550)

2.9.1.1 การเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับ ความเสียหายทางกายภาพ เช่น เกิดรอยช้ำบนผิวของผลไม้ เกิดการแตกหักของผลิตภัณฑ์ที่มีความ เปราะและแห้ง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงประเภทนี้จะเกี่ยวข้องกับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยว การ แปรรูป และการขนส่ง นอกจากนี้อุณหภูมิระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษาล้วนมีผลให้เกิดการ เปลี่ยนแปลง เช่น น้ำผึ้งเกิดผลึก เกิดหยดน้ำบริเวณผิวของเนยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง ขอสมะเชื้อ- เทศเกิดการแยกชั้นระหว่างการเก็บรักษา การแตกหักของขนมระหว่างการขนส่ง ฯลฯ

2.9.1.2 การเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ ของอาหาร เช่น น้ำที่สามารถทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ได้ดี การเสียดสภาพของโปรตีนจากอุณหภูมิ พี เอช เอนไซม์ หรือโลหะหนัก การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันทำให้อาหารที่มีไขมันเป็น องค์ประกอบเกิดกลิ่นหืน การเกิดรีโทรเกรดชันของนมผงทำให้นมผงมีลักษณะแข็งกระด้าง การ สูญเสียวิตามินซีจากกระบวนการแปรรูปโดยใช้ความร้อน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกิดขึ้นส่วน ใหญ่จะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการแปรรูปและการเก็บรักษา

2.9.1.3 การเปลี่ยนแปลงทางด้านจุลินทรีย์ เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีผลทำให้อาหารเกิด การเน่าเสีย (Spoilage) ถ้าในอาหารมีองค์ประกอบที่เหมาะสมที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ได้ จะทำให้ จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวน โดยจุลินทรีย์มีทั้งชนิดที่ทำให้เกิดการ เน่าเสีย จุลินทรีย์ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ ในการเน่าเสียของอาหารจากจุลินทรีย์มักก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค เช่น การปนเปื้อนของ แบคทีเรียชนิด *Clostridium botulinum* ในหน่อไม้ดิบทำให้ผู้ที่รับประทานหน่อไม้เข้าไปเกิดอาการ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และหายใจติดขัด นอกจากนี้แบคทีเรียชนิดนี้ยังก่อให้เกิดโรค Botulism ที่ เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารพิษ (Botulinum toxin) ที่แบคทีเรียชนิดนี้สร้าง ขึ้น ส่งผลให้แขน ขา กล้ามเนื้อต่างๆ รวมถึงระบบหายใจไม่ทำงาน (สุทธิพงษ์, 2549)

## 2.9.2 การทดสอบอายุการเก็บรักษาอาหาร (งามทิพย์, 2550)

2.9.2.1 การทดสอบในสภาวะปกติ เป็นวิธีการทดสอบอายุการเก็บรักษาที่เก็บผลิตภัณฑ์ อาหารไว้ในสภาวะควบคุม และสุ่มตัวอย่างออกมาวิเคราะห์การเสื่อมเสียเป็นระยะ จนกว่าผลิตภัณฑ์ อาหารนั้นจะมีคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งเป็นการเก็บรักษาในสภาวะจริง

2.9.2.2 การทดสอบในสภาวะเร่ง เป็นวิธีการทดสอบที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารไว้ใน สภาวะควบคุมที่สามารถเร่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นได้ เช่น อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเก็บ รักษาปกติ การเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้สัมผัสกับผลิตภัณฑ์มากขึ้น ซึ่งวิธีการเร่งการเสื่อมเสียของ ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นจะมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหาร บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ใน การเก็บรักษา โดยที่การเก็บรักษาวิธีนี้จะใช้ระยะเวลาในการทดลองสั้นเนื่องจากทำให้เกิดการเสื่อม เสียอย่างรวดเร็ว และนำค่าที่วิเคราะห์ได้ไปแปรผลเป็นอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะ ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันการทดสอบอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยม เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับการเก็บรักษาในสภาวะจริง เพื่อเป็นการรับประกันว่าผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ จะมีอายุในการวางจำหน่ายจริงเป็นเท่าไร โดยการศึกษาจะอาศัยหลักทางจลพลศาสตร์ของปฏิกิริยา เพื่อศึกษาในขั้นต้นว่าเป็นปฏิกิริยาในลำดับใดซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 2.9.2.2.1 หลักจลพลศาสตร์ในการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร

จลพลศาสตร์ของปฏิกิริยา (Kinetics of Reaction) ของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยวัดจากคุณภาพบางด้านของผลิตภัณฑ์ เริ่มต้นที่ลดลงต่อระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งจลพลศาสตร์ของปฏิกิริยาสามารถนำไปใช้ในการอธิบายอัตราการเสื่อมเสียของคุณภาพอาหารได้ ซึ่งจะแสดงในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพที่มีต่อระยะเวลาของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซึ่งเรียกว่า อันดับของปฏิกิริยา ประกอบด้วย

##### ปฏิกิริยาอันดับศูนย์ (Zero order)

เป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาคงที่ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเริ่มต้น เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพ (แกน x) กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (แกน Y) จะได้กราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพที่เกิดขึ้นสามารถมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ เช่น กะทิผงที่เก็บรักษาในถุงออลูมิเนียมพอยด์และบรรจุในระบบสุญญากาศมีค่า PV เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Jena และ Das, 2012) การสูญเสียวิตามินซีในน้ำส้มเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ดัชนีคุณภาพมีแนวโน้มที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา (Burdurlu และคณะ, 2006) ปฏิกิริยาอันดับศูนย์สามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้ (Yan และคณะ, 2008., กรรวิ, 2559)

$$C_t - C_0 = -kt \quad (2.1)$$

- โดยที่  $C_0$  เป็นค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพเริ่มต้น  
 $C_t$  เป็นค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพที่ระยะเวลาใดๆ  
 $k$  เป็นค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)

##### ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First order)

เป็นปฏิกิริยาที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาไม่คงที่ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณสารเริ่มต้น เมื่อนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์จะได้กราฟที่มีลักษณะเป็นเอ็กซ์โพเนนเชียล เช่น การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การเสื่อมเสียของโปรตีน

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามิน เป็นต้น ปฏิกิริยาอันดับหนึ่งสามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้ (Yan และคณะ, 2008., กรรวิ, 2559)

$$\ln(C_0 / C_t) = -kt \quad (2.2)$$

โดยที่  $C_0$  เป็นค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพเริ่มต้น  
 $C_t$  เป็นค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพที่ระยะเวลาใดๆ  
 $k$  เป็นค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)

#### ปฏิกิริยาอันดับสอง (Second order)

เป็นปฏิกิริยาที่พบน้อยมากมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาไม่คงที่ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับปริมาณสารเริ่มต้นเช่นเดียวกับปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง แต่ปฏิกิริยาอันดับสองสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าดัชนีคุณภาพได้มากกว่าปฏิกิริยาอันดับหนึ่งเมื่อปริมาณของสารตั้งต้นเท่ากัน สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง  $1/C_t$  หรือ  $1/C_0 - 1/C_t$  (แกน X) กับระยะเวลาในการเก็บรักษา (แกน Y) ปฏิกิริยาอันดับสองสามารถคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้ (Yan และคณะ, 2008., กรรวิ, 2559)

$$1/C_0 - 1/C_t = -kt \quad (2.3)$$

โดยที่  $C_0$  เป็นค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพเริ่มต้น  
 $C_t$  เป็นค่าความเข้มข้นของดัชนีคุณภาพที่ระยะเวลาใดๆ  
 $k$  เป็นค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (1/หน่วยเวลา)

#### 2.9.2.2.2 $Q_{10}$ (Temperature quotient)

เป็นวิธีการคำนวณอายุการเก็บรักษาที่นิยมมากในปัจจุบัน เนื่องจากง่าย ต้นทุนในการศึกษาต่ำ สามารถคาดคะเนอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะจริงได้ค่อนข้างแม่นยำ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในทุกระดับของอุณหภูมิ (Labuza, 1982; Labuza และ Schmidl, 1985, ธนกิจ และคณะ, 2561)

## บทที่ 3

# วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

### 3.1 วัสดุดิบ

#### 3.1.1 วัสดุดิบที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1.1 มะละกอสุกพันธุ์ฮอลแลนด์
- 3.1.1.2 น้ำผึ้ง จาก บริษัท ดอยคำผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด, ไทย
- 3.1.1.2 สารสกัดหญ้าหวาน จาก บริษัท สยามซอร์บิทอล จำกัด, ไทย

#### 3.1.2 สารที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.2.1 โซเดียมแอลจิเนต (Food grade) จากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ไทย
- 3.1.2.2 แคลเซียมแลคเตท (Food grade) จากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ไทย
- 3.1.2.3 ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ (Food grade) จากบริษัท ดีเคเอสเอช จำกัด, ไทย
- 3.1.2.4 กรดแอสคอร์บิก (Food grade) จากบริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด, ไทย
- 3.1.2.5 กลิ่นมะละกอ (Food grade) จากบริษัท ออลวินฟู้ด จำกัด, ไทย
- 3.1.2.6 เอนไซม์เพคตินเนส (Food grade) จากบริษัท ริชไปโอเทคโนโลยี จำกัด, ไทย
- 3.1.2.7 อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar จากบริษัท กิ๊ปไทย จำกัด, ไทย
- 3.1.2.8 อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar จากบริษัท กิ๊ปไทย จำกัด, ไทย
- 3.1.2.9 เปปโตน จากบริษัท กิ๊ปไทย จำกัด, ไทย

### 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 3.2.1.1 เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง (Sartorius, Bp3100S, Germany)
- 3.2.1.2 เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Denver, SI-234, Germany)
- 3.2.1.3 เครื่องปั่นผสม (Electrolux, China)
- 3.2.1.4 เครื่องปั่นผสมมือถือ (Russell Hobbs, 21501-56, England)
- 3.2.1.5 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Eppendorf, 5804r, Germany)
- 3.2.1.6 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง (Mettler Toledo, Easy Pro, Switzerland)
- 3.2.1.7 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Shimadzu, UV-1800, Japan)
- 3.2.1.8 เครื่องวัดสี (HunterLab, ColorQuest XE, USA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.2.1.9 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus, UK)
- 3.2.1.10 เครื่องวัดความหวาน (Atago, PAL-  $\alpha$ , Japan)
- 3.2.1.11 เครื่องนึ่งความดันไอน้ำ (Tomy, ES-315, Japan)
- 3.2.1.12 ตู้บ่มเชื้อ (Kendro, Heraeus, Germany)
- 3.2.1.13 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Mettler, WB-29, Germany)
- 3.2.1.14 เครื่องคนสารละลายด้วยแรงแม่เหล็ก (Franz Morat, M20/1, USA)
- 3.2.1.15 เครื่องดูดจ่ายสารละลายแบบอัตโนมัติ (Thermo Fisher Scientific, Finn  
Pipette F2, UAS)
- 3.2.1.16 เวอร์เนียร์ (Mitutoyo, Japan)
- 3.2.1.17 เครื่องเขย่าสาร ((Scientific Industries, Vortex-genie2, USA)

### 3.2.2 เครื่องแก้ว เครื่องครัว และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 3.2.2.1 ขวดรูปชมพู่
- 3.2.2.2 ปีกเกอร์
- 3.2.2.3 แท่งแก้ว
- 3.2.2.4 ขวดแก้ว
- 3.2.2.5 ครอบขวด
- 3.2.2.6 หลอดทดลอง
- 3.2.2.7 หลอด Centrifuge
- 3.2.2.8 จานเพาะเชื้อพลาสติก
- 3.2.2.9 เทอร์โมมิเตอร์
- 3.2.2.10 ครอบขวดนึ่งยา ขนาด 50 มิลลิลิตร
- 3.2.2.11 แท่งแม่เหล็กกวนสาร
- 3.2.2.12 ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
- 3.2.2.13 นาฬิกาจับเวลา
- 3.2.2.14 เต้าแก๊ส
- 3.2.2.15 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 3.2.2.16 อ่างผสมสแตนเลส
- 3.2.2.17 หม้อสแตนเลส
- 3.2.2.18 ทัพพีสแตนเลส
- 3.2.2.19 ช้อนสแตนเลส
- 3.2.2.20 ช้อนตักสาร
- 3.2.2.21 กระจอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.22 พอยล์อลูมิเนียมห่ออาหาร

3.2.2.23 อุปกรณ์เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.2.2.24 แบบประเมินทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale)

### 3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.3.1 การศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสต่อคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส

น้ำมะละกอฮอลแลนด์สุกที่มีน้ำหนักต่อผลประมาณ 1 – 1.5 กิโลกรัม ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก เอาเมล็ดออก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ปั่นเนื้อมะละกอโดยใช้เครื่องปั่นผสมด้วยความเร็วเบอร์ 3 เป็นระยะเวลา 3 นาที วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและ pH ในเนื้อมะละกอปั่น (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 11 - 13 °Brix และ pH 5 - 6) เติมเอนไซม์เพคตินเนสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนักของเนื้อมะละกอ ปั่นเป็นระยะเวลา 1 นาที เติมเนื้อมะละกอที่ปั่นแล้วใส่ในขวดรูปชมพู่ ปั่นในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแช่น้ำที่อุณหภูมิ 90 – 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที และทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว (ตัดแปลงจากมยุรา และคณะ, 2560) นำน้ำมะละกามาแยกน้ำและตะกอนโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงที่ควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 8,000 rpm เป็นระยะเวลา 20 นาที และพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 – 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วินาที บรรจุน้ำมะละกอชนิดใสในขวดแก้วปริมาณ 75 กรัม ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (ภาพที่ 3.1)

##### 3.3.1.1 การตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส

1) วิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่าน (%Transmittance, %T) ด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (ภาคผนวก ข.1)

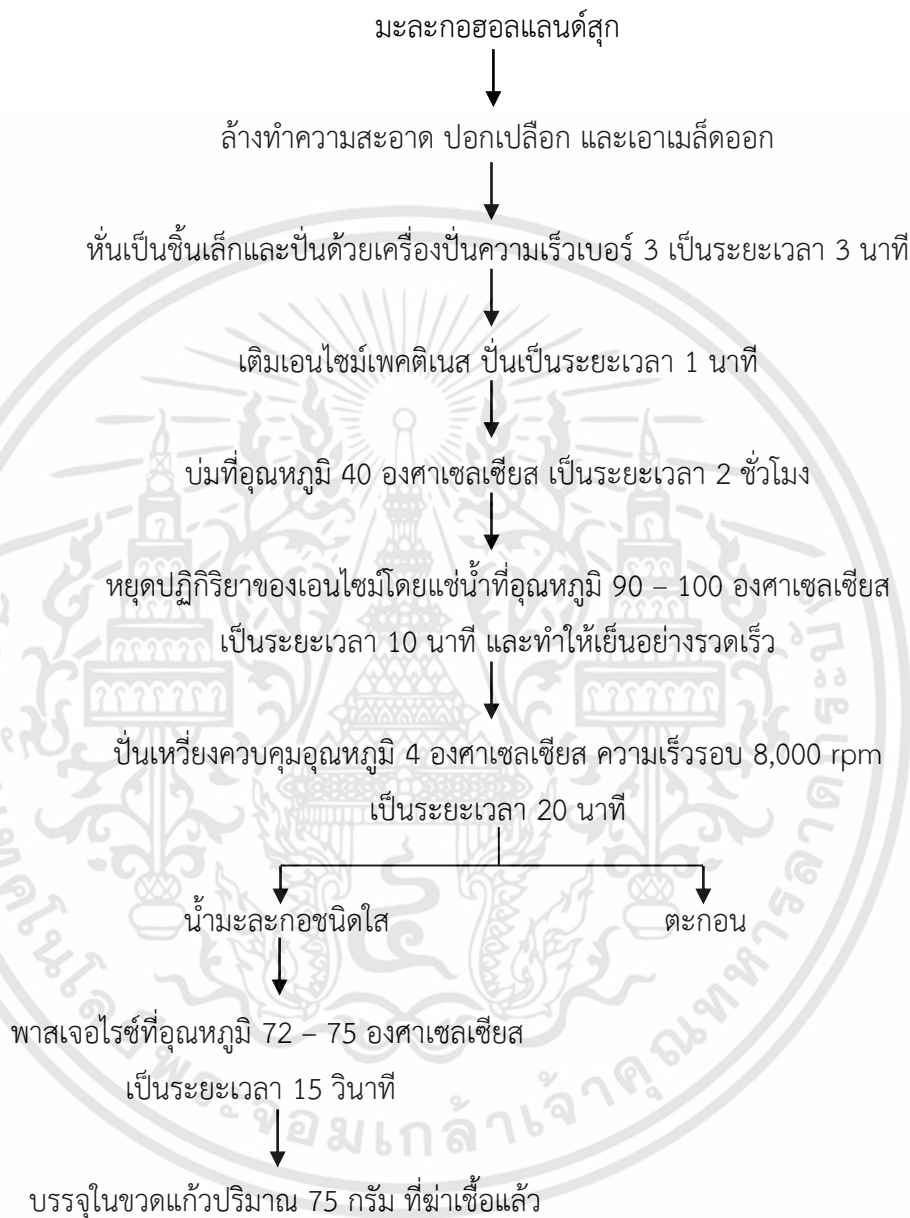
2) วัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี ในระบบ Hunter lab โดยวัดค่าสีของตัวอย่างในระบบของตัวแปร L\* a\* และ b\* (ภาคผนวก ข.2)

3) คำนวณปริมาณของผลผลิต (% Yield) ของน้ำมะละกอที่สกัดได้โดยคำนวณจากสมการ 3.1 (Bora และคณะ, 2017)

$$\text{ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำผลไม้ที่สกัดได้}}{\text{ปริมาณเนื้อผลไม้ก่อนการสกัด}} \times 100 \quad (3.1)$$

4) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ชิมผลิตภัณฑ์และประเมินคุณภาพโดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - point hedonic scale) ต่อคุณลักษณะด้านสี ความใส กลิ่น รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบรวม คัดเลือกความ

เข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เหมาะสม โดยเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงสุดเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกต่อไป



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำมะละกอชนิดใส

ที่มา : ดัดแปลงจากมยุราและคณะ (2560)

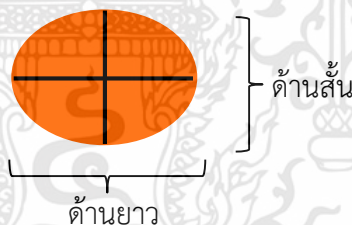
### 3.3.2 การศึกษาผลของการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก

น้ำมะละกอฮอลแลนด์สุกที่มีน้ำหนักต่อผลประมาณ 1 – 1.5 กิโลกรัม ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก เอาเมล็ดออก และสกัดแยกกากมะละกอด้วยเครื่องสกัดแยกกาก วัดปริมาณของแข็งที่ละลายเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำและ pH ในน้ำมะละกอ (ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 11 - 13 °Brix และ pH 5 - 6) นำกากที่เหลือไปผสมกับเนื้อมะละกอปั่นในข้อ 3.3.1 เพื่อทำน้ำมะละกอชนิดใส นำน้ำมะละกอที่ได้จากการสกัดแยกกากเติมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณที่แตกต่างกันดังนี้ 3.7, 7.4 และ 11.1 กรัม เติมน้ำ 67 กรัม น้ำผึ้ง 16.7 กรัม กรดแอสคอร์บิก 1.3 กรัม และเติมโซเดียมแอลจีเนต 0.8 กรัม ต่อน้ำมะละกอ 100 กรัม ปั่นด้วยเครื่องปั่นผสมมือถือด้วยความเร็วต่ำเป็นระยะเวลา 1 นาที ใช้กระบอกฉีดยาขนาด 50 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ดูดน้ำมะละกอเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ 50 มิลลิลิตร หยดลงสารละลายแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 วางบนเครื่องคนสารละลายด้วยแรงแม่เหล็ก คนเบาๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที จะเกิดการห่อหุ้มของเม็ดปิดส์ทำให้เม็ดปิดส์มีลักษณะเป็นทรงกลม นำออกจากเครื่องคนสารละลายด้วยแม่เหล็ก แช่วเม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อเป็นระยะเวลา 5 นาที กรองเม็ดปิดส์ด้วยตะแกรง แล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น และพาสเจอร์ไรซ์ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 72 - 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วินาที บรรจุในขวดแก้วที่บรรจุน้ำสเตอร์ไรซ์ (ภาพที่ 3.3)

### 3.3.2.1 การตรวจสอบคุณภาพของเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติก

- 1) ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 2) วัดขนาดด้วยเวอร์เนียร์ โดยวัดขนาดด้านยาว ด้านสั้น (ภาพที่ 3.2) และคำนวณอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น เพื่อศึกษาความกลมของเม็ดปิดส์จากสมการที่ 3.2 ของพัชรีและสุธีรา (2561) ซึ่งอัตราส่วนที่คำนวณได้มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าเม็ดปิดส์กลมมาก



ภาพที่ 3.2 ลักษณะการวัดขนาด

$$\text{อัตราส่วน} = \frac{\text{ด้านยาว (มิลลิเมตร)}}{\text{ด้านสั้น (มิลลิเมตร)}} \quad (3.2)$$

- 3) วัดความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT Plus) วิเคราะห์แบบ Texture profile analysis (ภาคผนวก ข.3)
- 4) วัดค่าสีด้วยเครื่องเครื่องวัดสี ในระบบ Hunter lab โดยวัดค่าสีของตัวอย่างในระบบของตัวแปร L\* a\* และ b\* (ภาคผนวก ข.2)
- 5) การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ชิมผลิตภัณฑ์และประเมินคุณภาพโดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - point hedonic scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบรวม คัดเลือกปริมาณฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เหมาะสม โดยเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบ ทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตเม็ดปิดสีฟรีไบโอติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท

เลือกเม็ดบีดส์ที่เติมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณที่ได้รับการยอมรับในข้อ 3.3.2 มาศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เม็ดบีดส์ โดยหัดเม็ดบีดส์ลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทความเข้มข้นร้อยละ 1.5 คนสารละลายด้วยแรงแม่เหล็กเบาๆ เป็นระยะเวลา 3 นาที จะเกิดการห่อหุ้มของเม็ดบีดส์ทำให้เม็ดบีดส์มีลักษณะเป็นทรงกลม นำออกจากเครื่องคนสารละลายด้วยแม่เหล็ก แช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดบีดส์ที่แช่แคลเซียมแลคเตทที่ระยะเวลาต่างกัน โดยสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 5 นาที เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง

#### 3.3.3.1 การตรวจสอบคุณภาพของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก

- 1) ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 2) วัดขนาดด้วยเวอร์เนียร์ โดยวัดขนาดด้านยาว ด้านสั้น (ภาพที่ 3.2) และคำนวณอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้นสมการที่ 3.2
- 3) วัดความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT Plus) วิเคราะห์แบบ Texture profile analysis (ภาคผนวก ข.3)

### 3.3.4 การศึกษาสัดส่วนของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกต่อน้ำมะละกอชนิดใสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์

ผลิตน้ำมะละกอใสที่ได้รับการยอมรับและผลิตตามกระบวนการในข้อ 3.3.1 ปรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำและ pH โดยเติมกรดแอสคอร์บิก 0.8 กรัม สารสกัดจากหญ้าหวาน 1.2 กรัม เพื่อให้ได้น้ำมะละกอที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 12 °Brix และ pH 4 และกลี้นมะละกอ 0.5 กรัม ต่อน้ำมะละกอใส 100 กรัม และผลิตเม็ดบีดส์เสริมฟรีไบโอติกที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมตามกระบวนการในข้อ 3.3.2 โดยที่ใช้ระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ในแคลเซียมแลคเตทที่เหมาะสมในข้อ 3.3.3 การศึกษาสัดส่วนโดยเติมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกในน้ำมะละกอปริมาณร้อยละ 10, 30 และ 50 บรรจุในขวดแก้วปริมาณ 75 กรัม (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 ปริมาณเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกและน้ำมะละกอชนิดใส

ปริมาณ (ร้อยละ)	เม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก (กรัม)	น้ำมะละกอ (กรัม)
10	7.5	67.5
30	22.5	52.5
50	37.5	37.5

#### 3.3.4.1 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก

ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกกับผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 30 คน ชิมผลิตภัณฑ์และประเมินคุณภาพโดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(9 - point hedonic scale) ต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบรวม คัดเลือกสัดส่วนของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกต่อน้ำมะละกอชนิดใส่ที่เหมาะสม โดยเลือกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

### 3.3.5 การศึกษาผลของการสเตอริไรซ์ต่อคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก

ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมบีดส์ฟรีไบโอติกที่ได้รับคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดจากข้อ 3.3.4 และนำมาฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่แตกต่างกัน 2 วิธี คือ พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 - 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วินาที และสเตอริไรซ์โดยใช้เครื่องนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที

3.3.5.1 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์และสเตอริไรซ์

- 1) ชั่งน้ำหนักเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- 2) วัดขนาดเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกด้วยเวอร์เนียร์ โดยวัดขนาดด้านยาว ด้านสั้น (ภาพที่ 3.2) และคำนวณอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้นสมการที่ 3.2
- 3) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-Xt Plus) วิเคราะห์แบบ Texture profile analysis (ภาคผนวก ข.3)
- 4) วัดค่าสีเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกและน้ำมะละกอด้วยเครื่องวัดสี ในระบบ Hunter lab โดยวัดค่าสีของตัวอย่างในระบบของตัวแปร  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  (ภาคผนวก ข.2)
- 5) วิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่านของน้ำมะละกอ (%Transmittance, %T) ด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร (ภาคผนวก ข.1)

3.3.5.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์

นำผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์มาทดสอบการยอมรับกับผู้บริโภคจำนวน 300 คน ในเขตจังหวัดระยองและกรุงเทพมหานคร โดยสอบถามข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการซื้อและการบริโภคน้ำผลไม้ชนิดใส เช่น น้ำแอปเปิ้ล น้ำองุ่น เป็นต้น ชิมผลิตภัณฑ์และประเมินคุณภาพโดยการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 - point hedonic scale) ต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และความชอบรวม

3.3.5.3 ศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์

การศึกษาอายุการเก็บรักษาของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดสัฟฟิไรโบไดคที่บรรจุในขวดแก้วที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์ โดยเก็บรักษาที่สภาวะเร่งในตัวควบคุมอุณหภูมิ 2 สภาวะ คืออุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส ตรวจสอบติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 1 สัปดาห์เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ศึกษาอันดับของปฏิกิริยาตามหลักจลพลศาสตร์ และคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในแบบสภาวะเร่งด้วยการคำนวณค่า  $Q_{10}$  ดังนี้

1) คำนวณจากกราฟการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ดังสมการที่ 3.3 และประมาณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งดังสมการที่ 3.4 และ 3.5

$$Q_{10}^{\Delta T / 10} = k_{T_2} / k_{T_1} \quad (3.3)$$

โดยที่  $k_{T_1}$  เป็นค่าความชันของกราฟการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิที่ 1

$k_{T_2}$  เป็นค่าความชันของกราฟการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิที่ 2

$\Delta T$  เป็นผลต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา 2 ระดับของอุณหภูมิ ขั้นตอนการประมาณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่ง

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณอัตราเร่งการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์

$$AAR = Q_{10}^{((AAT - AT) / 10)} \quad (3.4)$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านสภาวะเร่ง

$$AATD = DRTA / AAR \quad (3.5)$$

โดยที่ AAR เป็นอัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์

AATD เป็นอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านสภาวะเร่ง

DRTA เป็นอายุการเก็บรักษาจริงของผลิตภัณฑ์

AAT เป็นอุณหภูมิที่ใช้เร่งในการเก็บรักษา

AT เป็นอุณหภูมิในการเก็บรักษาโดยปกติของผลิตภัณฑ์

2) สมการของ Labuza และ Schmidl (1985) ดังสมการที่ 3.6 และ 3.7 และทำนายอายุการเก็บรักษาจากสมการที่ 3.8 ของ

$$Q_{10} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 °C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C (วัน)}} \quad (3.6)$$

และ  $Q_1 = Q_{10}^{0.1} \quad (3.7)$

$$Q_1^{\Delta T} = \frac{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C (วัน)}}{\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 °C (วัน)}} \quad (3.8)$$

### 3) การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องตีมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไปโอดิก

3.1) วัดลักษณะเนื้อสัมผัสเม็ดบีดส์ฟรีไปโอดิกด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT Plus) วิเคราะห์แบบ Texture profile analysis (ภาคผนวก ข.3)

3.2) วัดค่าสีเม็ดบีดส์ฟรีไปโอดิกและน้ำมะละกอด้วยเครื่องวัดสี ในระบบ Hunter lab โดยวัดค่าสีของตัวอย่างในระบบของตัวแปร  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  (ภาคผนวก ข.2)

3.3) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) และวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (AOAC, 2000) ของเครื่องตีมะละกอเสริมบีดส์ฟรีไปโอดิก (ภาคผนวก ค.1 และค.2)

#### 3.3.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ปริมาณผลผลิต และจุลินทรีย์วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete randomized design, CRD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสต่อคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส

การศึกษาผลของเอนไซม์เพคตินเนสต่อคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใสที่เติมปริมาณของเอนไซม์เพคตินเนสในปริมาณร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 โดยน้ำหนักของเนื้อมะละกอ นำน้ำมะละกอชนิดใสที่ผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ ความใส สี ปริมาณผลผลิต และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1, 4.2 และภาพที่ 4.1, 4.2

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมะละกอชนิดใสที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสในปริมาณต่างกัน

Physical properties	Pectinase (%)		
	0.1	0.3	0.5
Clarity (%T)	69.60±1.04 <sup>a</sup>	73.18±1.36 <sup>b</sup>	74.92±1.36 <sup>b</sup>
L*	85.54±0.21 <sup>a</sup>	86.40±0.02 <sup>b</sup>	88.30±0.10 <sup>c</sup>
a*	7.24±0.11 <sup>c</sup>	6.02±0.03 <sup>b</sup>	3.53±0.03 <sup>a</sup>
b*	36.54±0.10 <sup>b</sup>	33.98±0.03 <sup>a</sup>	33.99±0.03 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของน้ำมะละกอด้านความใสพบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่านของน้ำมะละกอที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสปริมาณร้อยละ 0.1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับน้ำมะละกอที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสปริมาณร้อยละ 0.3 และ 0.5 (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่สูงขึ้นทำให้การย่อยสลายเพคตินที่อยู่ในน้ำมะละกอมีประสิทธิภาพดี และเพิ่มประสิทธิภาพในการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำและตะกอนได้ดี ส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่านของน้ำมะละกอมีแนวโน้มสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Tu และคณะ (2013) รายงานว่าการใช้ endo-PG 1 ร่วมกับ pectin methylesterase ในเชิงพาณิชย์ ทำให้การกรองน้ำมะละกอดีขึ้นและเพิ่มการส่องผ่านร้อยละ 51.9 ในทำนองเดียวกัน Mukprasirt (2002) พบว่า เปรอร์เซ็นต์การยอมให้แสงส่องผ่านของน้ำฝรั่งชนิดใสเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสเพิ่มขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลายเพคตินในน้ำฝรั่งที่เติมเอนไซม์เพคตินเนส 1,400 ppm ทำให้การส่องผ่านสูงสุดที่ 650 นาโนเมตร

การวิเคราะห์ค่าสีของน้ำมะละกอเมื่อพิจารณาค่า L\* พบว่าความสว่างของทุกตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การย่อยสลายเพคตินที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมะละกอสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการแยกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

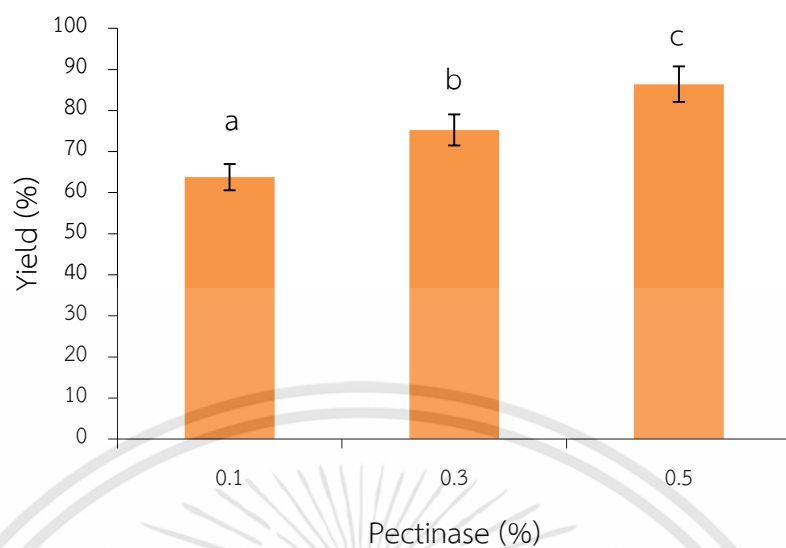
จากการปั่นเหวี่ยงได้ดีขึ้น น้ำมะละกอจึงมีความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่า  $a^*$  และค่า  $b^*$  ของน้ำมะละกอ ทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเป็นสีส้ม (ภาพที่ 4.1) โดยน้ำมะละกอที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสที่ความเข้มข้น ร้อยละ 0.1 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับน้ำมะละกอที่เติมเอนไซม์เพคตินเนส ความเข้มข้นร้อยละ 0.3 และ 0.5 แสดงว่าน้ำมะละกามีความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลงเมื่อความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.1 ความแตกต่างของน้ำมะละกอชนิดใสที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสแตกต่างกัน

ก) ร้อยละ 0.1 ข) ร้อยละ 0.3 และ ค) ร้อยละ 0.5

การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของน้ำมะละกอที่สกัดได้ พบว่าผลผลิตน้ำมะละกอทุกตัวอย่าง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ภาพที่ 4.2) แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเอนไซม์ เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตน้ำมะละกอสูงขึ้น เอนไซม์จะย่อยสลายเพคตินทำให้ความสามารถ ในการอุ้มน้ำของเพคตินลดลง น้ำอิสระถูกปล่อยออกมาเป็นผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Kashyap และคณะ , 2001) Bora (2017) พบว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการ สกัดน้ำกล้วยเพิ่ม ทำให้ได้ผลผลิตน้ำกล้วยมากขึ้น สอดคล้องกับ Srivastaval และ Tyagi (2013) รายงานว่าการใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้นในการผลิตน้ำแอปเปิ้ล ทำให้ได้ผลผลิต น้ำแอปเปิ้ลสูงขึ้น โดยความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เหมาะสมคือ 7 มิลลิกรัมต่อเนื้อแอปเปิ้ล 25 กรัม จะทำให้ได้ได้ผลผลิตสูงถึงร้อยละ 83.8 นอกจากนี้ Tadakittisarn และคณะ (2007) พบว่า การควบคุมสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำกล้วยจะส่งผลให้ได้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ซึ่งความเข้มข้น ที่เหมาะสมในการสกัดคือร้อยละ 0.15 ปมที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที



ภาพที่ 4.2 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสต่อผลผลิตของน้ำมะละกอชนิดใส

ตารางที่ 4.2 คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมะละกอชนิดใส

Sensory properties	Pectinase (%)		
	0.1	0.3	0.5
Color	6.67±1.24 <sup>a</sup>	7.50±0.86 <sup>b</sup>	8.03±0.67 <sup>c</sup>
Clarity	6.73±1.80 <sup>a</sup>	7.27±1.01 <sup>ab</sup>	7.33±1.09 <sup>b</sup>
Flavor <sup>ns</sup>	5.90±2.04	5.50±1.76	6.17±1.70
Taste <sup>ns</sup>	6.10±1.90	6.43±1.83	6.37±1.47
Mouth feel <sup>ns</sup>	6.17±1.88	6.33±1.67	6.37±1.56
Overall appearance <sup>ns</sup>	6.20±2.01	6.47±1.55	6.50±1.36

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ผลการศึกษาคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำมะละกอ พบว่าคุณลักษณะด้านสีและความใสของทุกตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) (ตารางที่ 4.2) ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับการวิเคราะห์สีโดยใช้เครื่อง Hunter lab ในการวิเคราะห์ โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุดคือ น้ำมะละกอที่เติมเอนไซม์เพคตินเนสที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และความชอบด้านความใสสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความใสโดยใช้เครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้โครงสร้างของเพคตินถูกย่อยสลายได้มากขึ้น ทำให้โปรตีนสามารถเข้าไปจับกับองค์ประกอบอื่นๆ แล้วเกิดตะกอนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ เมื่อนำไปหมุนเหวี่ยงจึงเกิดการแยกระหว่างตะกอนกับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มะละกอ จึงทำให้ความใสของน้ำมะละกอเพิ่มมากขึ้นและความเข้มของสีลดลง ผู้ทดสอบจึงสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของตัวอย่างได้อย่างชัดเจน ซึ่งคุณลักษณะด้านสีและความใสของผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะที่สำคัญของน้ำผลไม้ชนิดใส และเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ รวมถึงเป็นเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อีกด้วย นอกจากนี้คุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบรวมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

การเลือกปริมาณของเอนไซม์เพคตินเนสที่ใช้ในการผลิตน้ำมะละกอชนิดใส พิจารณาจากตัวอย่างน้ำมะละกอจากคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าไม่แตกต่างกันจึงเลือกปริมาณเอนไซม์เพคตินเนสร้อยละ 0.3 เพื่อใช้ในการเตรียมน้ำมะละกอชนิดใสและใช้ในการทดลองในลำดับต่อไป

#### 4.2 การศึกษาผลของการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในเม็ดบีดส์

การศึกษาผลของการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในเม็ดบีดส์ต่อคุณภาพของเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด นำเม็ดบีดส์ที่ผลิตมาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ น้ำหนัก ขนาดด้านยาว ขนาดด้านสั้น อัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น ความแข็ง สี และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3, 4.4 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณต่างกัน

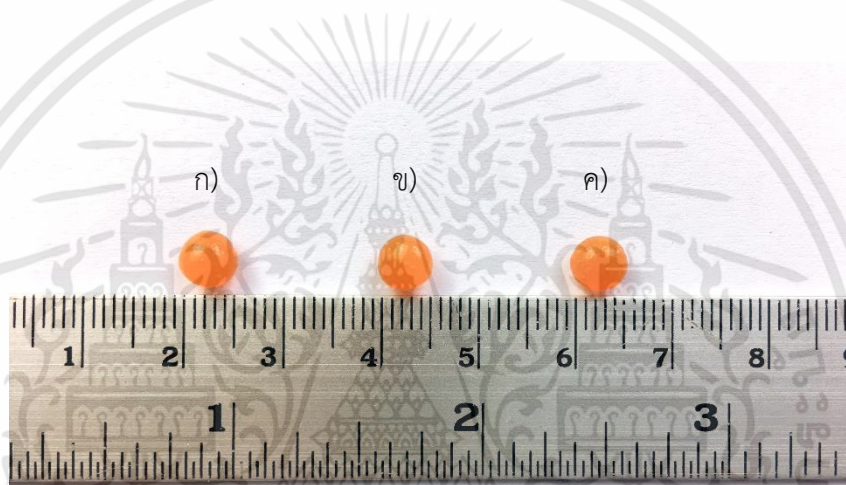
Properties	Fructo-oligosaccharide (%)		
	2	4	6
Weight (g)	0.09±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.01 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>c</sup>
Long side (mm)	6.05±0.06 <sup>b</sup>	5.95±0.13 <sup>a</sup>	6.03±0.10 <sup>b</sup>
Short side (mm) <sup>ns</sup>	5.93±0.15	5.88±0.10	6.04±0.23
Ratio (mm) <sup>ns</sup>	0.98±0.02	0.99±0.04	1.00±0.03
Hardness (g•force)	68.25±0.90 <sup>b</sup>	66.36±1.32 <sup>a</sup>	64.88±1.64 <sup>a</sup>
L*	30.25±0.36 <sup>a</sup>	30.85±0.06 <sup>b</sup>	31.54±0.29 <sup>c</sup>
a*	24.41±0.11 <sup>b</sup>	24.04±0.56 <sup>ab</sup>	23.62±0.24 <sup>a</sup>
b*	33.86±0.15 <sup>b</sup>	32.43±0.92 <sup>a</sup>	32.04±0.76 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการศึกษาปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เหมาะสมต่อเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกแสดงดังตารางที่ 4.3 พบว่าอัตราส่วนที่คำนวณได้ของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกทั้ง 3 ตัวอย่างมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดง

ว่าเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกทุกตัวอย่างมีลักษณะกลม โดยขนาดของเม็ดบีดส์เกิดจากหลายปัจจัย เช่น ขนาดของหัวเข็มที่ใช้หยด ปริมาณของกรดกลูโรนิกในโครงสร้างของแอลจินิต และความหนืดของสารละลาย (Wichchukit และคณะ, 2013) ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เป็นใยอาหารที่ไม่ส่งผลต่อความหนืด ดังนั้นขนาดและความกลมของเม็ดบีดส์จึงขึ้นอยู่กับความหนืดของแอลจินิตเป็นหลัก และขนาดของเม็ดบีดส์ยังเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของกรดกลูโรนิกในโครงสร้างของแอลจินิต (Martinsen และคณะ, 1992, Selimoglu และ Elibol, 2010) ซึ่งถ้าภายในโครงสร้างของแอลจินิตมีปริมาณกรดกลูโรนิกสูง ส่งผลให้เคลือบสามารถสร้างพันธะเชื่อมระหว่างแอลจินิตที่อยู่ใกล้กันทำให้เกิดโครงสร้างที่เรียกว่า egg box ได้ดีและทำให้เม็ดบีดส์มีลักษณะกลมมากขึ้น ซึ่งเม็ดบีดส์ทั้ง 3 ตัวอย่างมีปริมาณของแอลจินิตเท่ากัน ดังนั้นเม็ดบีดส์จึงมีขนาดใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 ขนาดของเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณต่างกัน  
ก) ร้อยละ 2 ข) ร้อยละ 4 และ ค) ร้อยละ 6 ตามลำดับ

ด้านความแข็งแรงพบว่าเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 2 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับเม็ดบีดส์เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 4 และ 6 ซึ่งจะเห็นว่าความแข็งแรงของเม็ดบีดส์ลดลงเมื่อปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการเกิดเจลของแอลจินิตที่ไม่สมบูรณ์ เพราะฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ไปขัดขวางการเกิดเจลของแอลจินิต ทำให้เจลไม่แข็งแรงเกิดรูพรุน เมื่อตั้งทิ้งไว้จึงเกิดการดูดน้ำได้มากขึ้น เม็ดบีดส์จึงมีความแข็งแรงลดลง และทำให้น้ำหนักของเม็ดบีดส์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

การวิเคราะห์ค่าสีของเม็ดบีดส์เมื่อพิจารณาค่า  $L^*$  พบว่าความสว่างของทุกตัวอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้เม็ดบีดส์สว่างเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากรูพรุนขนาดใหญ่ของเม็ดบีดส์ที่เติมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณมาก (ร้อยละ 6) น้ำจึงสามารถซึมเข้าสู่ด้านในของเม็ดบีดส์ได้มากขึ้นเม็ดบีดส์จึงมีความสว่างมากขึ้น ส่วนค่า  $a^*$  และค่า  $b^*$  ของเม็ดบีดส์ทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเป็นสีส้ม (ภาพที่ 4.3) จากผลการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแสดงให้เห็นว่าเม็ดบีดส์มีความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลงเมื่อเติมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์เพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 4.4** คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณต่างกัน

Sensory properties	Fruto-oligosaccharide (%)		
	2	4	6
Appearance	7.06±1.25 <sup>b</sup>	6.67±1.60 <sup>b</sup>	5.33±1.95 <sup>a</sup>
Color	7.43±1.19 <sup>b</sup>	7.03±1.37 <sup>b</sup>	5.1±1.86 <sup>a</sup>
Flavor <sup>ns</sup>	5.90±1.40	5.50±1.57	5.63±1.52
Taste <sup>ns</sup>	4.00±1.98	4.77±2.33	4.23±2.18
Texture	7.43±1.19 <sup>b</sup>	5.17±2.60 <sup>a</sup>	4.90±2.59 <sup>a</sup>
Mouth feel <sup>ns</sup>	5.03±1.60	5.30±1.85	4.96±1.60
Overall appearance	6.00±1.17 <sup>b</sup>	6.27±1.28 <sup>b</sup>	5.17±1.37 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ผลการศึกษาคคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของเม็ดบีดส์ พบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี และความชอบโดยรวมของเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 6 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับเม็ดบีดส์เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 2 และ 4 (ตารางที่ 4.4) สามารถอธิบายได้ว่าเม็ดบีดส์ที่มีปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 6 ผู้ทดสอบสามารถมองเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน และปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 2 และ 4 ได้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง ซึ่งคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏและสีเป็นลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคจะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์เป็นอันดับแรก และคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 2 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับเม็ดบีดส์เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 4 และ 6 โดยเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 2 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุด ได้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบจากเครื่องวัดเนื้อสัมผัสที่แสดงให้เห็นว่าเม็ดบีดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 2 มีความแข็งสูงที่สุด นอกจากนี้คุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ และความรู้สึกในปากไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

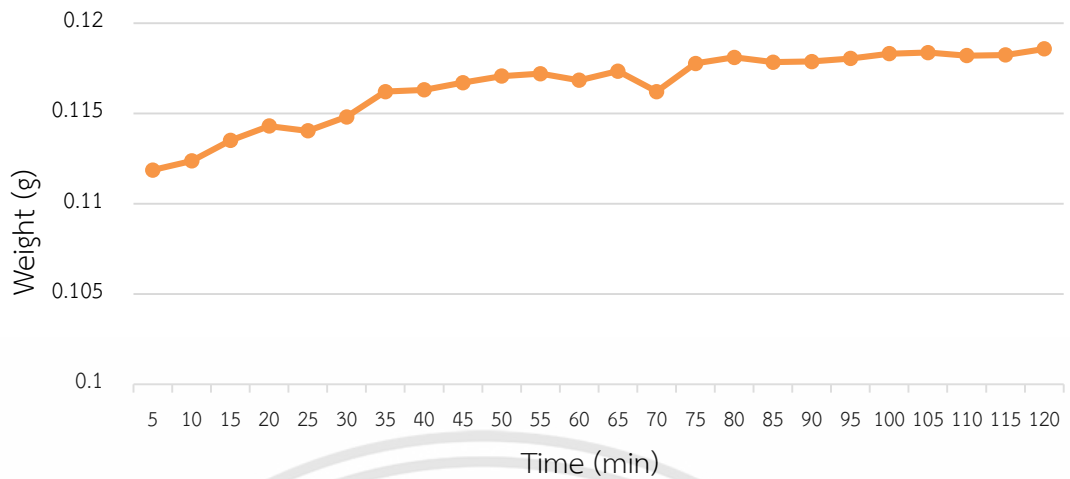
การเลือกปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่ใช้เสริมในเม็ดบีดส์ พิจารณาจากตัวอย่างเม็ดบีดส์ที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ คือ ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 4 เพื่อใช้ในการเตรียมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกและใช้ในการทดลองในลำดับต่อไป

### 4.3 การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท

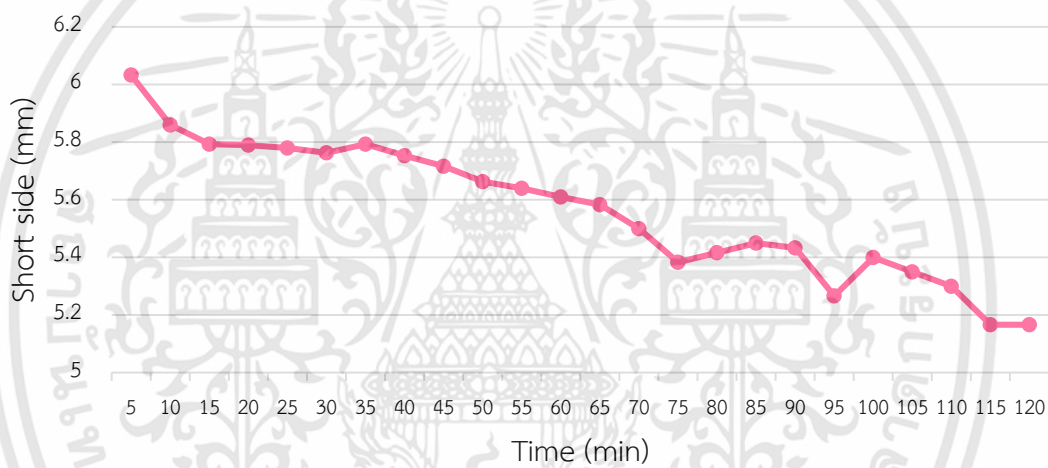
การศึกษาผลของระยะเวลาการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อการเกิดเจลของเม็ดบีดส์ที่ผลิตโดยเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ร้อยละ 4 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด นำเม็ดบีดส์ที่เตรียมได้มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ ได้แก่ น้ำหนัก ขนาดด้านยาว ขนาดด้านสั้น อัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น และความแข็ง โดยทำการสุ่มตัวอย่างเม็ดบีดส์ที่แช่ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทมาตรวจสอบคุณภาพทุก 5 นาที จนครบ 2 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในภาพที่ 4.4 ถึง 4.8

การศึกษาระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมงต่อน้ำหนักของเม็ดบีดส์ พบว่าในระยะแรกน้ำหนักของเม็ดบีดส์เพิ่มขึ้นจนถึงนาที่ที่ 40 น้ำหนักเม็ดบีดส์เริ่มคงที่ (ภาพที่ 4.4) และเมื่อคำนวณอัตราส่วนระหว่างด้านยาวและด้านสั้นพบว่ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าเม็ดบีดส์มีลักษณะกลม (ค่าอัตราส่วนอยู่ระหว่าง 1.00 – 1.07) (ภาพที่ 4.7) สามารถอธิบายได้ว่าเมื่อหยดน้ำมะละกอเสริมพรีไบโอติกลงในสารละลายแคลเซียมแลคเตทจะเกิดเจลอย่างรวดเร็ว (Lee และ Roger, 2012) และห่อหุ้มของเหลวไว้ ซึ่งเจลเกิดจากการแพร่ของแคลเซียมบริเวณผิวด้านนอกเข้าสู่ด้านในของเม็ดบีดส์ ทำให้เกิดโครงสร้างร่างแหระหว่างแคลเซียมกับแอลจินิต และการเกิดเจลจะสิ้นสุดลงเมื่อเม็ดบีดส์เกิดเจลที่สมบูรณ์ทั้งหมด (ญาตาวี, 2560) ซึ่งการเพิ่มระยะเวลาในการแช่มากขึ้นจะทำให้เพิ่มโอกาสให้แคลเซียมแพร่เข้าสู่ด้านในของเม็ดบีดส์ได้มากขึ้น โครงสร้างร่างแหของเม็ดบีดส์จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และมีการจัดเรียงตัวของโครงสร้างเป็นระเบียบมากขึ้น ส่งผลให้เม็ดบีดส์มีขนาดเล็กลง จนถึงจุดสิ้นสุดเม็ดบีดส์เริ่มมีขนาดด้านยาวและด้านสั้นคงที่ประมาณนาที่ที่ 60 นอกจากนี้ระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความแข็งของเม็ดบีดส์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเริ่มคงที่ในนาที่ที่ 75 เป็นต้นไป ซึ่งมีค่าความแข็งอยู่ที่  $100.99 \pm 5.83$  กรัม·แรง (ตารางภาคผนวกที่ ก2)

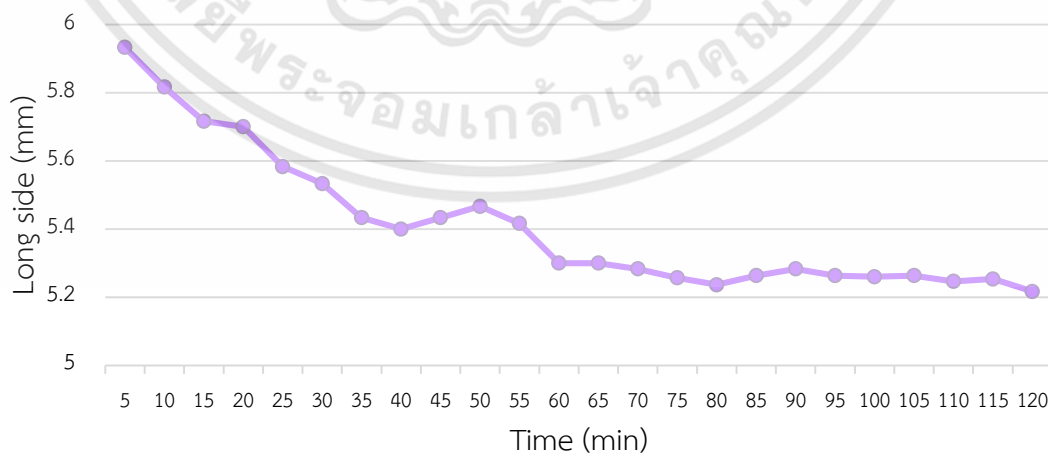
การเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตท พิจารณาจากความแข็งของเม็ดบีดส์ที่สูงที่สุดและเริ่มทำให้ความแข็งคงที่ แสดงให้เห็นว่าเม็ดบีดส์เกิดเจลอย่างสมบูรณ์ที่ระยะเวลา 75 นาที ดังนั้นจึงเลือกระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์คือ 75 นาทีเพื่อใช้ในการทดลองในลำดับต่อไป



ภาพที่ 4.4 ผลของระยะเวลาในการแช่เมล็ดปิตส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณลักษณะด้านน้ำหนักของเมล็ดปิตส์

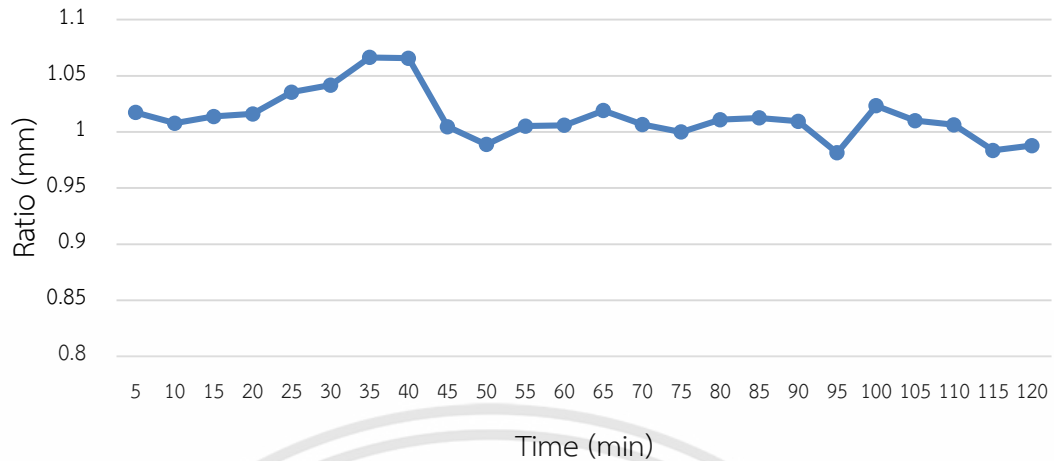


ภาพที่ 4.5 ผลของระยะเวลาของการแช่เมล็ดปิตส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณลักษณะด้านขนาดด้านสั้นของเมล็ดปิตส์

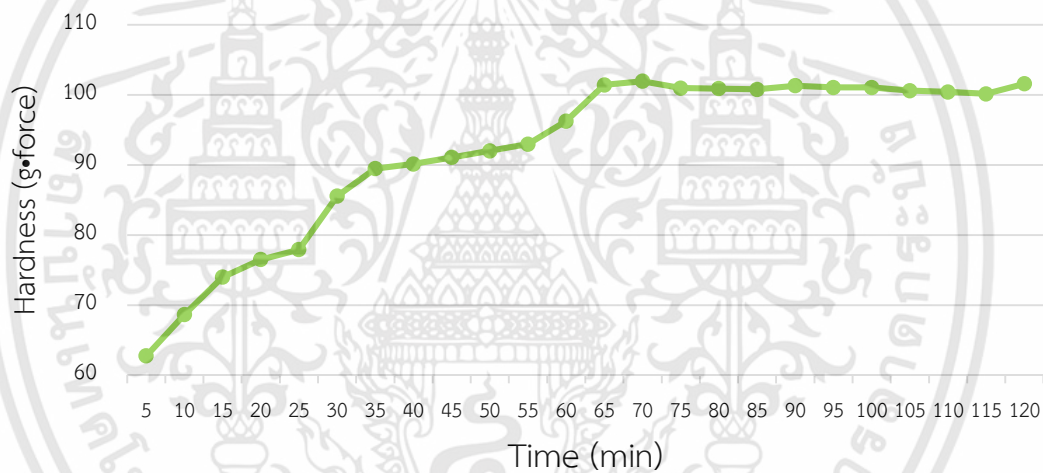


ภาพที่ 4.6 ผลของระยะเวลาของการแช่เมล็ดปิตส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณลักษณะด้านขนาดด้านยาวของเมล็ดปิตส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 ผลของระยะเวลาของการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณลักษณะด้านอัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้นของเม็ดบีดส์



ภาพที่ 4.8 ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตตต่อคุณลักษณะด้านความแข็งของเม็ดบีดส์

#### 4.4 การศึกษาสัดส่วนของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกและน้ำมะละกอชนิดใสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์

การศึกษาสัดส่วนของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกและน้ำมะละกอชนิดใสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ โดยเติมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกในปริมาณร้อยละ 10, 30 และ 50 โดยน้ำหนักของน้ำมะละกอชนิดใส นำมาทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เพื่อคัดเลือกสัดส่วนที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุดผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของสัดส่วนเม็ดบีดส์พรีไบโอติกต่อน้ำมะละกอที่ต่างกัน

Sensory properties	Prebiotic beads (%)		
	10	30	50
Appearance	6.23±1.79 <sup>a</sup>	7.23±1.55 <sup>b</sup>	7.10±1.30 <sup>b</sup>
Color	6.47±1.63 <sup>a</sup>	7.30±1.24 <sup>b</sup>	7.13±0.93 <sup>b</sup>
Flavor <sup>ns</sup>	4.67±2.10	5.03±2.25	4.97±1.87
Taste	5.50±2.26 <sup>a</sup>	6.80±1.61 <sup>b</sup>	6.40±1.33 <sup>b</sup>
Texture	5.13±1.85 <sup>a</sup>	5.80±1.59 <sup>b</sup>	6.60±1.86 <sup>c</sup>
Mouth feel	5.33±1.63 <sup>a</sup>	6.37±1.79 <sup>b</sup>	6.27±1.34 <sup>b</sup>
Overall appearance	6.33±1.47 <sup>a</sup>	6.97±1.59 <sup>b</sup>	6.23±1.33 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ และความรู้สึกในปากของผลิตภัณฑ์ที่เสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกร้อยละ 10 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับผลิตภัณฑ์เสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกร้อยละ 30 และ 50 ซึ่งมีคะแนนความชอบในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง กลิ่นของผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) คะแนนความชอบในระดับเฉยๆ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกร้อยละ 30 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) กับผลิตภัณฑ์เสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกร้อยละ 10 และ 50 คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง

การเลือกปริมาณของเม็ดบีดส์พรีไบโอติกที่ใช้เสริมผลิตภัณฑ์ พิจารณาจากตัวอย่างปริมาณเม็ดบีดส์ที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ คือ ผลิตภัณฑ์ที่เสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกร้อยละ 30 (ปริมาณเม็ดบีดส์ 22.5 กรัม และน้ำมะละกอชนิดใส 52.5 กรัม) เพื่อใช้ในการทดลองในลำดับต่อไป

#### 4.5 การศึกษาผลของการสเตอร์ไรซ์ต่อคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติก

4.5.1. การเปรียบเทียบผลของวิธีการฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติก

การศึกษามผลของการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการพาสเจอร์ไรซ์เปรียบเทียบกับวิธีการสเตอร์ไรซ์ต่อคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกที่บรรจุขวดแก้ว นำผลิตภัณฑ์มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่างๆ โดยที่น้ำมะละกอชนิดใสวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความใส และสี ส่วนเม็ดบีดส์

วิเคราะห์คุณภาพด้าน น้ำหนัก ขนาดด้านยาว ขนาดด้านสั้น อัตราส่วนขนาดระหว่างด้านยาวและด้านสั้น ความแข็ง และสี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6, 4.7 และภาพที่ 4.9 และ 4.10

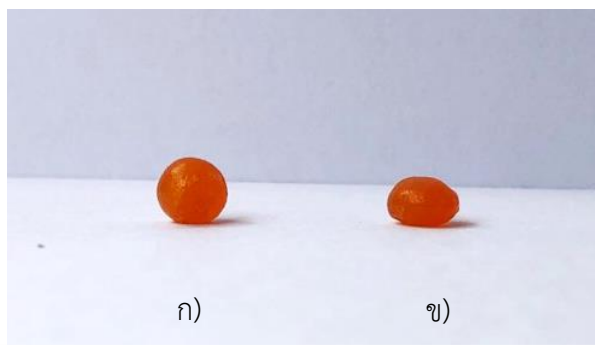
**ตารางที่ 4.6** ลักษณะทางกายภาพของเม็ดปิดส์พีไอโอติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ต่างกัน

Properties	Pasteurization	Sterilization
Weight (g)	0.11±0.01 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>
Long side (mm)	5.09±0.10 <sup>a</sup>	6.17±0.07 <sup>b</sup>
Short side (mm)	5.86±0.01 <sup>b</sup>	3.72±0.07 <sup>a</sup>
Ratio (mm)	1.00±0.03 <sup>a</sup>	1.64±0.04 <sup>b</sup>
Hardness (g•force)	65.70±1.35 <sup>b</sup>	10.74±0.14 <sup>a</sup>
L*	30.86±0.07 <sup>b</sup>	28.60±0.02 <sup>a</sup>
a*	24.05±0.57 <sup>b</sup>	22.99±0.04 <sup>a</sup>
b*	32.42±1.01 <sup>b</sup>	28.98±0.07 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

การทดสอบคุณภาพของเม็ดปิดส์พีไอโอติกด้านน้ำหนักพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) เกิดจากการใช้ความร้อนระดับสเตอริไรซ์เป็นกระบวนการใช้ความร้อนสูงร่วมกับความดัน จึงอาจทำให้โครงสร้างภายในของเม็ดปิดส์เกิดการเปลี่ยนแปลง ความแข็งแรงของเจลจึงลดลง การพองตัวของโครงสร้างภายในลดลง การกักเก็บน้ำลดลง เป็นผลให้เม็ดปิดส์มีลักษณะแบนและไม่กลม (รูปที่ 4.9) และผลของการใช้ความร้อนร่วมกับความดันยังทำให้ความแข็งของเม็ดปิดส์ลดลงเป็นอย่างมาก นอกจากนี้เมื่อโครงสร้างภายในของเม็ดปิดส์เกิดการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง น้ำบางส่วนภายในจึงเคลื่อนที่ออกมาส่งผลให้แสงสว่างของเม็ดปิดส์ลดลง และยังส่งผลต่อส่วนผสมอื่นในเม็ดปิดส์ เช่น มะละกอที่มีแคโรทีนอยด์ที่เป็นสารสีส้มเกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อน ยิ่งความร้อนสูงยิ่งส่งผลให้แคโรทีนอยด์เกิดการสลายตัวได้มากขึ้น (หยาดฝน และคณะ, 2559) และแคโรทีนอยด์บางส่วนละลายออกมาจากเม็ดปิดส์ ค่าสีแดงและสีเหลืองของเม็ดปิดส์ที่ผ่านการสเตอริไรซ์จึงลดลง



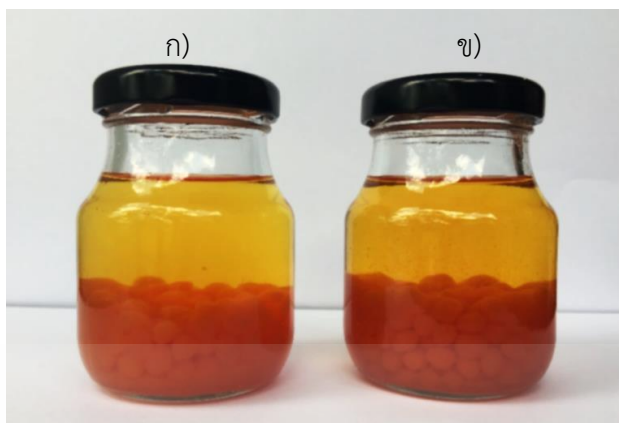
ภาพที่ 4.9 ลักษณะของเม็ดปิดส์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีต่างกัน  
ก) วิธีการพาสเจอร์ไรซ์ ข) วิธีการสเตอริไรซ์

ตารางที่ 4.7 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมะละกอที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีที่ต่างกัน

Properties	Pasteurization	Sterilization
Clarity (%T)	72.34±0.35 <sup>a</sup>	78.84±0.21 <sup>b</sup>
L*	86.03±0.18 <sup>b</sup>	77.72±0.01 <sup>a</sup>
a*	5.95±0.09 <sup>a</sup>	9.48±0.02 <sup>b</sup>
b*	34.02±0.06 <sup>a</sup>	79.87±0.05 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : a-b หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

การทดสอบคุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใสในด้านความใส พบว่าวิธีการฆ่าเชื้อทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) การฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์ทำให้น้ำมะละกอมีความใสขึ้น สามารถอธิบายได้ว่าความร้อนในการฆ่าเชื้อถึง 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที ทำให้อุณหภูมิของโมเลกุลต่างๆ เช่น โปรตีน เพคติน และอื่นๆ ที่หลงเหลือและแขวนลอยอยู่เสียสภาพ เกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ และเกิดการตกตะกอน (Barrett และคณะ, 2005, อัจฉริยา 2551) ซึ่งจากการทดลองจะสังเกตเห็นว่าในผลิตภัณฑ์มีตะกอนเกิดขึ้น นอกจากนี้ค่า L\*, a\* และ b\* ของน้ำมะละกอชนิดใสทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากที่กล่าวมาข้างต้นการสลายตัวของโครงสร้างภายในของเม็ดปิดส์ทำให้องค์ประกอบภายในของเม็ดปิดส์รวมถึงเจลละลายออกมา ทำให้ความสว่างของน้ำมะละกอลดลง ค่าสีแดง และสีเหลืองของน้ำมะละกอเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.10)



ภาพที่ 4.10 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีต่างกัน

ก) วิธีการพาสเจอไรซ์ ข) วิธีการสเตอริไรซ์

4.5.2 ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์

การศึกษการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์จำนวน 300 คน ในเขตจังหวัดระยองและกรุงเทพมหานคร โดยสอบถามข้อมูลทั่วไป พฤติกรรมการซื้อและการบริโภคน้ำผลไม้ชนิดใส ซิมผลิตภัณฑ์และประเมินคุณภาพโดยการใช้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) ต่อคุณลักษณะลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม ผลการทดลองแสดงดังนี้

4.5.2.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้ เพศ อายุ อาชีพ และรายได้ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	98	32.76
หญิง	202	67.24
2. อายุ		
ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี	36	12.00
21 – 25 ปี	67	22.33
26 – 30 ปี	41	13.67
30 ปีขึ้นไป	156	52.00
3. อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	57	18.97
ประกอบธุรกิจส่วนตัว	145	48.28
รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	72	24.14
อื่นๆ	26	8.62
4. รายได้		
ต่ำกว่า 10,000 บาท	72	24.14
10,000 – 20,000 บาท	171	56.90
20,000 – 30,000 บาท	57	18.97
30,000 บาทขึ้นไป	-	-

จากการสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 67.24 และเป็นเพศชายร้อยละ 32.76 ส่วนใหญ่มีอายุ 30 ปีขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 52 รองลงมาคือช่วงอายุ 21 – 25 ปี ร้อยละ 22.33 ช่วงอายุ 26 – 30 ปี ร้อยละ 13.67 และต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี ร้อยละ 12 ตามลำดับ มีอาชีพประกอบธุรกิจส่วนตัวร้อยละ 48.28 รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจร้อยละ 24.14 นักเรียน/นักศึกษาร้อยละ 18.97 และอื่นๆ เช่น รับจ้างเกษตรกร ร้อยละ 8.62 ตามลำดับ มีรายได้ 10,000 – 20,000 บาท ร้อยละ 56.90 ต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 24.14 และ 20,000 – 30,000 บาท ร้อยละ 18.97 ตามลำดับ

#### 4.5.2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสของผู้ตอบแบบสอบถาม ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส

ข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ท่านเคยรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสหรือไม่		
เคย	212	70.69
ไม่เคย	88	29.31
2. ความถี่โดยเฉลี่ยที่ท่านรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสต่อเดือนเดือน		
น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน	47	15.67
1 - 2 ครั้งต่อเดือน	176	58.67
3 - 4 ครั้งต่อเดือน	62	20.67
มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน	15	5.00
3. หากท่านเคยรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส ท่านชอบหรือไม่		
ชอบ	234	78.00
ไม่ชอบ	66	22.00

จากการสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส เช่น น้ำแอปเปิ้ล น้ำองุ่น พบว่า ผู้ทดสอบส่วนใหญ่เคยรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสร้อยละ 70.69 และไม่เคยรับประทานร้อยละ 29.31 ความถี่ในการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส 1 – 2 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 58.67 ความถี่ 3 – 4 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 20.67 น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 15.67 และมากกว่า 4 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 5 ตามลำดับ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่เคยรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสจะชอบร้อยละ 78 ซึ่งให้เหตุผลว่าชอบเพราะ รสชาติอร่อย หาซื้อง่าย และเพื่อสุขภาพ และผู้ที่ไม่ชอบร้อยละ 22 ซึ่งให้เหตุผลว่าไม่ชอบเพราะ รสชาติไม่อร่อย และลักษณะไม่น่ารับประทาน

4.5.3.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีตส์พรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์

1.) ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีตส์พรีไบโอติกของผู้ตอบแบบสอบถามต่อคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความรู้สึกในปาก และความชอบโดยรวม ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของเครื่องดื่มมะละกอเสริม เม็ดปัดส์พีไปโอติก

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	6.64
สี	7.17
กลิ่น	6.55
รสชาติ	6.60
ความรู้สึกในปาก	6.17
ความชอบโดยรวม	7.03

จากการทดสอบของผู้บริโภคพบว่า คุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความรู้สึกในปากผู้ทดสอบให้คะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และด้าน สีและความชอบโดยรวม ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ซึ่งจากการสำรวจ ผู้บริโภคให้คำแนะนำว่าผลิตภัณฑ์ควรเพิ่มรสหวานและกลิ่นเพราะจะช่วยให้รับประทานได้ง่ายขึ้น

#### 2.) ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.11

จากการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุ (บรรจุขวดแก้วปริมาณ 75 กรัม) ส่วนใหญ่พึงพอใจปานกลางร้อยละ 44.67 พอใจมากร้อยละ 22.33 พอใจน้อยร้อยละ 20.67 และไม่พอใจร้อยละ 12.33 หากผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายผู้บริโภคซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 79.31 และให้เหตุผลว่าเพื่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ ไม่ซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 20.69 และให้เหตุผลว่ารสชาติไม่อร่อยและไม่สนใจในผลิตภัณฑ์ และผู้บริโภคให้ความเห็นว่าหากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายปริมาณ 75 กรัม ควรมีราคา 35 บาท ร้อยละ 76 ราคา 40 บาทร้อยละ 15.67 และราคา 45 บาทร้อยละ 8.33 และหากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายควรวางจำหน่ายที่ร้านสะดวกซื้อร้อยละ 65.67 ห้างสรรพสินค้าร้อยละ 17.33 ขายออนไลน์ร้อยละ 15.33 และร้านขายของชำร้อยละ 1.67 และผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมปัดส์พีไปโอติกร้อยละ 81.03 ไม่ยอมรับร้อยละ 18.97

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลเกี่ยวกับการยอมรับผลิตภัณฑ์

ข้อมูล	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุ		
พอใจมาก	67	22.33
พอใจปานกลาง	134	44.67
พอใจน้อย	62	20.67
ไม่พอใจ	37	12.33
2. หากผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายท่านคิดว่าท่านจะซื้อบริโภคหรือไม่		
ซื้อ	238	79.31
ไม่ซื้อ	62	20.69
3. หากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายปริมาณ 75 กรัม ท่านคิดว่าควรมีราคาเท่าไร		
35	228	76.00
40	47	15.67
45	25	8.33
50	-	-
4. หากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายที่ใด		
ร้านสะดวกซื้อ	197	65.67
ร้านขายของชำ	5	1.67
ห้างสรรพสินค้า	52	17.33
ขายออนไลน์	46	15.33
4. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ “เครื่องดื่มมะละกอเสริมบีตส์ฟรีไบโอติก” หรือไม่		
ยอมรับ	243	81.03
ไม่ยอมรับ	57	18.97
ไม่แน่ใจ	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งของเครื่องต้มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์

การศึกษาอายุการเก็บรักษาในสภาวะเร่งของผลิตภัณฑ์เครื่องต้มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์พรีไบโอติกที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์ อุณหภูมิที่เก็บรักษา คือ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน และสุ่มตัวอย่างทุกๆ สัปดาห์มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านจุลินทรีย์และกายภาพต่างๆ น้ำมะละกอชนิดใสวิเคราะห์คุณภาพคือ สี ส่วนเม็ดบีดส์วิเคราะห์คุณภาพด้านความแข็ง และสี ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12, 4.13, 4.14

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่ง 2 สภาวะคือ 35 และ 45 องศาเซลเซียส แล้วเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลง พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาทั้ง 2 สภาวะตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัมในระหว่างการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน (ตารางที่ 4.12) แต่ทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสีของผลิตภัณฑ์อย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ซึ่งค่าความสว่างของน้ำมะละกอชนิดใสมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สามารถนำมาเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ทำให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น (ภาพที่ 4.12) ความสว่างที่ลดลงส่งผลให้ค่าสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.13) เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงส่งผลให้ความร้อนเร่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ เช่น การเกิดปฏิกิริยาเมลลาด (Maillard reaction) ที่มีกรดแอสคอร์บิกเป็นสารตั้งต้น ค่าพีเอช เวลา และอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา (Sapers, 1993) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพบุรณ์ (2545) ที่รายงานว่าเมื่อเก็บรักษาเครื่องต้มทุเรียนน้ำที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้ค่าสีของเครื่องต้มทุเรียนน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องต้มทุเรียนน้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการเก็บที่นานขึ้นเป็นผลให้เครื่องต้มมีสีที่คล้ำมากขึ้น ดังนั้นจึงเลือกค่าความสว่างเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4.12 ผลของการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา

Time (Day)	Total plate count (CFU/g)		Yeast & Mold (CFU/g)	
	35	45	35	45
0	ND	ND	ND	ND
7	ND	ND	ND	ND
14	ND	ND	ND	ND
21	ND	ND	ND	ND
28	ND	ND	ND	ND
35	ND	ND	ND	ND
42	ND	ND	ND	ND
49	ND	ND	ND	ND
56	ND	ND	ND	ND

หมายเหตุ : ND หมายถึง ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำมะละกอชนิดใส่

Properties	Temperature (°C)	Time (Day)								
		0	7	14	21	28	35	42	49	56
L	35	77.63±0.03 <sup>i</sup>	76.36±0.02 <sup>h</sup>	76.03±0.03 <sup>g</sup>	75.31±0.19 <sup>f</sup>	74.37±0.01 <sup>e</sup>	73.66±0.03 <sup>d</sup>	73.51±0.04 <sup>c</sup>	72.86±0.15 <sup>b</sup>	71.21±0.02 <sup>a</sup>
	45	77.63±0.01 <sup>h</sup>	73.67±0.04 <sup>g</sup>	71.62±0.03 <sup>f</sup>	66.55±0.02 <sup>e</sup>	65.43±0.03 <sup>d</sup>	63.64±0.02 <sup>c</sup>	63.61±0.03 <sup>c</sup>	62.83±0.01 <sup>b</sup>	60.56±0.09 <sup>a</sup>
a*	35	9.53±0.02 <sup>a</sup>	9.53±0.02 <sup>a</sup>	10.96±0.05 <sup>b</sup>	13.23±0.04 <sup>d</sup>	13.55±0.03 <sup>e</sup>	12.69±0.03 <sup>c</sup>	14.17±0.04 <sup>f</sup>	15.48±0.02 <sup>g</sup>	15.99±0.01 <sup>h</sup>
	45	10.00±0.02 <sup>a</sup>	13.49±0.03 <sup>b</sup>	19.56±0.01 <sup>c</sup>	20.99±0.02 <sup>d</sup>	23.49±0.01 <sup>e</sup>	27.48±0.03 <sup>h</sup>	29.25±0.02 <sup>i</sup>	24.71±0.01 <sup>g</sup>	24.42±0.02 <sup>f</sup>
b*	35	79.85±0.02 <sup>b</sup>	79.62±0.05 <sup>a</sup>	80.08±0.05 <sup>c</sup>	84.11±0.18 <sup>f</sup>	85.86±0.05 <sup>g</sup>	81.94±0.05 <sup>d</sup>	83.38±0.09 <sup>e</sup>	87.16±0.08 <sup>h</sup>	88.93±0.05 <sup>i</sup>
	45	79.84±0.01 <sup>a</sup>	82.95±0.10 <sup>b</sup>	87.73±0.09 <sup>d</sup>	89.03±0.22 <sup>f</sup>	91.26±0.14 <sup>h</sup>	88.44±0.40 <sup>e</sup>	96.28±0.21 <sup>i</sup>	90.06±0.24 <sup>g</sup>	87.52±0.13 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : a-i หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ตารางที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของเม็ดปิดสัฟไฟโอดีค

Properties	Temperature (°C)	Time (Day)								
		0	7	14	21	28	35	42	49	56
L*	35	28.91±0.01 <sup>h</sup>	28.63±0.01 <sup>g</sup>	27.58±0.03 <sup>f</sup>	27.43±0.03 <sup>e</sup>	27.20±0.02 <sup>d</sup>	27.00±0.03 <sup>c</sup>	26.81±0.01 <sup>b</sup>	26.92±0.01 <sup>c</sup>	26.34±0.02 <sup>a</sup>
	45	28.90±0.04 <sup>e</sup>	26.61±0.10 <sup>d</sup>	25.61±0.01 <sup>c</sup>	25.24±0.02 <sup>b</sup>	25.33±0.21 <sup>b</sup>	25.57±0.03 <sup>c</sup>	24.15±0.01 <sup>a</sup>	24.20±0.04 <sup>a</sup>	24.21±0.04 <sup>a</sup>
a*	35	21.74±0.03 <sup>c</sup>	21.76±0.43 <sup>a</sup>	23.00±0.03 <sup>e</sup>	23.47±0.03 <sup>f</sup>	20.99±0.04 <sup>b</sup>	23.39±0.05 <sup>f</sup>	21.71±2.73 <sup>c</sup>	22.66±4.06 <sup>d</sup>	20.27±0.05 <sup>a</sup>
	45	21.78±0.06 <sup>e</sup>	20.80±0.07 <sup>d</sup>	24.37±0.05 <sup>f</sup>	20.76±0.03 <sup>d</sup>	20.06±0.10 <sup>b</sup>	19.30±0.06 <sup>a</sup>	20.77±0.09 <sup>d</sup>	20.56±0.17 <sup>c</sup>	20.74±0.05 <sup>d</sup>
b*	35	26.64±0.06 <sup>d</sup>	26.54±0.43 <sup>c</sup>	28.98±0.06 <sup>f</sup>	31.58±0.19 <sup>g</sup>	26.61±0.12 <sup>cd</sup>	26.19±0.19 <sup>b</sup>	25.70±0.14 <sup>a</sup>	26.91±0.11 <sup>e</sup>	26.61±0.16 <sup>cd</sup>
	45	26.66±0.18 <sup>b</sup>	29.18±0.29 <sup>f</sup>	29.25±0.10 <sup>f</sup>	29.42±0.16 <sup>g</sup>	27.20±0.38 <sup>c</sup>	25.57±0.12 <sup>a</sup>	28.93±0.39 <sup>e</sup>	28.80±0.38 <sup>d</sup>	28.84±0.31 <sup>d</sup>
Hardness (g•force)	35	10.64±0.29 <sup>h</sup>	8.70±1.06 <sup>g</sup>	8.55±0.51 <sup>f</sup>	8.41±0.40 <sup>e</sup>	7.38±0.18 <sup>a</sup>	7.58±0.23 <sup>b</sup>	7.77±0.38 <sup>c</sup>	7.88±0.51 <sup>d</sup>	7.68±0.31 <sup>c</sup>
	45	10.79±0.55 <sup>g</sup>	7.85±0.54 <sup>c</sup>	8.64±0.54 <sup>f</sup>	8.41±0.50 <sup>e</sup>	7.40±0.32 <sup>a</sup>	7.49±0.29 <sup>ab</sup>	8.06±0.74 <sup>d</sup>	8.04±0.54 <sup>d</sup>	7.50±0.74 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : a-i หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวนอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)



ภาพที่ 4.11 ผลผลิตกัณท์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์ที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 2 เดือน

ก) เก็บที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ข) เก็บที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5.3.1 ศึกษาอันดับของปฏิกิริยาตามหลักจลพลศาสตร์

การศึกษาอันดับของปฏิกิริยาเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ จากการทดลองข้างต้นพบว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความสว่างของน้ำมะละกอชนิดใส จึงนำค่าความสว่างมาเป็นดัชนีคุณภาพของเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีตส์ฟรีไปโอดีท เมื่อนำข้อมูลด้านค่าความสว่างของน้ำมะละกอชนิดใสที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 2 เดือนมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างของน้ำมะละกอชนิดใสกับระยะเวลาเพื่อหาอันดับของปฏิกิริยา พบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ เนื่องจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างและระยะเวลามีลักษณะเป็นเส้นตรง (ภาพที่ ก1) แสดงว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์นี้จะเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบคงที่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นการเปลี่ยนแปลงของดัชนีคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่ลดลงและเป็นกราฟความสัมพันธ์ที่มีค่า  $R^2 = 0.9740$  ซึ่งมีค่าสูงกว่าปฏิกิริยาอันดับหนึ่งและสอง (ตารางที่ 4.15) กราฟความสัมพันธ์ถ้ามีค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 มากที่สุดจะแสดงว่ามีความแม่นยำมากกว่า ซึ่งมีลักษณะเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่เป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์เช่นเดียวกัน ซึ่งมีค่า  $R^2 = 0.9104$  (ภาพที่ ก4) สามารถอธิบายได้ว่าอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารตั้งต้นแต่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการเก็บรักษา

ตารางที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์อันดับของปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ลำดับปฏิกิริยา	สมการ	$R^2$
35	อันดับศูนย์	$y = -0.1021x + 77.407$	0.9740
	อันดับหนึ่ง	$y = 0.0014x + 0.0024$	0.9727
	อันดับสอง	$y = 3 \times 10^{-5} x + 0.0126$	0.7910
45	อันดับศูนย์	$y = -0.2851x + 75.264$	0.9104
	อันดับหนึ่ง	$y = 0.0041x + 0.0316$	0.9079
	อันดับสอง	$y = 0.0001x + 0.0129$	0.8841

#### 4.5.3.2 คำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในแบบสภาวะเร่ง

1.) คำนวณจากกราฟการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาจากสมการที่ 3.3

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad kT_1 &= (73.66 - 76.03)/(35 - 14) \\ &= -0.11 \end{aligned}$$

$$kT_2 = (63.61 - 71.62)/(42 - 14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= -0.29$$

$$Q_{10}^{\Delta T / 10} = (-0.29)/(-0.11)$$

$$= 2.53$$

การประมาณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 1 จากสมการที่ 3.4

$$\text{จะได้} \quad \text{AAR} = 2.53^{((35 - 30)/10)}$$

$$= 1.59$$

ขั้นตอนที่ 2 จากสมการที่ 3.5

$$\text{จะได้} \quad \text{AATD} = 180/1.59$$

$$= 113 \text{ วัน}$$

การประมาณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 1 จากสมการที่ 3.4

$$\text{จะได้} \quad \text{AAR} = 2.53^{((45 - 30)/10)}$$

$$= 4.02$$

ขั้นตอนที่ 2 จากสมการที่ 3.5

$$\text{จะได้} \quad \text{AATD} = 180/4.02$$

$$= 44 \text{ วัน}$$

ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์ผู้วิจัยมีความความคาดหวังว่าผลิตภัณฑ์ควรเก็บรักษาที่สภาวะปกติได้ไม่น้อยกว่า 180 วัน หรือ 6 เดือน ดังนั้นจากการคำนวณเพื่อประมาณอายุการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งพบว่าอายุการเก็บรักษาเมื่อผ่านสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส คือ 113 วัน ซึ่งจากการทดลองไม่สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสจนครบ 113 วันได้ เนื่องจากค่าสีของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษาผ่านไปแล้วเป็นระยะเวลา 56 วัน และการคำนวณอายุการเก็บรักษาเมื่อผ่านสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส คือ 44 วัน ซึ่งจากการทดลองไม่สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจนครบ 44 วันได้ เนื่องจากค่าสีของผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นที่ยอมรับเมื่อเก็บรักษาผ่านไปแล้วเป็นระยะเวลา 14 วัน ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไม่สามารถเก็บรักษาที่สภาวะจริงได้ยาวนานถึง 6 เดือน

2.) ค่าพจน์ค่า  $Q_{10}$  จากสมการของ Labuza และ Schmidl (1985)

$$Q_{10} = 56/14$$

$$Q_1 = 4^{0.1}$$

$$= 1.15$$

$$\text{อายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส} = 1.15^{(45 - 30)} * 14$$

$$= 112 \text{ วัน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส โดยพิจารณาจากค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 14 วัน มีค่าความสว่างอยู่ที่ 71.62 แต่ผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างอย่างช้าๆ จนถึงวันที่ 56 พบว่าผลิตภัณฑ์ มีค่าความสว่างอยู่ที่ 71.21 มีค่าความสว่างใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสในวันที่ 14 จึงสามารถอธิบายได้ว่าผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียจนไม่เป็นที่ยอมรับในวันที่ 56 ของการเก็บรักษา เมื่อคำนวณอายุการเก็บรักษาโดยใช้สมการของ Labuza และ Schmidl (1985) พบว่าผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาที่สภาวะจริงคือ 30 องศาเซลเซียส ได้นาน 112 วัน หรือประมาณ 4 เดือน ดังนั้นผลิตภัณฑ์อาจจะไม่สามารถเก็บรักษาได้ยาวนานถึง 6 เดือน เนื่องจากเป็นการนำผลทางกายภาพมาเป็นเกณฑ์ในการวัดการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้หากเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในขวดแก้วสีที่บออาจทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถมีอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น



## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

น้ำมะละกอชนิดใสที่ผลิตโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนสแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ ความใสและความสว่างของน้ำมะละกอเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำมะละกอต่อดูคุณลักษณะด้านความใสและสีของผลิตภัณฑ์ที่เป็นลักษณะสำคัญของน้ำผลไม้ชนิดใส นอกจากนี้ความเข้มข้นของเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ได้ผลผลิตน้ำมะละกอที่มากขึ้น

เม็ดปิดส์ที่เสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความแข็งของเม็ดปิดส์ลดลง และระยะเวลาของการแช่เม็ดปิดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของเม็ด จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ขนาดและความแข็งของเม็ดปิดส์เปลี่ยนแปลง ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เม็ดปิดส์คือ 75 นาที

เครื่องตีมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปโอดีทที่บรรจุในขวดแก้วปริมาณ 75 กรัมควรมีอัตราส่วนระหว่างน้ำมะละกอชนิดใสต่อเม็ดปิดส์ฟรีไปโอดีทที่เหมาะสมคือ เม็ดปิดส์ 22.5 กรัม และน้ำมะละกอชนิดใส 52.5 กรัม ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับมากที่สุด และการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์โดยใช้ความร้อนระดับสเตอริไรซ์มีผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้น้ำมะละกามีความใสขึ้น มีสีเข้มขึ้น เกิดตะกอน และเม็ดปิดส์มีขนาดเปลี่ยนแปลง มีลักษณะแบน นอกจากนี้ผลของการใช้ความร้อนร่วมกับความดันยังทำให้ความแข็งของเม็ดปิดส์ลดลงเป็นอย่างมาก การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาวะแรงผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคือ ด้านความสว่างของน้ำมะละกอชนิดใสจึงกำหนดให้เป็นดัชนีคุณภาพ ซึ่งระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ค่าความสว่างลดลง การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นปฏิกิริยาอันดับศูนย์ และผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องคือ 4 เดือน การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ฆ่าเชื้อด้วยวิธีสเตอริไรซ์จำนวน 300 คน ในเขตจังหวัดระยองและกรุงเทพมหานคร พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์และให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง และหากผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่าย ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะซื้อ เพราะเพื่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่ และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุปริมาณ 75 กรัม ควรขายในราคา 35 บาท ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับมะละกอ ช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกมะละกอให้มีรายได้เพิ่มขึ้นด้วย

## ข้อเสนอแนะ

5.1 ในการเสริมฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ควรเพิ่มการวิเคราะห์ปริมาณฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในเมล็ดปัดส์เพื่อให้ทราบปริมาณของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์

5.2 ในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการสเตอริไรซ์ควรเพิ่มการศึกษาปริมาณแคโรทีนอยด์ที่หลงเหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ และศึกษาความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

5.3 ในระหว่างการเก็บรักษาควรเพิ่มการศึกษาการการสูญเสียวิตามินซี และแคโรทีนอยด์ในผลิตภัณฑ์

5.4 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นการศึกษาถึงคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคจะได้รับเมื่อดื่ม



## บรรณานุกรม

- กรรวิ พิสันเทียะ. 2559. “การพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ไก่ยอดฟอสเฟตพร้อมบริโภคนรีทอร์ทเพาซ์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กมลทิพย์ คำสินิล. 2537. “การผลิตน้ำแตงไทย (Cucumis melo Linn. Var acidulus) โดยเอนไซม์ตรึงรูป.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กองโภชนาการ. 2544. **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.
- งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. **การบรรจุอาหาร (Food Packaging)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัท เอส.พี.เอ็ม. การพิมพ์จำกัด.
- ญาติวิ ลีจิตสมบูรณ์. 2560. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ “ไข่มุกข้าว” ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปทรงกลมเพื่อใช้ในอาหารสำหรับผู้สูงอายุ.” ” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดและบริการอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทิพพาพร อัญญา. 2557. **คู่มือสำหรับผู้ควบคุมการผลิตอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่มีความเป็นกรดต่ำและชนิดที่ปรับกรด (Retort Supervisors)**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักงานกิจการโรงพิมพ์สงเคราะห์องค์การทหารผ่านศึก.
- ธนกิจ ถาหมี, พิไลรัก อินธิปัญญา และ ดุษฎี บุญธรรม. 2561. “การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ชาขิงใบหม่อนผสมผลหม่อนโดยวิธีสภาวะเร่ง.” **วารสารเกษตร**. 34(1) : 157-166.
- นันทพร สุขกระจ่าง. 2550. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผลไม้ผสมจากน้ำฝรั่งโดยผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์**. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- นิธิยา รัตนานนท์. 2551. **เคมีอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ประกานต์ ฤतिकุลจ่าง และ จารุณี ควรพิบูลย์. 2555. “ฟรีไปโอติก : อาหารส่งเสริมสุขภาพ.” **ธรรมศาสตร์เวชสาร**. 12(2) : 362-369.
- ปัญชลี สังขรัตน์. 2554. “การรับข้อมูลจากการสื่อสารทางการตลาดแบบบูรณาการ และรูปแบบการดำเนินชีวิตที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ (Functional Drink) ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.
- พัชรี คำประเวช และสุธีรา วัฒนกุล. 2561. “การผลิตเม็ดปิดสนั้เสาวรสดวยเทคนิครีเวิร์สเฟิรริฟิเคชัน.” **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. 26(8) : 1381-1393.

- ไพบุรณ์ ธรรมรัตน์วาลิก. 2545. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุเรียนน้ำพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง” คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ภาคีมา สุขพันธ์. 2552. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมถั่วเหลืองเสริมพรีไบโอติกสำหรับผู้บริโภคสูงอายุ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- มยุรา วชิรศักดิ์ชัย. 2559. “การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำตาลจากตะขบเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร” วิทยานิพนธ์คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- มยุรา วชิรศักดิ์ชัย, อรวัลภ์ อุปถัมภานนท์ และสุนัน ปาสาคร. 2560. “ผลของเอนไซม์เพคตินเอสอุดินทรีย์และระยะเวลาในการบ่มต่อคุณภาพไซรัปจากตะขบ.” **แก่นเกษตร**. 45(3) : 401-408.
- วรรณคล เข้มมงคล. 2556. “ประโยชน์ของฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในอาหารทางการแพทย์.” **ไทยเภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ**. 8(3) : 122-128.
- วรรณวิมล พุ่มโพธิ์. 2558. “การผลิตเต้าหู้โดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปแบบทรงกลม.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วัฒนา วิริวุฒิก. 2550. “โครงการศึกษาค่าพารามิเตอร์บางชนิดที่มีผลต่ออายุการจัดเก็บผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง.” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ศูนย์เครื่องมือ), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- สุทธิพงษ์ พงษ์วร. 2549. BOTULINUM TOXIN สารพิษจากเชื้อแบคทีเรียในหน่อไม้ดิบ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://biology.ipst.ac.th>.
- สุญาณี พงษรณานิก. 2549. พรีไบโอติกและโพรไบโอติก : อาหารสุขภาพ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/kP94MNUVe/Document/พรีไบโอติกและโพรไบโอติก\\_อาหารสุขภาพ.pdf](https://image.makewebeasy.net/makeweb/0/kP94MNUVe/Document/พรีไบโอติกและโพรไบโอติก_อาหารสุขภาพ.pdf)
- สำนักโภชนาการ. 2553. **คุณค่าทางโภชนาการในผลไม้**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมชนเกษตรกรรม การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- หนึ่งฤทัย แพรสีทอง และอภิชาติ แพรสีทอง. 2559. **วางแผนปลูกมะละกอให้ออกช่วงแพง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : นาคา อินเทอร์เน็ตมีเดีย.
- หยาดฝน ทนงการกิจ, กาญจนา นาคประสม และนักรบ นาคประสม. 2559. “ผลของกระบวนการต่อสมบัติทางกายภาพและปริมาณแคโรทีนอยด์ในสีผสมอาหารธรรมชาติจากเยื่อหุ้มเมล็ดผักข้าว.” **วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม** 11(1) : 47-57.
- อมรรัตน์ มุขประเสริฐ. 2545. “การทำน้ำฝรั่งให้ใสโดยวิธีทางเคมีและชีวเคมี.” **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 12(3) : 57-64.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัจฉริยา สอวงชัย. 2551. “การผลิตน้ำเสาวรส *Passiflora edulis*, var. *flavicarpa* เสริมเวย์ โพรตีนเข้มข้น.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Barrett, D.M., Somogyi, L. and Hasohalli, R. 2005. **Processing fruits : science and technology.** 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton : CRC Press.
- Bora, S.J., Handique, J. and Sit, N. 2017. “Effect of ultrasound and enzymatic pre-treatment on yield and properties of banana juice.” **Ultrasonics Sonochemistry** 37: 445–451.
- Burdurlu, H.S., Koca, N. and Karadeniz, F. 2006. “Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage.” **J. Food Eng.** 74(2) : 211-216.
- Chatterjee, S., Chatterjee, S., Chatterjee, B.P. and Guha, A.K. 2004 . “Clarification of fruit juice with chitosan.” **Process Biochemistry.** 39 : 2229–2232.
- Domingues, R.C.C., Junior, S.B.F., Silva, R.B., Cardoso, V.L. and Reis, M.H.M. 2012. “Clarification of passion fruit juice with chitosan: Effects of coagulation process variables and comparison with centrifugation and enzymatic treatments.” **Process Biochemistry.** 47 : 467–471.
- Fang, Z., Zhang, M., Du, W. and Sun, J. 2006. “Effect of Fining and Filtration on the Haze Formation in Bayberry (*Myrica rubra* Sieb. et Zucc.) Juice.” **Agric. Food Chem.** 55(1) : 113–119.
- Gibson G.R., and Roberfroid M.B. 1995. “Dietary modification of the human colonic microbiota : introducing the concept of prebiotics.” **J Nutr.** 125 : 1401 - 1412.
- He, Y., Zhijuan, J. and Shunxin, L. 2007. “Effective clarification of apple juice using membrane filtration without enzyme and pasteurization pretreatment.” **Separation and Purification Technology.** 57 : 366–373.
- Herrera, M. G., Lozano-Esquivel. E., Ponce de León-Ramirez Y. R. and Martinez-Padilla L. P. 2012. Effect of added calcium chloride on the physicochemical and rheological properties of aqueous mixture of sodium caseinate/sodium alginate and respective emulsions. **Food Hydrocolloids.** 29 : 175-184.
- Jayani, R.S., Saxena, S. and Gupta, R. 2005. “Microbial pectinolytic enzymes : A review.” **Process Biochemistry.** 40 : 2931–2944.
- Jena, S. and Das, H. 2012. “Moisture sorption studies on vacuum dried coconut press cake.” **Journal of food science and technology.** 49(5) : 638-642.

- Joshi, VK., Parmar, M., and Rana, N. 2011. "Purification and characterization of pectinase produced from apple pomace and evaluation of its efficiency in fruit juice extraction and clarification." **Natural Products and Resources**. 2 : 189-197.
- Kashyap, D.R., Vohra, P.K., Chopra, S. and Tewari, R. 2001. "Applications of pectinases in the commercial sector : a review." **Bioresource Technology**. 77 : 215-227.
- Labuza, T.P. 1982. **Shelf Life Dating of Foods**. Food and Nutrition Press, Inc. Westport : USA.
- Labuza, T.P. and Schmidl M.K. 1985. "Accelerated shelf-life testing of foods." **Food Technology**. 39(9) : 57-62.
- Lea, A. 1995. **Enzymes in the production of beverages and fruit juices**. Glasgow : UK.
- Lee, P. and Rogers, M. A. 2012. Effect of calcium source and exposure-time on basic caviar spherification using sodium alginate. **Gastronomy and Food Science**. 1(2) : 96-100.
- Lee, W.C., Yusof, S., Hamid, N.S.A. and Baharin, B.S. 2006. "Optimizing conditions for enzymatic clarification of banana juice using response surface methodology (RSM)." **Food Engineering**. 73 : 55-63.
- Maktouf, S., Neifar, M., Drira, S. J., Baklouti, S., Fendri, M., and Chaabouni, S. E. 2014. "Lemon juice clarification using fungal pectinolytic enzymes coupled to membrane ultrafiltration." **Food and Bioproducts Processing**. 92(1) : 14-19.
- Martinsen, A., Storrø, I. and Skjærk-Bræk, G. 1992. "Alginate as immobilization material : III. Diffusional properties." **Biotechnol Bioeng**. 39 : 186-194.
- May T, Mackie RI, Fahey GCJr, Cremin JC, Garleb KA. 1994. "Effect of fiber source on short chain fatty acid production and the growth and toxin production by *Clostridium difficile*." **J Gastroenterol** 29(10) : 916-922.
- Mukprasirt, A. 2002. "Clarification of guava juice by chemical and biochemical methods." **King Mongkut's University of Technology North Bangkok**. 12 : 57-64.
- Roberfroid MB. 2000. "Prebiotics and probiotics: are they functional foods?" **Am J Clin Nutr**. 71 : 1682S-1687S.
- Rousseau, I., Cerf, D.L., Picton, L., Argillier, J.F. and Muller, G. 2004. Entrapment and release of sodium polystyrene sulfonate (SPS) from calcium alginate gel beads. **European Polymer Journal**. 40 : 2709-2715.

- Sapers, G.M. 1993. Browning of foods : Control by sulfites, antioxidant and other means. **Food tech.** 75-84.
- Selimoglu, S.M. and Elibol, M. 2010. "Alginate as an immobilization material for MAb production via encapsulated hybridoma cells." **Critical Reviews in Biotechnology.** 30(2) : 145–159.
- Sharma, H.P., Patel, H., Sharma, S. 2014. "Enzymatic extraction and clarification of juice from various fruits—a review." **Trends in Post Harvest Technology.** 1 : 1-14.
- Sin, H.N., Yusof, S., Sheikh Abdul Hamid, N. and Rahman, R.A. 2006. "Optimization of enzymatic clarification of sapodilla juice using response surface methodology." **Food Engineering.** 73 : 313–319.
- Singh, A., Kumar, S. and Sharma, HK. 2012. "Effect of enzymatic hydrolysis on the juice yield from bael fruit (*Aegle marmelos* Correa) pulp." **Food Technology.** 7(2) : 62-72.
- Smidsrod O. and Draget Kl. 1996. Chemistry and physical properties of alginates. **Carbohydr Eur** 14 : 6–13.
- Srivastaval, S. and Tyagi, S.K. 2013. "Effect of enzymatic hydrolysis on the juice yield from apple fruit (*Malus domestica*) pulp." **Biotechnology and Bioengineering Research.** 4 : 627-634.
- Sulaiman M.Z., Sulaiman N.M. and Liew S.Y. 1998. "Limiting permeate flux in the clarification of untreated star fruit juice by membrane ultrafiltration." **Chemical Engineering.** 69 : 145-148.
- Tangwongchai, R. and Attapolphaisan, C. 2010. "Effect of high pressure and temperature treatment on PME activity in cloudy fruit juice." **Food.** 40 : 42-46.
- Tadakittisarn, S., Haruthaithanasan, V., Chompeeda, P. and Suwonsichon, T. 2007. "Optimization of pectinase enzyme liquefaction of banana 'Gros Michel' for banana syrup product." **Kasetsart J.** 41 : 740–750.
- Tu, T., Meng, K., Bai, Y., Shi, P., Luo, H., Wang, Y., Yang, P., Zhang, Y., Zhang, W. and Yao, B. 2013. "High-yield production of a low-temperature-active polygalacturonase." **Food Chemistry.** 141 : 2974-2981.
- Vaillant, F., Millan, A., Dornier, M., Decloux, M., & Reynes, M. 2001. Strategy for economical optimisation of the clarification of pulpy fruit juices using crossflow microfiltration. **Food Engineering.** 48 : 83-90.

- Yan, Z., Gallagher, M., J., S., and Oliveira, A.R. 2008. "Mathematical modeling of the kinetic of quality deterioration of intermediate moisture content banana during storage." **Journal of Food Engineering**. 84 : 359-367.
- Wichchukit, S., Oztop, M.H., McCarthy, M.J. and McCarthy, K.L., 2013. "Whey protein/alginate beads as carriers of a bioactive component." **J. Food Hydrocoll.** 33 : 66-73.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก.

## ตารางและภาพผลการทดลอง

ตารางที่ ก1 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์เพคตินเนสต่อผลผลิตของน้ำมะละกอชนิดใส

Pectinase (%)	Yield (%)
0.1	63.78±1.18 <sup>a</sup>
0.3	75.25±1.22 <sup>b</sup>
0.5	86.40±1.22 <sup>c</sup>

หมายเหตุ : a-c หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ก2 ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดบีดส์ในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของเม็ดบีดส์

Time (min)	Weight (g)	Short side (mm)	Long side (mm)	Ratio (mm)	Hardness (g-force)
5	0.112±0.001 <sup>a</sup>	6.03±0.06 <sup>a</sup>	5.93±0.15 <sup>a</sup>	1.01±0.03 <sup>abcdef</sup>	62.74±1.07 <sup>a</sup>
10	0.112±0.001 <sup>ab</sup>	5.86±0.15 <sup>ab</sup>	5.82±0.08 <sup>bc</sup>	1.01±0.03 <sup>abcd</sup>	68.31±1.17 <sup>b</sup>
15	0.114±0.001 <sup>bc</sup>	5.79±0.01 <sup>bc</sup>	5.72±0.13 <sup>b</sup>	1.01±0.03 <sup>abcdef</sup>	74.00±1.17 <sup>c</sup>
20	0.114±0.002 <sup>c</sup>	5.79±0.01 <sup>c</sup>	5.70±0.10 <sup>bc</sup>	1.01±0.02 <sup>acdef</sup>	76.50±0.19 <sup>cd</sup>
25	0.114±0.001 <sup>c</sup>	5.78±0.02 <sup>c</sup>	5.58±0.08 <sup>cd</sup>	1.03±0.02 <sup>bcdef</sup>	77.92±0.58 <sup>d</sup>
30	0.115±0.001 <sup>c</sup>	5.76±0.02 <sup>c</sup>	5.53±0.06 <sup>de</sup>	1.04±0.01 <sup>cdef</sup>	85.55±1.08 <sup>e</sup>
35	0.116±0.000 <sup>d</sup>	5.79±0.01 <sup>d</sup>	5.43±0.06 <sup>ef</sup>	1.06±0.01 <sup>f</sup>	89.48±2.42 <sup>f</sup>
40	0.116±0.000 <sup>d</sup>	5.75±0.02 <sup>d</sup>	5.40±0.10 <sup>efgh</sup>	1.06±0.03 <sup>f</sup>	90.15±0.23 <sup>f</sup>
45	0.117±0.000 <sup>de</sup>	5.72±0.10 <sup>de</sup>	5.43±0.06 <sup>ef</sup>	1.05±0.03 <sup>cdef</sup>	91.08±0.79 <sup>f</sup>
50	0.117±0.000 <sup>defg</sup>	5.66±0.06 <sup>defg</sup>	5.47±0.06 <sup>de</sup>	1.04±0.02 <sup>bcdef</sup>	92.02±0.17 <sup>f</sup>
55	0.117±0.000 <sup>defg</sup>	5.64±0.04 <sup>defg</sup>	5.42±0.03 <sup>efg</sup>	1.04±0.01 <sup>cdef</sup>	92.99±2.43 <sup>g</sup>
60	0.117±0.000 <sup>def</sup>	5.61±0.02 <sup>def</sup>	5.30±0.05 <sup>fghi</sup>	1.06±0.01 <sup>ef</sup>	96.28±2.45 <sup>g</sup>
65	0.117±0.001 <sup>defg</sup>	5.58±0.08 <sup>defg</sup>	5.30±0.10 <sup>fghi</sup>	1.06±0.04 <sup>def</sup>	101.44±5.27 <sup>h</sup>
70	0.116±0.000 <sup>d</sup>	5.50±0.00 <sup>d</sup>	5.28±0.08 <sup>ghi</sup>	1.04±0.02 <sup>cdef</sup>	101.96±185 <sup>h</sup>

หมายเหตุ : a-i หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตารางที่ ก2 ผลของระยะเวลาในการแช่เม็ดปัดสีในสารละลายแคลเซียมแลคเตทต่อคุณลักษณะด้านต่างๆ ของเม็ดปัดสี (ต่อ)

Time (min)	Weight (g)	Short side (mm)	Long side (mm)	Ratio (mm)	Hardness (g•force)
75	0.118±0.000 <sup>efg</sup>	5.38±0.18 <sup>efg</sup>	5.26±0.01 <sup>i</sup>	1.03±0.04 <sup>abcdef</sup>	100.99±5.83 <sup>h</sup>
80	0.118±0.001 <sup>efg</sup>	5.42±0.25 <sup>efg</sup>	5.24±0.04 <sup>i</sup>	1.04±0.05 <sup>bcdef</sup>	100.92±3.15 <sup>h</sup>
85	0.118±0.000 <sup>efg</sup>	5.45±0.15 <sup>efg</sup>	5.26±0.03 <sup>hi</sup>	1.04±0.03 <sup>bcdef</sup>	100.80±0.91 <sup>h</sup>
90	0.118±0.000 <sup>efg</sup>	5.43±0.13 <sup>efg</sup>	5.28±0.10 <sup>ghi</sup>	1.03±0.05 <sup>bcdef</sup>	101.33±2.22 <sup>h</sup>
95	0.118±0.000 <sup>efg</sup>	5.27±0.12 <sup>efg</sup>	5.26±0.03 <sup>hi</sup>	1.00±0.02 <sup>abc</sup>	101.07±0.62 <sup>h</sup>
100	0.118±0.001 <sup>fg</sup>	5.40±0.10 <sup>fg</sup>	5.26±0.05 <sup>i</sup>	1.03±0.02 <sup>abcdef</sup>	101.07±0.62 <sup>h</sup>
105	0.118±0.001 <sup>g</sup>	5.35±0.13 <sup>f</sup>	5.26±0.06 <sup>hi</sup>	1.02±0.03 <sup>abcdef</sup>	101.14±1.81 <sup>h</sup>
110	0.118±0.000 <sup>fg</sup>	5.30±0.10 <sup>fg</sup>	5.25±0.05 <sup>i</sup>	1.01±0.02 <sup>abcde</sup>	100.43±1.35 <sup>h</sup>
115	0.118±0.000 <sup>fg</sup>	5.17±0.06 <sup>fg</sup>	5.25±0.03 <sup>i</sup>	0.98±0.01 <sup>a</sup>	100.17±1.81 <sup>h</sup>
120	0.119±0.000 <sup>g</sup>	5.17±0.12 <sup>g</sup>	5.22±0.03 <sup>i</sup>	0.99±0.03 <sup>ab</sup>	101.59±1.51 <sup>h</sup>

หมายเหตุ : a-i หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแนวตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ตารางที่ ก3 ผลการทดสอบอันดับปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

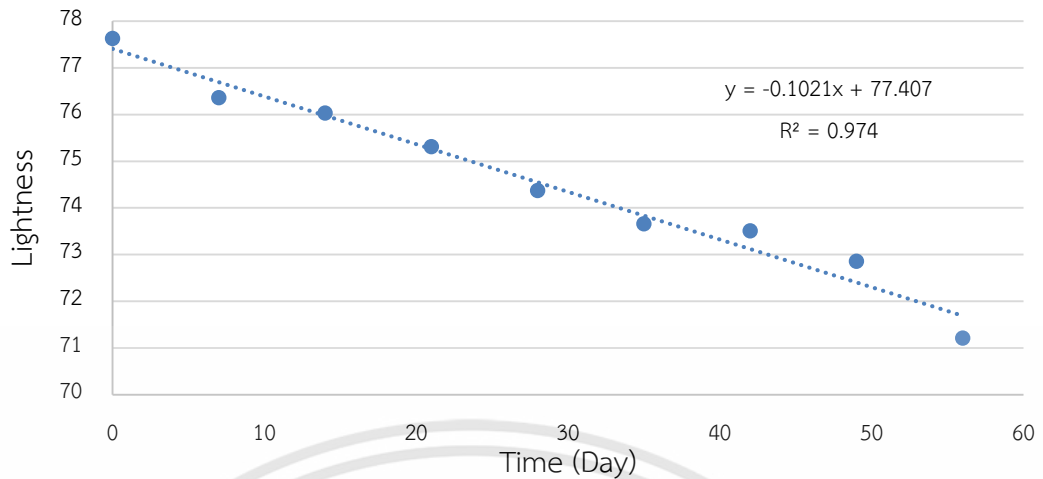
วันที่เก็บ	ทดสอบปฏิกิริยา	ทดสอบปฏิกิริยา	ทดสอบปฏิกิริยา
	อันดับศูนย์ ( $C_t$ )	อันดับหนึ่ง ( $-\ln(C_0/C_t)$ )	อันดับสอง ( $1/C_t$ )
0	77.63	0.000	0.012
7	76.36	0.016	0.013
14	76.03	0.021	0.013
21	75.31	0.030	0.013
28	74.37	0.043	0.013
35	73.66	0.052	0.014
42	73.51	0.055	0.014
49	72.86	0.063	0.014
56	71.21	0.086	0.014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

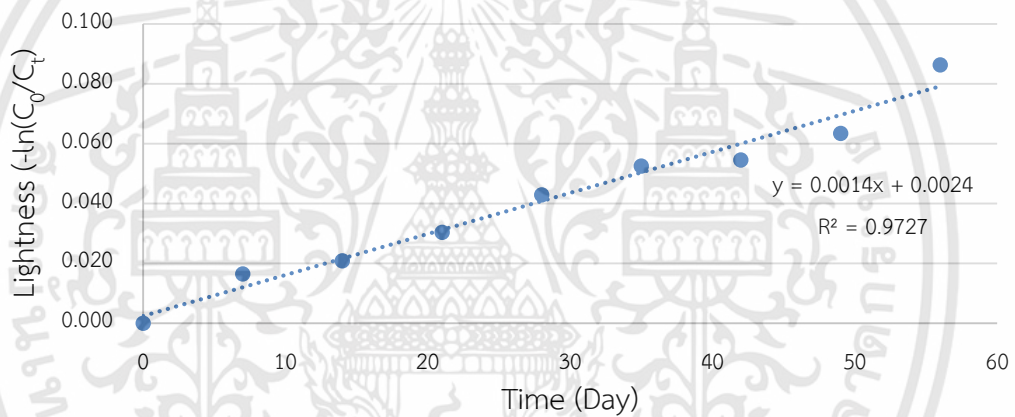
ตารางที่ ก4 ผลการทดสอบอันดับปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

วันที่เก็บ	ทดสอบปฏิกิริยา อันดับศูนย์ ( $C_t$ )	ทดสอบปฏิกิริยา อันดับหนึ่ง ( $-\ln(C_0/C_t)$ )	ทดสอบปฏิกิริยา อันดับสอง ( $1/C_t$ )
0	77.63	0.000	0.012
7	73.67	0.051	0.014
14	71.62	0.083	0.014
21	66.55	0.163	0.015
28	65.43	0.174	0.015
35	63.64	0.199	0.016
42	63.61	0.198	0.016
49	62.83	0.211	0.016
56	60.56	0.248	0.017

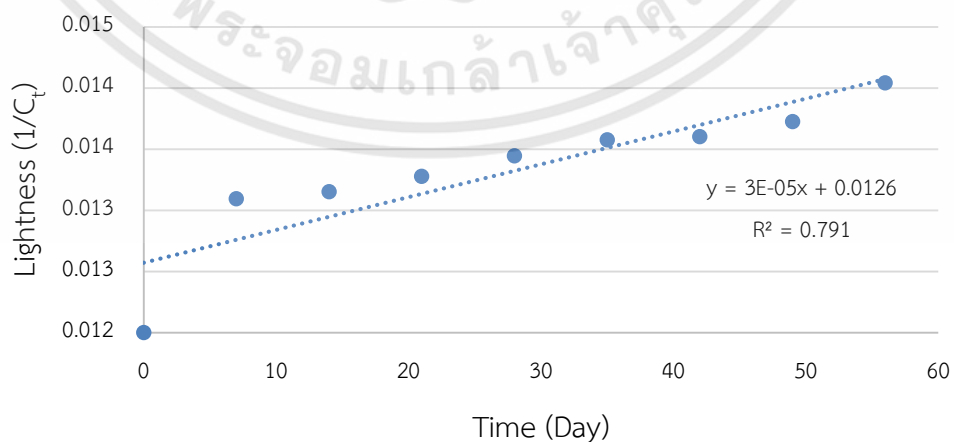
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับศูนย์

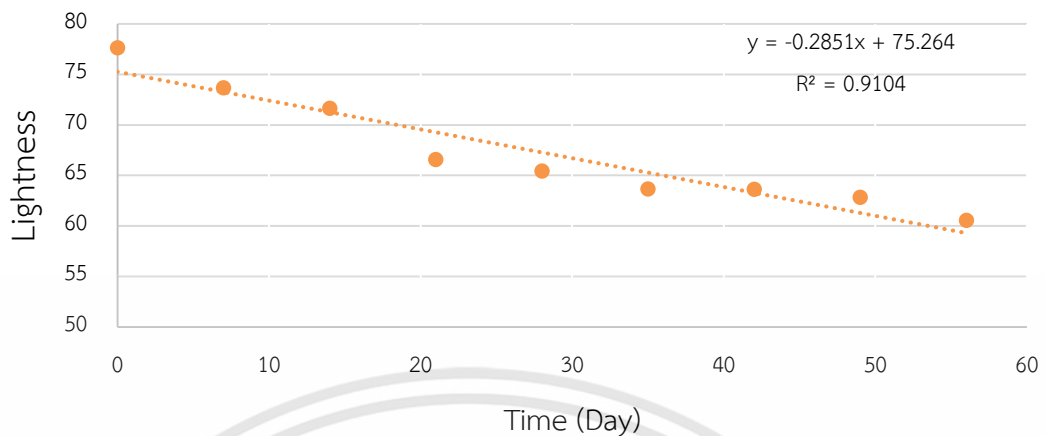


ภาพภาคผนวกที่ ก2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับหนึ่ง

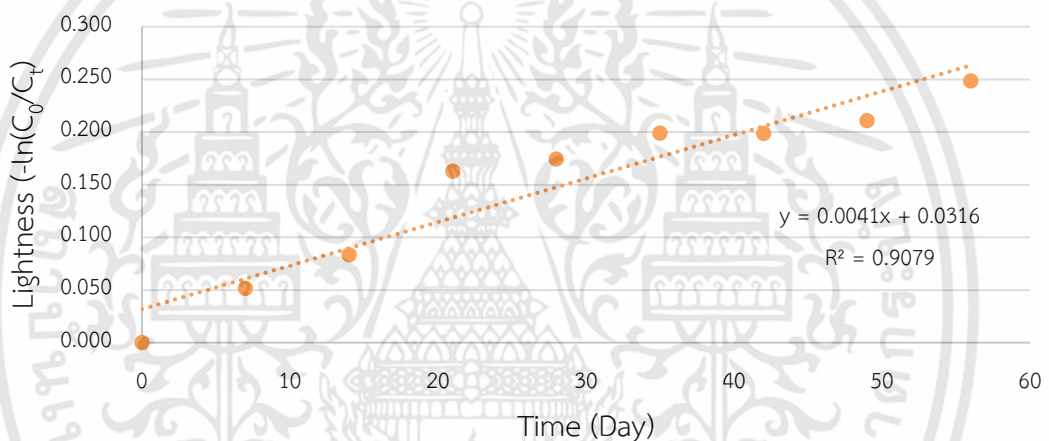


ภาพภาคผนวกที่ ก3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับสอง

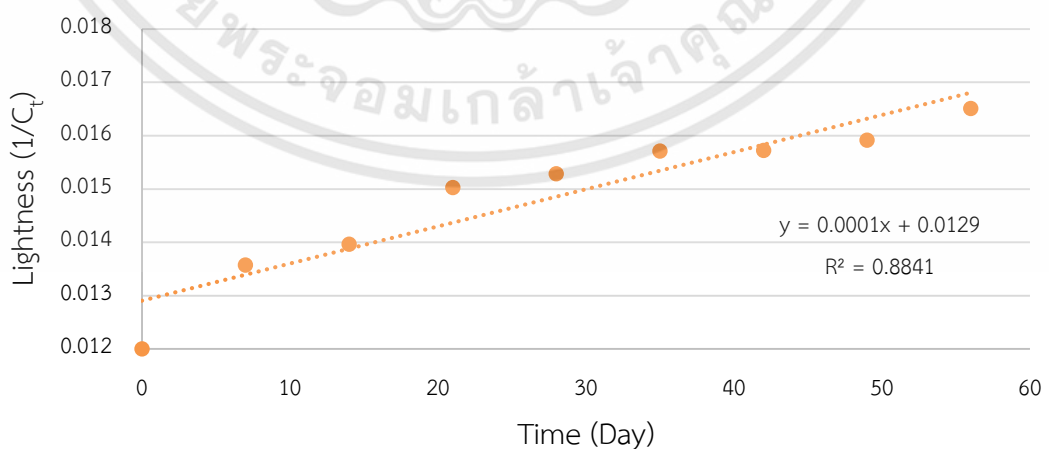
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับศูนย์



ภาพภาคผนวกที่ ก5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับหนึ่ง



ภาพภาคผนวกที่ ก6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างเทียบกับอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสที่ลำดับปฏิบัติการอันดับสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข. การวิเคราะห์ทางกายภาพ

### ข.1 การวิเคราะห์ความใส

**เครื่องมือวิเคราะห์ :** เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Shimadzu, UV-1800, Japan)

**ตัวอย่าง :** น้ำมะละกอชนิดใส

- 1.1) เติมน้ำมะละกอชนิดใสใส่ในคิวเวทแก้ว
- 1.2) ตั้งค่ามาตรฐาน (Calibration) ของเครื่องโดยใส่คิวเวทที่ไม่มีสารละลายลงในแท่นของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง ปรับค่าการดูดกลืนแสงให้เป็นศูนย์ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร
- 1.3) นำคิวเวทที่บรรจุตัวอย่างใสในแท่นของเครื่องวัดการดูดกลืนแสง วัดตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร
- 1.4) เปลี่ยนโหมดในการอ่านเป็นแบบอ่านค่าการทะลุผ่านของแสง (%Transmittance, %T)



ภาพภาคผนวกที่ ข1 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง

## ข.2 การวิเคราะห์สี

**เครื่องมือวิเคราะห์ :** เครื่อง HunterLab (Stable Micro System, TA-XT Plus, UK)

**ตัวอย่าง :** น้ํามะละกอชนิดใส

- 1.1) เหน้ํามะละกอชนิดใสใส่ขวดตัวอย่างขนาด 40 มิลลิลิตร
- 1.2) ตั้งค่ามาตรฐาน (Calibration) ของเครื่องตามโปรแกรม และวัดตัวอย่างในโหมด

RTRAN

- 1.3) บันทึกค่าสีที่วัดได้ในรูปของ  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$   
โดยที่  $L^*$  หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0-100  
 $a^*$  หมายถึง ค่าสีแดง ( $a^*$  มีค่าเป็นบวก) และสีเขียว ( $a^*$  มีค่าเป็นลบ)  
 $b^*$  หมายถึง ค่าสีเหลือง ( $b^*$  มีค่าเป็นบวก) และสีน้ำเงิน ( $b^*$  มีค่าเป็นลบ)

**ตัวอย่าง :** เม็ดปิดส์พีรีไบโอติก

- 1.1) บรรจุเม็ดปิดส์พีรีไบโอติกในคิวเวทท์แก้วขนาด 50 มิลลิเมตร
- 1.2) ตั้งค่ามาตรฐาน (Calibration) ของเครื่องตามโปรแกรมและวัดตัวอย่างในโหมด

RSEX

- 1.3) นำคิวเวทท์ที่บรรจุตัวอย่างวางบน Reflectance โดยวางด้านใสของคิวเวทท์อยู่ตรงช่องวัด ปิดฝาครอบและวัดตัวอย่าง
- 1.4) บันทึกค่าสีที่วัดได้ในรูปของ  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$   
โดยที่  $L^*$  หมายถึง ค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 0-100  
 $a^*$  หมายถึง ค่าสีแดง ( $a^*$  มีค่าเป็นบวก) และสีเขียว ( $a^*$  มีค่าเป็นลบ)  
 $b^*$  หมายถึง ค่าสีเหลือง ( $b^*$  มีค่าเป็นบวก) และสีน้ำเงิน ( $b^*$  มีค่าเป็นลบ)



ภาพภาคผนวกที่ ข2 เครื่อง HunterLab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.3 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

เครื่องมือวิเคราะห์ : เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, TA-XT Plus, UK)

ตัวอย่าง : เม็ดบัตส์ฟรีไบโอติก

- 1.1) สุ่มตัวอย่างเม็ดบัตส์จำนวน 20 เม็ดต่อการทดลอง
- 1.2) ตั้งค่ามาตรฐาน (Calibration) ของเครื่องตามโปรแกรม
- 1.3) ใช้หัววัด P/35 (ทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร) ดังภาพ

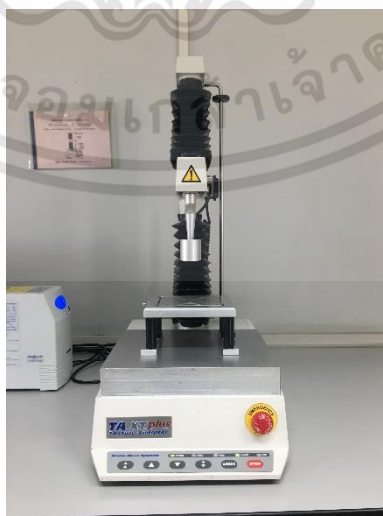
ภาพหมวดที่ ข.3.1



ภาพหมวดที่ ข3 หัววัด P/35

- 1.4) ตั้งค่าระยะของหัววัด (Strain) ที่ร้อยละ 50
- 1.5) วิเคราะห์แบบ Texture profile analysis (TPA) โดยตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ของ Load cell ดังนี้

Pre-Test Speed	= 1.0 มิลลิเมตร / วินาที
Test Speed	= 5.0 มิลลิเมตร / วินาที
Post-Test Speed	= 5.0 มิลลิเมตร / วินาที



ภาพหมวดที่ ข4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค.

### การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

#### ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

วิธีวิเคราะห์ : Total Plate Count (AOAC, 2000)

ตัวอย่าง : เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติก

##### 1.1) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate count agar ปริมาณ 23.5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร คนจนอาหารละลาย นำไปตั้งไฟจนกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีลักษณะใสไม่เป็นเม็ด บรรจุใส่ขวดแก้ว นำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมหากยังไม่ใช้ควรเก็บในตู้เย็นซึ่งจะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะแข็ง และก่อนนำมาใช้ควรละลายโดยใช้ไมโครเวฟ

##### 1.2) เตรียมสารละลายเปปโตเนสำหรับเจือจางตัวอย่าง

เตรียมสารละลายเปปโตเนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยชั่งเปปโตเน 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร คนจนเปปโตเนละลาย บรรจุใส่ขวดแก้ว นำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที

##### 1.3) วิธีทดลอง

1.3.1) ชั่งตัวอย่างเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไบโอติก 25 กรัม ลงในถุงปลอดเชื้อ (Stomacher bag) เติมสารละลายเปปโตเน 225 กรัม นำไปตีบดให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องตีบดผสมตัวอย่าง (Stomacher) จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 10 หรือ  $10^{-1}$

1.3.2) ใช้เครื่องดูดจ่ายสารละลายแบบอัตโนมัติ (Micropipette) ดูดสารละลายที่เจือจางในข้อ 1 มา 1000 ไมโครลิตร (1 มิลลิลิตร) เติมลงในสารละลายเปปโตเนปริมาณ 9 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 100 หรือ  $10^{-2}$  เจือจางตัวอย่างจนถึง  $10^{-4}$

1.3.3) ใช้เครื่องดูดจ่ายสารละลายแบบอัตโนมัติดูดสารละลายที่เจือจางในข้อ 1 มา 1000 ไมโครลิตร (1 มิลลิลิตร) เติมลงในจานเพาะเชื้อพลาสติก เติมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ละลายด้วยไมโครเวฟที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียสประมาณ 15 มิลลิลิตร หมุนพลิกเป็นวงกลมเพื่อให้ตัวอย่างเข้ากันดีกับอาหารเลี้ยงเชื้อ (วิธี Pour plate) รอจนกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง กลับด้านของจานเพาะเชื้อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 วัน

1.3.4) นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อในทุกความเจือจาง และคำนวณจำนวนจุลินทรีย์

## ค.2 การวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา

วิธีวิเคราะห์ : Yeast and Mold (AOAC, 2000)

ตัวอย่าง : เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก

### 1.1) เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ซึ่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar ปริมาณ 39 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร คนจนอาหารละลาย นำไปตั้งไฟจนกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อจะมีลักษณะใสไม่เป็นเม็ด บรรจุใส่ขวดแก้ว นำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที อาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมหากยังไม่ใช้ควรเก็บในตู้เย็นซึ่งจะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะแข็ง และก่อนนำมาใช้ควรละลายโดยใช้ไมโครเวฟ

### 1.2) เตรียมสารละลายเปปโตนสำหรับเจือจางตัวอย่าง

เตรียมสารละลายเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยชั่งเปปโตน 1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร คนจนเปปโตนละลาย บรรจุใส่ขวดแก้ว นำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนด้วยเครื่องนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 นาที

### 1.3) วิธีทดลอง

1.3.1) ชั่งตัวอย่างเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก 25 กรัม ลงในถุงปลอดเชื้อ (Stomacher bag) เติมสารละลายเปปโตน 225 กรัม นำไปตีบดให้ตัวอย่างเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องตีผสมตัวอย่าง (Stomacher) จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 10 หรือ  $10^{-1}$

1.3.2) ใช้เครื่องดูดจ่ายสารละลายแบบอัตโนมัติ (Micropipette) ดูดสารละลายที่เจือจางในข้อ 1 มา 1000 ไมโครลิตร (1 มิลลิลิตร) เติมลงในสารละลายเปปโตนปริมาณ 9 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer) จะได้ตัวอย่างที่เจือจาง 1 : 100 หรือ  $10^{-2}$  เจือจางตัวอย่างจนถึง  $10^{-4}$

1.3.3) ใช้เครื่องดูดจ่ายสารละลายแบบอัตโนมัติดูดสารละลายที่เจือจางในข้อ 1 มา 1000 ไมโครลิตร (1 มิลลิลิตร) เติมลงในจานเพาะเชื้อพลาสติก เติมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ละลายด้วยไมโครเวฟที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียสประมาณ 15 มิลลิลิตร หมุนเพลาที่เป็นวงกลมเพื่อให้ตัวอย่างเข้ากันดีกับอาหารเลี้ยงเชื้อ (วิธี Pour plate) รอจนกว่าอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง กลับด้านของจานเพาะเชื้อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

1.3.4) นับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์บนอาหารเลี้ยงเชื้อในทุกความเจือจาง และคำนวณจำนวนจุลินทรีย์

## ภาคผนวก ง.

## แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

## ง.1 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนต่อน้ำมะละกอชนิดใส

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

เพศ.....อาชีพ.....อายุ.....ปี

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบน้ำมะละกอจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบตัวอย่างดังนี้

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

รหัสตัวอย่าง 463 782 269 517

คุณลักษณะ

คะแนนความชอบ

สี	.....	.....	.....	.....
ความใส	.....	.....	.....	.....
กลิ่น	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....
ความรู้สึกในปาก	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

## ง.2 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนต่อเม็ดบีดส์ฟรีไปโอดิก

### แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

เพศ.....อาชีพ.....อายุ.....ปี

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบเม็ดบีดส์ฟรีไปโอดิกจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบตัวอย่างดังนี้

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

รหัสตัวอย่าง                      132                      659                      468                      734

คุณลักษณะ

คะแนนความชอบ

ลักษณะปรากฏ

สี

กลิ่น

รสชาติ

เนื้อสัมผัส

ความรู้สึกลงในปาก

ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

### ง.3 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนต่อสัดส่วนของเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกและ น้ำมะละกอชนิดใส

#### แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

เพศ.....อาชีพ.....อายุ.....ปี

คำแนะนำ : กรุณาทดสอบเครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติกซ้ายไปขวา และให้คะแนน  
ความชอบตัวอย่างดังนี้

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

รหัสตัวอย่าง      514                      927                      293                      674

คุณลักษณะ

คะแนนความชอบ

ลักษณะปรากฏ

สี

กลิ่น

รสชาติ

เนื้อสัมผัส

ความรู้สึกในปาก

ความชอบรวม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

#### ง.4 แบบทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไป- ไอติก

##### แบบสอบถามการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปไอติก

คำชี้แจง

แบบสอบถามชุดนี้ใช้ในการสำรวจพฤติกรรม ทศนคติ และความต้องการของผู้บริโภคเพื่อประกอบการศึกษา และเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปไอติก” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแปลกใหม่ ดังนั้นจึงได้ใคร่ความขอความร่วมมือจากทุกท่านกรุณาตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์และขอรับรองว่าผลิตภัณฑ์ที่ท่านทดสอบได้ผ่านกรรมวิธีที่มีสุลักษณะที่ดี มีความปลอดภัยในการบริโภคและข้อมูลทั้งหมดที่ท่านได้ตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณที่ท่านได้ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

คำอธิบาย

เครื่องดื่มมะละกอเสริมเม็ดปิดส์ฟรีไปไอติกเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ในรูปแบบใหม่ที่ประกอบด้วยน้ำมะละกอชนิดใส และเสริมด้วยเม็ดปิดส์ที่ขึ้นรูปโดยใช้เทคนิคการขึ้นรูปทรงกลม (Spherification) เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัสในการรับประทาน ซึ่งภายในเม็ดปิดส์จะสอดแทรกโยอาหารชนิดฟรีไปไอติก ที่เป็นประโยชน์ต่อระบบทางเดินอาหารและระบบขับถ่าย ไม่ให้พลังงาน ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็ง เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมแคลเซียมและเหล็ก ลดคอเลสเตอรอล เป็นทางเลือกให้กับผู้ที่ใส่ใจสุขภาพ สะดวกต่อการรับประทาน และเหมาะสำหรับทุกเพศทุกวัย

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำแนะนำ : กรุณาตอบแบบสอบถามโดยใส่เครื่องหมาย  ที่ท่านเห็นว่าตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1.1 เพศ

- ชาย  หญิง

1.2 อายุ

- ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี  21 – 25 ปี  
 26 - 30 ปี  30 ปีขึ้นไป

1.3 อาชีพ

- นักเรียน/นักศึกษา  ประกอบธุรกิจส่วนตัว  
 รับราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ  อื่นๆ (โปรดระบุ).....

1.4 รายได้

- ต่ำกว่า 10,000 บาท  10,000 - 20,000 บาท  
 20,000 - 30,000 บาท  30,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 : ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส

2.1 ท่านเคยรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใส

- เคย  ไม่เคย

2.2 ความถี่โดยเฉลี่ยที่ท่านรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสต่อเดือนเดือน

- น้อยกว่า 1 ครั้งต่อเดือน  1 - 2 ครั้งต่อเดือน  
 3 - 4 ครั้งต่อเดือน  มากกว่า 4 ครั้งต่อเดือน

2.3 หากท่านเคยรับประทานน้ำผลไม้ชนิดใสท่านชอบหรือไม่

- ชอบเพราะ.....(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)  
 รสชาติอร่อย  สะดวก  
 หาซื้อง่าย  มีคุณค่าทางโภชนาการ  
 เพื่อสุขภาพ  อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
- ไม่ชอบเพราะ.....(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)  
 รสชาติไม่อร่อย  ลักษณะไม่น่ารับประทาน  
 หาซื้อได้ยาก  ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการ  
 เก็บได้ไม่นาน  อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 3 : ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความชอบและการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์เครื่องตีมะละกอ  
เสริมเม็ดบีตส์ฟรีไบโอติก

3.1 กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบของตัวอย่างตามคำอธิบายคะแนนความชอบ

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

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ลักษณะปรากฏ									
สี									
กลิ่น									
รสชาติ									
ความรู้สึกระหว่างรับประทาน									
ความชอบโดยรวม									

3.2 ความพึงพอใจโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุ

- พอใจมาก                       พอใจปานกลาง  
 พอใจน้อย                       ไม่พอใจ

3.3 หากผลิตภัณฑ์นี้ออกวางจำหน่ายท่านคิดว่าท่านจะซื้อบริโภคหรือไม่

- ซื้อมากกว่า 1 ครั้ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)  
 รสชาติ                       มีความแปลกใหม่  
 เพื่อสุขภาพ                       อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
- ไม่ซื้อมากกว่า 1 ครั้ง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)  
 รสชาติไม่อร่อย                       ไม่สนใจในผลิตภัณฑ์  
 ผลิตภัณฑ์ไม่น่ารับประทาน                       อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

3.4 หากผลิตภัณฑ์ “เครื่องตีมะละกอเสริมเม็ดบีตส์ฟรีไบโอติก” ออกวางจำหน่ายปริมาณ 75 กรัม ท่านคิดว่าควรมีราคาเท่าไร

- 35 บาท                       40 บาท  
 45 บาท                       50 บาท

3.5 หากผลิตภัณฑ์ “เครื่องตีมะละกอเสริมบีตส์ฟรีไบโอติก” ออกวางจำหน่ายท่านคิดว่าควรวางจำหน่ายที่ใด

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ร้านสะดวกซื้อ  | <input type="checkbox"/> ร้านขายของชำ |
| <input type="checkbox"/> ห้างสรรพสินค้า | <input type="checkbox"/> ขายออนไลน์   |

3.6 ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ “เครื่องตีมะละกอเสริมบีตส์ฟรีไบโอติก” หรือไม่

- ยอมรับ
- ไม่ยอมรับ
- ไม่แน่ใจ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.  
ภาพภาคผนวก

จ1 กระบวนการผลิตน้ำมะละกอชนิดใส



1) ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และเอาเมล็ดออก



2) หันเป็นชิ้นเล็กและปั่นความเร็วเบอร์ 3 เป็นระยะเวลา 3 นาที



3) เติมเอนไซม์เพคตินเนส ปั่นเป็นระยะเวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4) บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง



5) เติมน้ำมะละกอผ่านการหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยแล้วลงในขวดสำหรับเครื่องหมุนเหวี่ยง



6) ปั่นเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 8,000 rpm เป็นระยะเวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จ2 กระบวนการผลิตเม็ดบีดส์ฟรีไบโอติก



1) ล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก และเอาเมล็ดออก



2) หั่นเป็นชิ้นเล็กและสกัดแยกกากมะละกอ



3) เติมส่วนผสมทั้งหมดลงในโถ ปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นระยะเวลา 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4) ใช้กระบอกฉีดยาดูดน้ำมะละกอเสริมฟรีไบโอติก 50 มิลลิลิตร หยดลงสารละลายแคลเซียมแลคเตท คนเป็นระยะเวลา 3 นาที และแช่ต่อเป็นระยะเวลา 5 นาที



5) กรองด้วยตะแกรงและล้างด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวนวิชวรรณ คลองสติ
วัน เดือน ปี เกิด	23 สิงหาคม พ.ศ. 2532
ที่อยู่	248/3 ถนนสุขุมวิท ตำบลทางเกวียน อำเภอแก่ง จังหวัดระยอง 21110
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2556 จบการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ประเภทวิชาคหกรรม สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยเทคนิคระยอง พ.ศ. 2558 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก พ.ศ.2560 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การนำเสนอผลงาน	ผลของเอนไซม์เพคตินเอสต่อคุณลักษณะทางกายภาพ ผลผลิต และ คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำมะละกอ งาน Food Innovation Asia Conference 2019 จัดโดยสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารแห่งประเทศไทย วันที่ 13 - 15 มิถุนายน 2562, ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบค, ประเทศไทย