

การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนประกอบของถั่งเช่าสีทอง  
และมีการใช้สารให้ความหวานอื่นทดแทนซูโครส  
DEVELOPMENT OF JELLY GUMMY CONTAINING  
*cordyceps militaris* AND THE USE OF OTHER SWEETENERS IN PLACE  
OF SUCROSE



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)  
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF JELLY GUMMY CONTAINING  
*Cordyceps militaris* AND THE USE OF OTHER SWEETENERS IN PLACE  
OF SUCROSE



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)  
DEPARTMENT OF BIOLOGY FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทอง  
และมีการใช้สารให้ความหวานอื่นทดแทนซูโครส

ชื่อนักศึกษา นางสาววิรดา เจจือ รหัสนักศึกษา 62050537  
นางสาวอติพร วัฒนวานิชย์ รหัสนักศึกษา 62050553

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)  
ภาควิชา ชีววิทยา  
คณะ วิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัย สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2565  
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อารี ฤทธิบุรณ์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ประจำปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.มารีสา จาตุพรพิพัฒน์ ประธานกรรมการ	
ดร.วรภัทร สงวนไชยไผ่วงศ์ กรรมการ	
รศ.อารี ฤทธิบุรณ์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิของคณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่มีส่วนประกอบของถั่งเช่าสีทอง และมีการใช้สารให้ความหวานอื่นทดแทนซูโครส
ชื่อนักศึกษา	นางสาววิรดา เจจื่อ รหัสนักศึกษา 62050537 นางสาวติพร วัฒนวานิชย์ รหัสนักศึกษา 62050553
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อารี ฤทธิบูรณ์

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่มีส่วนประกอบของถั่งเช่าสีทองและมีการใช้สารให้ความหวานอื่นทดแทนซูโครส ซึ่งจะมีการศึกษาการแปรผันปริมาณเพคตินร้อยละ 0, 1 และ 2 แปรผันปริมาณสารให้ความหวานเป็นอัตราส่วนของไซลิทอลต่อหญ้าหวานในอัตราส่วนที่แตกต่างกันทดแทนน้ำตาลซูโครส โดยการใช้อัตราส่วนของไซลิทอลและหญ้าหวานในอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 แปรผันปริมาณกรดซิตริกร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 แปรผันปริมาณของถั่งเช่าสีทองร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณคอรีโดเซปิน อะดีโนซีน และพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีอยู่ในถั่งเช่าสีทอง ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีโดยการวัดสี การวัดลักษณะของเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ ได้แก่ ความแข็ง ความยากต่อการเคี้ยว ความเหนียวเป็นกาวหรือยาง และความยืดหยุ่น วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ทดสอบความพึงพอใจและความยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในด้านของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว รสชาติ และความชอบโดยรวม ศึกษาการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และประเมินความพึงพอใจต่อบรรจุภัณฑ์ รวมถึงการตรวจสอบปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกัมมีเยลลี่ จากผลการศึกษาพบว่า สูตรที่เหมาะสมในการผลิตกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานเป็นอัตราส่วนของไซลิทอลต่อหญ้าหวานแทนน้ำตาลซูโครส มีส่วนผสมดังนี้ ได้แก่ เพคตินร้อยละ 2 ไซลิทอลต่อหญ้าหวานอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1 กรดซิตริกร้อยละ 1.5 ถั่งเช่าสีทองร้อยละ 0.5 จากผลการทดลองหาปริมาณสารคอรีโดเซปิน อะดีโนซีนและพอลิแซ็กคาไรด์ ผลการวิเคราะห์พบว่า คอรีโดเซปิน อะดีโนซีน และพอลิแซ็กคาไรด์มีค่าเท่ากับ 3.7, 2.1 และ 26.79 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานแทนซูโครส ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะของเนื้อสัมผัส มีค่าความแข็ง ความทนต่อการเคี้ยว ความเหนียว ความยืดหยุ่น มีค่าเท่ากับ 24.5460 นิวตัน, 0.0578 นิวตันเมตร, 13.78 นิวตัน และ 4.2028 มิลลิเมตร ตามลำดับ และค่าการวัดสีของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองด้วยเครื่องวัดสี มีค่า  $L^* - a^* - b^*$  เท่ากับ 31.41, 1.1 และ 1.1 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.69, 14.94 ตามลำดับ ทำการวัดความเป็นกรด-ด่างของกัมมีเยลลีถึงเช่าสีทองพบว่า มีค่าเท่ากับ 3.3 ซึ่งเป็นไปตามกำหนดมาตรฐาน มอก.263-2521 จากการทำการประเมินความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีถึงเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานเป็นอัตราส่วนของไซลิทอลต่อหญ้าหวานทดแทนซูโครส พบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติในด้านการยอมรับโดยรวม สี กลิ่น ความหวาน ความเปรี้ยว และเมื่อตรวจนับจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่อ่อน มผช.520/2547 และประกาศกระทรวงสาธารณสุขของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง ได้แก่ *E.coli*, *S. aureus*, ยีสต์ และรา ตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

**คำสำคัญ :** กัมมีเยลลี, ถึงเช่าสีทอง, คอร์โตเซปิน, อะดีโนซีน, พอลิแซ็กคาไรด์, ไซลิทอล, หญ้าหวาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	DEVELOPMENT OF JELLY GUMMY CONTAINING <i>Cordyceps militaris</i> AND THE USE OF OTHER SWEETENERS IN PLACE OF SUCROSE	
Student	Wirada Jeju	Student ID 62050537
	Atiporn Wattanawanich	Student ID 62050553
Degree	Bachelor of Science (Biotechnology)	
Department	Biology	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	
Academic Year	2022	
Adisor	Assoc. Prof. Aree Ritthiboon	

### Abstract

This research was to study the development of jelly gummy containing *Cordyceps militaris* and the use of other sweeteners in place of sucrose. In this study, the optimization of the contents of pectin (0, 1, and 2%), xylitol and stevia (29.9:0.1, 29.85:0.15, and 29.8:0.2%), citric acid (1, 1.5, and 2%), and *Cordyceps militaris* (0.5, 1, and 5%) Cordycepin, adenosine and polysaccharide content in *Cordyceps militaris* were analyzed. The physical and chemical characteristics were studied by measuring the color and texture characteristics of the gummy jelly : hardness, chewiness, gumminess, and springiness. The measurement of pH value, test satisfaction, and sensory acceptance by consumers in terms of appearance, color, smell, sweetness, sourness, taste, and overall preference. Testing the satisfaction and sensory acceptance of consumers, including appearance, color, smell, sweetness, sourness, taste, and overall preference. The design of packaging labels and assessment of satisfaction with packaging. Determination of the amount of microorganisms contained in jelly gummy containing *Cordyceps militaris* and the use of other sweeteners in place of sucrose. From the study of the gummy jelly from *Cordyceps militaris* with xylitol and stevia formula, the suitable formula for producing jelly gummy containing *Cordyceps militaris*, and the use of other sweeteners in place of sucrose ingredients, 2% pectin, xylitol, and stevia 29.9:0.1%, citric acid 1.5%, and *Cordyceps militaris* 0.5%. From the results of the experiment, determine the amount of cordycepin, adenosine, and polysaccharides. The analysis results showed that cordycepin, adenosine and polysaccharide content were 3.7, 2.1, and 14.17 mg/g dry weight, respectively. The development of gummy containing *Cordyceps militaris* and the use of other

sweeteners in place of sucrose When the texture characterization was measured, it was found that the Hardness, Chewiness, Gumminess, and springiness were 24.5460 N, 0.0578 Nm, 13.78 N, and 4.2028 mm, respectively. Color measurement of gummy jelly by a colorimeter with L\*-a\*-b\* values of 31.41, 4.69, and 14.94, respectively. The pH value of gummy jelly composed of *Cordyceps militaris* was measured to be equal to 3.4 and followed the standard TIS 263-2521. Satisfaction evaluation of gummy jelly from *Cordyceps militaris* with xylitol and stevia. Sensory tests result in the appearance of color, smell, sweetness, sourness, and overall preference. It was found that there were statistical differences. Microbial counts were performed according to the community standard requirements for soft jelly (TU 520/2547) and the Ministry of Public Health's announcement of samples stored at 4 °C and room temperature for 14 days. *E. coli*, *S. aureus*, yeast, and mold were counted, and it was found that they were not detected during the 14 day storage period.

**Keyword :** Gummy jelly, *cordyceps militaris*, cordycepin, adenosine, polysaccharide, xylitol, stevia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเนื่องจากความกรุณาของรองศาสตราจารย์อารี ฤทธิบุรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา โครงการพิเศษซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางรวมถึงข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ และช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินงาน อีกทั้งยังให้กำลังใจเสมอมา ทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.วรภัทร สงวนไชยไผ่วงศ์ ในการเป็นกรรมการการสอบโครงการพิเศษ ตลอดจนการให้คำแนะนำช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินงาน โครงการพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.มาริสสา จาตุพรพิพัฒน์ ประธานกรรมการสอบโครงการพิเศษที่กรุณา ให้คำแนะนำในการตรวจแก้ไข ทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาชีววิทยา และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์เครื่องมือบริการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวก รวมทั้งขอบคุณนักศึกษาปริญญาตรี และนักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษาในภาควิชาที่ช่วยทำแบบสอบถามทุกครั้งที่ทำกรทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ขอขอบคุณเพื่อนที่คอยเป็นกำลังใจ และช่วยเหลือในทุกๆ ด้านด้วยความจริงใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวตลอดจนญาติพี่น้อง ที่ได้ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือ ทั้งร่างกาย แรงใจ ในการปฏิบัติงานและการแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

วิรดา เจจื่อ  
อติพร วัฒนวานิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ .....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 ประวัติและความเป็นมาของถั่งเช่า.....	4
2.2 ถั่งเช่าสีทอง.....	4
2.2.1 อนุกรมวิธานของถั่งเช่าสีทอง .....	4
2.3 การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่า.....	5
2.3.1 การเพาะด้วยตัวหนอน.....	5
2.3.2 การเพาะด้วยอาหาร.....	5
2.3.3 แหล่งอาหาร .....	5
2.3.3.1 แหล่งคาร์บอน.....	6
2.3.3.2 แหล่งไนโตรเจน.....	6
2.3.3.3 แหล่งเกลือแร่.....	6
2.3.4 อุณหภูมิ.....	6
2.3.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH).....	7
2.3.6 อายุของหัวเชื้อ .....	7
2.3.7 อากาศและความชื้น.....	7
2.3.8 แสง .....	7
2.3.9 แสงไฟแอลอีดี.....	7
2.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทอง .....	8
2.4.1 อะดีโนซีน (adenosine).....	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 คอร์ไดเซปิน (cordycepin).....	8
2.4.3 พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide).....	9
2.4.4 แคโรทีนอยด์ (carotenoid).....	10
2.4.5 กรดไขมัน (fatty acid).....	10
2.5 กัมมี่เยลลี่ .....	11
2.5.1 ประเภทเยลลี่.....	11
2.5.1.1 เยลลี่ที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (dessert jelly).....	11
2.5.1.2 เยลลี่ที่รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly).....	11
2.5.2 ส่วนประกอบของกัมมี่เยลลี่ .....	11
2.5.2.1 สารที่ทำให้เกิดเจล.....	11
2.5.2.2 น้ำตาล.....	11
2.5.2.3 สารควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH regulating agents).....	12
2.5.2.4 สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้.....	12
2.5.3 เยลลี่อ่อน .....	12
2.5.3.1 คุณลักษณะที่ต้องการ.....	12
2.6 น้ำตาล (อังศิมา ศิริวัฒนาศิลป์, 2564).....	13
2.6.1 คุณสมบัติของน้ำตาล .....	13
2.6.1.1 คุณสมบัติด้านรสชาติ.....	13
2.6.1.2 คุณสมบัติด้านกายภาพ .....	13
2.6.1.2.1 การละลาย (Solubility).....	13
2.6.1.2.2 คุณสมบัติด้านประสาทสัมผัส (Sensory properties).....	13
2.6.1.2.3 ความหนืด (Viscosity) .....	13
2.6.1.2.4 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาล (Boilng point).....	13
2.6.1.2.5 การเกิดเจล (Gelation).....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

## หน้า

2.6.1.2.6 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: $a_w$ ).....	14
2.6.2 สารให้ความหวาน (sweeteners).....	12
2.6.2.1 สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nutritive sweeteners).....	14
2.6.3 โซลิตอล (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559).....	12
2.6.3.1 ปริมาณที่ควรได้รับสารโซลิตอล.....	15
2.6.3.2 ประโยชน์และโทษสารโซลิตอล .....	15
2.6.3.3 กรรมวิธีการผลิตโซลิตอลโดยวิธีทางเทคโนโลยีชีวภาพ .....	15
2.6.4 หญ้าหวาน (stevia).....	12
2.6.4.1 ประโยชน์และสรรพคุณของหญ้าหวาน .....	16
2.6.4.2 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหวาน .....	17
2.6.4.3 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสตีวิโอไซด์.....	18
2.7 เจลาติน.....	18
2.7.1 สมบัติของเจลาติน .....	19
2.7.2 การนำเจลาตินไปใช้ประโยชน์.....	19
2.8 เพคติน.....	20
2.8.1 ประเภทของเพคติน.....	21
2.8.2 ประโยชน์ของเพคติน .....	21
2.9 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร .....	22
2.9.1 วิธีการวัดทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation methods).....	21
2.9.2 วิธีการวัดทางกายภาพหรือการใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ (physical methods or instrumental methods).....	21
2.10 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและการทำงาน .....	23
2.10.1 หลักการทำงาน .....	21
2.10.2 ข้อดีและข้อด้อย .....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.10.3 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส .....	21
2.10.3.1 การทดสอบ TPA (Texture Profile Analysis).....	24
2.10.3.2 การทดสอบแบบการกด (Compression Test) .....	24
2.10.3.3 การทดสอบแบบการเจาะ (Puncture and Penetration Test).....	25
2.10.3.4 การทดสอบแบบตัด (Cutting and Shearing Test) .....	25
2.10.3.5 การทดสอบแบบ Compression-Extrusion (Backward Extrusion) .....	26
2.10.3.6 การทดสอบแบบ Extrusion Test (Forward Extrusion) .....	26
2.11 การวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์ .....	27
2.11.1 หลักการ .....	21
2.11.2 เทคนิคการใช้งานของเครื่องวัดสี .....	21
2.12 โครมาโทกราฟีเหลวสมรรถภาพสูง .....	28
2.12.1 หลักการแยกสาร .....	21
2.12.2 ชนิดของโครมาโทกราฟีเหลว.....	21
2.12.2.1 Liquid-solid chromatography.....	28
2.12.2.1.1 Gel filtration chromatography.....	28
2.12.2.1.2 Ion exchange chromatography .....	28
2.12.2.1.3 Affinity chromatography .....	28
2.12.2.1.4 Adsorption chromatography.....	29
2.12.2.2 Liquid-liquid chromatography หรือ พาร์ติชันโครมาโทกราฟี (partition chromatography) .....	29
2.13 การออกแบบและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ.....	30
2.13.1 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด.....	30
2.14 จุลินทรีย์ในอาหาร (คู่มือปฏิบัติงานด้านสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2556).....	30
2.14.1 ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอาหาร.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.14.1.1 แบคทีเรีย (Bacteria).....	30
2.14.1.2 รา (Fungi).....	30
2.14.1.3 ยีสต์ (Yeast) .....	30
2.14.1.4 ไวรัส (Virus).....	31
2.14.1.5 โปรโตซัว (Protozoa).....	31
2.14.2 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร .....	31
2.14.2.1 การปนเปื้อนจากดิน.....	31
2.14.2.2 การปนเปื้อนจากน้ำและน้ำเสีย .....	32
2.14.2.3 การปนเปื้อนจากอากาศ .....	32
2.14.2.4 การปนเปื้อนจากสัตว์.....	32
2.14.2.5 การปนเปื้อนระหว่างการผลิตและการขนส่ง.....	32
2.14.2.6 การปนเปื้อนระหว่างการจำหน่าย.....	32
2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	36
3.1 วัสดุอุปกรณ์ .....	36
3.1.1 เชื้อจุลินทรีย์.....	36
3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	36
3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ .....	36
3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถั่วงอก (ต้นติกร เต็มแก้ว, 2562) .....	37
3.2.1 การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้น.....	38
3.2.1.1 การเตรียมหัวเชื้อในอาหาร PDA .....	37
3.2.1.2 การเตรียมหัวเชื้อในอาหาร PDB .....	37
3.2.1.3 การเตรียมหัวเชื้อในอาหารแข็งธัญพืช .....	38
3.2.2 การสกัดสารสำคัญในเห็ดถั่วงอก .....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3 การหาปริมาณสารสำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทอง .....	38
3.2.3.1 การหาปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทอง .....	38
3.2.3.1.1 ขั้นตอนการสกัด .....	38
3.2.3.1.2 การหาปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปินด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC).....	39
3.2.3.2 การหาปริมาณสารพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดถั่งเช่าสีทอง.....	39
3.2.3.2.1 ขั้นตอนการสกัด .....	39
3.2.3.2.2 การวิเคราะห์สารพอลิแซ็กคาไรด์ด้วยวิธีแอนโทรน (Dreywood, 1946).....	39
3.3 การผลิตกัมมีเยลลี่ที่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส ....	39
3.3.1 การผลิตกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง.....	39
3.3.2 การแปรผันปริมาณปัจจัยการเติมเจลาตินและเพคตินต่อค่าของลักษณะทางกายภาพของการผลิตกัมมีเยลลี่ .....	40
3.3.3 การแปรผันปัจจัยปริมาณการเติมสารให้ความหวานทดแทนซูโครสที่แตกต่างกันที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของการผลิตกัมมีเยลลี่.....	41
3.3.4 การแปรผันปัจจัยปริมาณการเติมซีตริกต่อค่าของลักษณะทางกายภาพของการผลิตกัมมีเยลลี่.....	41
3.3.5 การแปรผันปัจจัยปริมาณการเติมถั่งเช่าสีทองต่อค่าของลักษณะทางกายภาพของการผลิตกัมมีเยลลี่.....	42
3.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค .....	42
3.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง.....	42
3.5.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง.....	42
3.5.2 การวัดค่าสี .....	43
3.5.3 การวัดเนื้อสัมผัส.....	43
3.6 การทดสอบสภาวะในการเก็บรักษา .....	43
3.6.1 การตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร .....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 3.6.1 การตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร ..... 43  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.2 วิธีการตรวจแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มและ E.coli ด้วยวิธี MPN (Most Probable Number) ..... 43

3.7 การทดสอบทางสถิติ ..... 47

บทที่ 4 วิธีการดำเนินงานวิจัย ..... 48

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทอง ..... 48

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของเพคตินที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ ..... 49

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจากไซลิทอลและหญ้าหวานที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ ..... 51

4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดซิตริกที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ ..... 55

4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ ..... 57

4.6 ผลการศึกษาสภาวะในการเก็บรักษากัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ..... 60

4.7 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ ..... 61

4.8 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ยี่ห้อ Haribo ที่ขายตามท้องตลาด ..... 63

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ..... 64

5.1 สรุปผลการวิจัย ..... 64

5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 64

เอกสารอ้างอิง ..... 65

ภาคผนวก ..... 73

ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ..... 73

ภาคผนวก ข การเตรียมสารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ..... 75

ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกัมมีเยลลี่ที่มีส่วนประกอบของถั่งเช่าสีทองและมีการใช้สารให้ความหวานอื่นทดแทนซูโครส ..... 79

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกัมมีเยลลี่ทางการค้าตามท้องตลาด ..... 87

ภาคผนวก ฉ การเก็บรักษาและการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ ..... 88

ภาคผนวก ช การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab ..... 89

ภาคผนวก ซ ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ ..... 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

## หน้า

ภาคผนวก ฉ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ. 2543 เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลตใน ภาชนะที่ปิดสนิท .....	101
ภาคผนวก ฉู ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่แห้ง .....	106
ภาคผนวก ฎ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 100 (พ.ศ.2529) เรื่อง การแสดงฉลากของวุ้นสำเร็จรูป และขนมเยลลี่ .....	110
ภาคผนวก ฏ ประกาศสำนักโภชนาการ กรมอนามัย เรื่อง สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล .....	113
ภาคผนวก ฐ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 360 ) พ.ศ.2556 เรื่อง สติวโอโกลโคไซด์ .....	116
ภาคผนวก ท ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง แนวทางการพิจารณาอนุญาตนำเข้าสีทอง ( <i>C.militalis</i> ) เป็น ส่วนประกอบในอาหาร .....	119
ภาคผนวก ฒ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องอาหารที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการ .....	121
ภาคผนวก ณ การตรวจสอบอักษรวิสูทธิ .....	125
ประวัติผู้เขียน .....	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทเพคติน.....	21
3.1 สูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ตั้งต้น.....	40
3.2 สูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณเพคติน.....	40
3.3 สูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณไซลิทอลและหญ้าหวาน.....	41
3.4 สูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณกรดซิตริก.....	41
3.5 สูตรผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณถั่งเช่าสีทอง.....	42
4.1 ค่าเฉลี่ยต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณสารก่อเจลในอัตราส่วนที่แตกต่าง กัน.....	49
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเพคตินที่ได้จากเครื่อง texture analyzer.....	49
4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ph meter).....	50
4.4 ผลการศึกษากาารวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter lab).....	51
4.5 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณของเพคตินแล้ว.....	51
4.6 ค่าเฉลี่ยต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณสารให้ความหวานทดแทนใน อัตราส่วนที่แตกต่างกัน.....	52
4.7 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของสารให้ความหวานทดแทนที่ได้จากเครื่อง texture analyzer.....	53
4.8 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ph meter).....	53
4.9 ผลการศึกษากาารวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter lab).....	53
4.10 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนแล้ว.....	54
4.11 ค่าเฉลี่ยต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณซิตริกในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน.....	55
4.12 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของซิตริกที่ได้จากเครื่อง texture analyzer.....	55
4.13 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ph meter).....	56
4.14 ผลการศึกษากาารวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter lab).....	56
4.15 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณของซิตริกแล้ว.....	57
4.16 ค่าเฉลี่ยต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณถั่งเช่าสีทองในอัตราส่วนที่แตกต่าง กัน.....	57
4.17 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของถั่งเช่าสีทองที่ได้จากเครื่อง texture analyzer.....	58
4.18 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (ph meter).....	58
4.19 ผลการศึกษากาารวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter lab).....	59
4.20 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณถั่งเช่าสีทองแล้ว.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยู่ยาดำเนินไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.21 ผลของการตรวจนับจุลินทรีย์ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน.....	60
4.22 ผลของการตรวจนับจุลินทรีย์ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน.....	60
4.23 ผลของการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์ .....	62
ภาคผนวกที่ จ-1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่หือ Haribo ที่ขายตามท้องตลาดที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer .....	88
ภาคผนวกที่ ซ-1 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถึงเข้าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน .....	90
ภาคผนวกที่ ซ-2 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อความหวานของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถึงเข้าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน .....	91
ภาคผนวกที่ ซ-3 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถึงเข้าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน .....	92
ภาคผนวกที่ ซ-4 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถึงเข้าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน .....	93
ภาคผนวกที่ ซ-5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาความพึงพอใจต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถึงเข้าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครสโดยใช้ปริมาณเพคตินที่ร้อยละ 1, 2 และไม่เติมเพคติน (น้ำหนักต่อปริมาตร) .....	95
ภาคผนวกที่ ซ-6 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการ วิเคราะห์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาความพึงพอใจต่อเนื้อสัมผัสของ ผลิตภัณฑ์กัมมี่ถึงเข้าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส โดยใช้ปริมาณเพคตินที่ร้อยละ 1, 2 และ ไม่เติมเพคติน (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	95
ภาคผนวกที่ ซ-7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณสารให้ความหวานทดแทนซูโครส โดยใช้ไซลิทอลต่อหญ้าหวานในปริมาณอัตราส่วน 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ .....	95
ภาคผนวกที่ ซ-8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการ วิเคราะห์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณสารให้ความหวานทดแทนซูโครส โดยใช้ไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ในปริมาณอัตราส่วน 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	96
ภาคผนวกที่ ซ-9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคใน การทดลองหาปริมาณของซิทริกที่เหมาะสมโดยใช้ปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้	96

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวกที่ ซ-10 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการ วิเคราะห์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณปริมาณของซิตรริกที่เหมาะสม โดยใช้ ปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 .....	96
ภาคผนวกที่ ซ-11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคใน การ ทดลองหาปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมโดยถั่งเช่าปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ .....	97
ภาคผนวกที่ ซ-12 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการ วิเคราะห์ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมโดย ถั่งเช่า ปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อย ละ 95 .....	97
ภาคผนวกที่ ซ-13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุ ภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของตัวอักษร .....	97
ภาคผนวกที่ ซ-14 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมิน ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสม ของตัวอักษร โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 .....	98
ภาคผนวกที่ ซ-15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุ ภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของภาพประกอบ .....	98
ภาคผนวกที่ ซ-16 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมิน ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสม ของภาพประกอบ ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 .....	98
ภาคผนวกที่ ซ-17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุ ภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของสี .....	98
ภาคผนวกที่ ซ-18 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมิน ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสม ของสีโดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 .....	99
ภาคผนวกที่ ซ-19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุ ภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในการจัดองค์ประกอบสมดุล .....	99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ภาคผนวกที่ ซ-20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านการจัดองค์ประกอบสมดุล โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	99
ภาคผนวกที่ ซ-21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความน่าสนใจ.....	99
ภาคผนวกที่ ซ-22 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความน่าสนใจ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	100
ภาคผนวกที่ ซ-23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความชอบโดยรวม.....	100
ภาคผนวกที่ ซ-24 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความชอบโดยรวม โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.....	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเพาะเลี้ยงล้ง้เช่าสีทอง .....	5
2.2 โครงสร้างทางเคมีของอะดีโนซีน .....	8
2.3 โครงสร้างทางเคมีของคอร์โดเซปิน .....	9
2.4 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแซ็กคาไรด์ .....	9
2.5 โครงสร้างทางเคมีของไซลิทอล .....	15
2.6 หล้าหวาน .....	16
2.7 โครงสร้างทางเคมีของสติวอลไปโอไซด์ .....	17
2.8 โครงสร้างทางเคมีของสติวิโอไซด์ .....	18
2.9 ภาพกลไกการเกิดเลลาติน .....	19
2.10 โครงสร้างการเรียงตัวของน้ำตาลในเพคติน .....	20
3.1 การเจริญเติบโตของล้ง้เช่าสีทองในอาหารแข็งธัญพืช .....	39
3.2 การเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 .....	44
3.3 การตรวจสอบโคโลนีของเชื้อ <i>Staphylococcus aureus</i> โดยการ spread plate บนอาหาร BPA agar .....	44
3.4 การเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.85 .....	44
3.5 ตัวอย่างที่การเจือจาง 3 ระดับในอาหารเลี้ยงเชื้อ LST Broth .....	45
3.6 ตัวอย่างที่การเจือจาง 3 ระดับในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB Broth .....	45
3.7 ตัวอย่างที่การเจือจาง 3 ระดับในอาหารเลี้ยงเชื้อ EC Broth .....	46
3.8 การตรวจสอบโคโลนีของเชื้อ <i>Escherichia coli</i> โดยการ steak plate บนอาหาร EMB agar .....	46
3.9 การเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากเชื้อ .....	47
3.10 การตรวจสอบโคโลนีของยีสต์และรา โดยการ spread plate บนอาหาร PCA agar .....	47
ภาคผนวกที่ 1 ข กราฟมาตรฐานของคอร์โดเซปิน .....	75
ภาคผนวกที่ 2 ข พิกของกราฟมาตรฐานของคอร์โดเซปิน .....	75
ภาคผนวกที่ 3 ข กราฟมาตรฐานของอะดีโนซีน .....	75
ภาคผนวกที่ 4 ข พิกของกราฟมาตรฐานของอะดีโนซีน .....	76
ภาคผนวกที่ 5 ข กราฟมาตรฐานของกลูโคส .....	77
ภาคผนวกที่ 1 ค เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหาร .....	78
ภาคผนวกที่ 2 ค เครื่องวัดสี .....	79
ภาคผนวกที่ 3 ค ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) .....	81
ภาคผนวกที่ 1 จ เครื่องวิเคราะห์ texture analyzer ที่วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ห่อ Haribo .....	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยนาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

กัมมี่เยลลี่ เป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานชนิดหนึ่งในกลุ่มลูกอมที่มีส่วนผสมหลักคือน้ำตาล กัมมี่เยลลี่แบบดั้งเดิมคือผลิตภัณฑ์จากผลไม้หรือน้ำสมุนไพรผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเหนียวแห้งและมีความหนืดขณะเคี้ยว โดยกัมมี่เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ของหวานที่มีส่วนผสมของสารก่อเจล (gel substance) เช่น เจลาตินผสมกับสารให้ความหวาน รวมทั้งน้ำตาลและน้ำเชื่อมกลูโคส (Marfil และคณะ, 2012) กัมมี่เยลลี่ เป็นผลิตภัณฑ์ได้รับความนิยมในกลุ่มของเด็กจนถึงวัยรุ่น เนื่องจากมีรูปร่างสีสันที่สวยงาม มีลักษณะเฉพาะตัวคือเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจล มีความใส เนื้อสัมผัสเนียน มีความเหนียวหนืดที่มาจากสารก่อเจล สามารถรับประทานในเวลาว่าง โดยทั่วไปตามท้องตลาดมักจะแต่งรสชาติที่ทำมาจากสารแต่งกลิ่นรสผลไม้สังเคราะห์ และสารให้ความหวานหรือน้ำตาลเป็นส่วนผสมหลัก เยลลี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่รับประทานง่ายเหมาะสำหรับชีวิตที่เร่งรีบ แต่เนื่องจากกัมมี่เยลลี่มีส่วนผสมหลักเป็นน้ำตาล ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ จึงต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ให้มีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น โดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส เพื่อเพิ่มทั้งคุณค่าและมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เยลลี่กัมมี่ (ศุภชัย และคณะ, 2565)

ถั่งเช่าสีทอง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cordyceps militaris* หรือเรียกอีกชื่อว่า ‘เห็ดหญ้าหนอน’ ซึ่งเป็นสมุนไพรที่ชาวจีนนิยมรับประทานเพื่อช่วยให้ร่างกายแข็งแรง โดยถั่งเช่าเป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ในหนอนผีเสื้อกลางคืนที่จำศีลในฤดูหนาว (*Hepialus armoricanus* Oberthiir) ในพื้นที่ภูเขาสูงของจีน เห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นยาร้อน มีประวัติในการบริโภคมายาวนานนับพันปี จากงานวิจัยทั่วโลกกว่า 40 ชิ้น พบว่าถั่งเช่ามีสารออกฤทธิ์สำคัญ คือ คอร์ดิไซปิน (cordycepin) หรือ กรดคอไดซิปีค (cordycipic acid) ที่เป็นสารออกฤทธิ์เฉพาะในถั่งเช่าและพบว่าเป็นสารหลักที่ชูสรรพคุณทางยา โดยยังมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ เช่น อะดีโนซีน (adenosine) พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ยังอุดมไปด้วยแร่ธาตุและวิตามินอีกมากมาย จึงนำมาใช้ในวัตถุดิบหลักของเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง (อานนท์ เอื้อตระกูล, 2556)

ไซลิทอล (Xylitol) จัดเป็นสารให้ความหวาน (Sweetener) ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Alcohol Sugar) มีโครงสร้างโมเลกุลมีคาร์บอน 5 อะตอม สูตรทางเคมี  $C_5H_{12}O_5$  มวลโมเลกุล 152.15 กรัมต่อโมล ไซลิทอลมีการนำมาใช้แทนน้ำตาลทั่วไป มีความหวานเท่ากับน้ำตาลซูโครส สามารถใช้แทนน้ำตาลซูโครสได้ในอัตราส่วน 1:1 ให้พลังงาน 2.43 กิโลแคลอรีต่อกรัม มีคุณสมบัติให้ความรู้สึกเย็นขณะรับประทาน ป้องกันฟันผุ ได้รับการอนุมัติจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) ตั้งแต่ปี 1960 มีความปลอดภัยสำหรับเด็ก (Forster และคณะ, 1982) สามารถบริโภคได้ 30 กรัม โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Salminen และคณะ, 1982) แต่ถ้าบริโภคมากกว่า 30 กรัมต่อครั้ง จะทำให้เกิดท้องเสียได้ ซึ่งอาจเพราะ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบคทีเรียในลำไส้ไม่สามารถเผาผลาญไซลิทอลในปริมาณมากได้ (Salminen และคณะ, 1986) ในธรรมชาติ (Salminen และคณะ, 1982) แต่ถ้าบริโภคมากกว่า 30 กรัมต่อครั้ง จะทำให้เกิดท้องเสียได้ ซึ่งอาจเพราะแบคทีเรียในลำไส้ไม่สามารถเผาผลาญไซลิทอลในปริมาณมากได้ (Salminen และคณะ, 1986) ในธรรมชาติพบได้ในพืช ผัก ผลไม้ตามธรรมชาติหลายชนิด เช่น สตรอเบอร์รี่ แครอท ชั่งข้าวโพด การศึกษาประโยชน์ของไซลิทอล โดยมีการศึกษาผลของไซลิทอลช่วยลดอัตราการเกิดฟันผุ (Scheinin และคณะ, 1976)

หญ้าหวาน (stevia) เป็นพืชที่มนุษย์รู้จักมาเป็นเวลานานกว่า 1,500 ปี ชนพื้นเมืองแถบอเมริกาใต้เป็นผู้ค้นพบและนำมาใช้เป็นครั้งแรก หญ้าหวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Stevia rebaudiana Bertoni* หรือเรียกสั้นๆ ว่า Stevia เป็นพืชในวงศ์ *Asteraceae* ที่พบตามเขตร้อนชื้น โดยมนุษย์ได้นำสารสกัดของหญ้าหวานมาเป็นส่วนประกอบในชาที่ซึ่งดื่มรวมถึงยาสมุนไพรโบราณ โดยเฉพาะในประเทศปารากวัย และบราซิล ซึ่งชื่อเดิมของหญ้าหวานที่ชาวพื้นเมืองปารากวัยเรียก คือ kar-he-e หรือภาษาสเปน เรียกว่า yerba dulce แปลว่า สมุนไพรหวาน เป็นสมุนไพรที่ชาวพื้นเมืองของปารากวัย และบราซิล ใช้ผสมในอาหาร หรือเครื่องดื่มเพื่อเพิ่มความหวาน และใช้ชงเป็นชาดื่ม ที่เรียกว่า “มะเตะ” มานานมากกว่า 400 ปีแล้ว ส่วนในแถบเอเชียพบว่าประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกๆที่มีการใช้สารสกัดจากหญ้าหวานอย่างแพร่หลาย โดยนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ผักดอง ซีอิ้ว เต้าเจี้ยว เนื้อปลาบด เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยหญ้าหวานเริ่มเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2518 โดยเป็นการนำมาทดลองปลูก ในภาคเหนือ โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย ในปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้อนุญาตให้มีการใช้สารสกัดไอโซลด์เพื่อการบริโภคหญ้าหวานจึงจัดอยู่ในพืชสมุนไพรอีกชนิดหนึ่ง (อังคิมา ศิริวัฒนาศิลป์, 2564)

เนื่องจากเยลลี่กัมมีทางการค้าส่วนใหญ่มีปริมาณที่น้ำตาลที่สูงมากในงานวิจัยนี้จึงปรับปรุงสูตรโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส โดยใช้ไซลิทอลและหญ้าหวานเพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดและยังมีการเสริมด้วยถั่วงาเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและคุณค่าทางโภชนาการ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

- 1) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในถั่วงาและไซลิทอล
- 2) เพื่อศึกษาปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนซูโครสจากไซลิทอลและหญ้าหวานที่เหมาะสม และให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
- 3) เพื่อศึกษาปริมาณของเพคตินที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมีเยลลี่
- 4) เพื่อศึกษาปริมาณของกรดซิตริกที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมีเยลลี่
- 5) เพื่อศึกษาปริมาณของถั่วงาที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมีเยลลี่
- 6) เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกัมมีเยลลี่ถั่วงาและไซลิทอลที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส
- 7) เพื่อศึกษาสถานะในการเก็บรักษาและตรวจสอบจุลินทรีย์ของกัมมีเยลลี่ถั่วงาและไซลิทอลที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

- 1) ทำการทดสอบสารสำคัญจากดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่นำมาใช้ในการผลิตกัมมีเยลลี่ ได้แก่ อะดีโนซีนคอร์ไดเซพิน และพอลิแซ็กคาไรด์จากถั่งเช่าสีทองที่ทำการเพาะเลี้ยงในแหล่งไนโตรเจนจากไขไก่ทำการทดสอบปริมาณการเติมสารให้ความหวานทดแทนซูโครสโดยใช้ไซลิทอลและหญ้าหวานที่เหมาะสมในกัมมีเยลลี่คิดเป็นอัตราส่วน 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 ของปริมาณทั้งหมด
- 2) การทดสอบปริมาณการเติมเพคตินที่เหมาะสมในการผลิตกัมมีเยลลี่จากถั่งเช่าสีทองที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครสคิดเป็นร้อยละ 0, 1 และ 2 ของผลิตภัณฑ์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)
- 3) การทดสอบปริมาณการเติมกรดซิตริกที่เหมาะสมในการผลิตกัมมีเยลลี่จากถั่งเช่าสีทองที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนคิดเป็นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 ของผลิตภัณฑ์ (ร้อยละน้ำหนักต่อน้ำหนัก)
- 4) การทดสอบปริมาณการเติมถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมในการผลิตกัมมีเยลลี่จากถั่งเช่าสีทองที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนคิดเป็นร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 ของผลิตภัณฑ์ (ร้อยละน้ำหนักต่อน้ำหนัก)
- 5) การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ทำการทดสอบและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีได้แก่ อะดีโนซีน คอร์ไดเซพิน ความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี และความแข็งของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ใช้สารให้ความหวานจากไซลิทอลและหญ้าหวานทดแทนซูโครส
- 6) การทดสอบสถานะในการเก็บรักษาและตรวจสอบจุลินทรีย์ของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบปริมาณของสารให้ความหวานจากไซลิทอล หญ้าหวานและ ถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมต่อกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส
- 2) ทราบสูตรเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสม สามารถนำไปวิจัยเพื่อศึกษาหรือต่อยอดในอุตสาหกรรม
- 3) สามารถผลิตผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีอาหารใหม่จากถั่งเช่าสีทองได้โดยเพิ่มคุณค่าทางอาหาร และนำไปรับประทานเพื่อสุขภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ประวัติและความเป็นมาของถั่งเช่า

ถั่งเช่าสีทอง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cordyceps militaris* ถั่งเช่าเป็นที่รู้จักมาตั้งแต่อดีตกาลของชาวจีน และมีความเชื่อว่าเป็นยาอายุวัฒนะ มีสรรพคุณช่วยปรับสมดุลของร่างกาย เป็นสมุนไพรธาตุร้อน ในสมัยโบราณถั่งเช่าถูกจำกัดการใช้เฉพาะจักรพรรดิและเชื้อพระวงศ์ชั้นสูงของจีนเท่านั้นคนธรรมดาสามัญไม่มีสิทธิ์บริโภค เป็นของที่หายากและมีค่าดังทอง ตำราการแพทย์ทิเบตมีการบันทึกไว้ว่า ถั่งเช่าถูกใช้เป็นยาชูกำลัง ใช้รักษาสารพัดโรค (Winkler, 2008) และถั่งเช่าได้ถูกพิสูจน์แล้วว่าเป็นเชื้อราที่ไม่มีพิษ (nontoxic fungal substance) ปลอดภัยในการบริโภค (Huang และคณะ, 1987) ถั่งเช่าสีทองอุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิดที่มีผลทางชีวภาพ เช่น โมนาแซคคาไรด์ ไดแซคคาไรด์ พอลิแซคคาไรด์ (เบต้า-กลูแคน) แมนนิทอล กาแล็กโทส อะดีโนซีน คอร์ดิเซปิน กรดคอร์ดิเซปิก กรดอะมิโน โพรตีน สเตอรอล วิตามิน และแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์หลายชนิด เช่น ไบโอดีน กรดโฟลิก ไนอาซิน กรดแพนโทนิค ซิลิเนียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียมแมกนีเซียม เหล็ก คอปเปอร์ สังกะสี แมงกานีส และซิลิเนียม เป็นต้น (Das และคณะ, 2010)

#### 2.2 ถั่งเช่าสีทอง

ถั่งเช่าจัดเป็นพวกราแม่ลงในกลุ่ม *Ascomycetes* เห็นชนิดนี้มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นอย่างสูง ด้วยสรรพคุณทางยาที่คนจีนเชื่อว่าเป็นเห็ดอายุวัฒนะ รับประทานแล้วจะช่วยให้ร่างกายแข็งแรงรักษาได้สารพัดโรคจากงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์มากมายทั่วโลกพบว่า ถั่งเช่ามีสารคอร์ดิเซปิน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนของเลือด และต้านเชื้อแบคทีเรียก่อโรคหลายชนิด เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเม็ดเลือดขาว ทำให้ร่างกายไม่เป็นโรคติดเชื้อได้ง่าย สารอะดีโนซีนต้านการแข็งตัวของเลือด ต้านการเกิดลิ่มเลือดในร่างกาย กรดคอร์ดิเซปิกเพิ่มเมแทบอลิซึมของร่างกาย ทำให้ร่างกายมีพลังแข็งแรง ไม่เหนื่อยง่ายและฟื้นตัวเร็ว ป้องกันเลือดออกในสมอง ลิมเลือด โรคหัวใจขาดเลือด หอบหืด ต้านอนุมูลอิสระ ทำให้แก่ช้า และต้านการอักเสบ มีพอลิแซคคาไรด์ช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกันแก่ร่างกายและช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด ลดคลอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ (ไขมันในเลือด) ช่วยเพิ่มพลังทางเพศชาย และมีความน่าจะเป็นในการช่วยลดการเจริญเติบโตของเนื้องอกและเซลล์มะเร็ง มีการศึกษาการปรับปรุงสายพันธุ์และผลิตเป็นการค้าในจีน เกาหลี ไต้หวัน อินเดีย สหรัฐอเมริกา มาเลเซีย และสิงคโปร์ โดยมีการใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรคต่าง ๆ และเป็นอาหารเสริมสุขภาพ

##### 2.2.1 อนุกรมวิธานของถั่งเช่าสีทอง

เห็ดถั่งเช่าสีทองเป็นเชื้อราที่มีอนุกรมวิธานดังต่อไปนี้

Kingdom : Fungi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Phylum : Ascomycota

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sub-phylum : Ascomycotina

Class : Ascomycetes

Order : Hypocreales

Family : Clavicipitaceae

Genus : Cordyceps

Species : militaris

## 2.3 การเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่า

### 2.3.1 การเพาะด้วยตัวหนอน

เป็นวิธีการที่เลียนแบบธรรมชาติ (รูปที่ 2.1) โดยทำการใส่เชื้อลงไปในตัวหนอนสกุล (*Thitarodes hepialus*) โดยที่ตัวหนอนนั้นยังมีชีวิตอยู่ เมื่อได้รับเชื้อ หนอนจะค่อยๆอ่อนแอและ ตายในที่สุด เส้นใยเห็ดก็จะงอกออกมาจากตัวหนอน หนอนที่ใช้เพาะเชื้อ อาจเก็บมาจากธรรมชาติ โดยเก็บรังไหมมาแล้ว ทำการผ่าเอาดักแด้ตัวหนอนออกมาใช้ หรืออาจทำการเก็บไข่ผีเสื้อ มาทำการเพาะจนได้ตัวหนอนก็ได้ การเพาะด้วยตัวหนอน โดยทำได้ทั้งในสภาพปลอดเชื้อโดยเลี้ยงในขวดแก้ว หรือ อาจเพาะในโรงเรือนที่สะอาด และสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในได้โดยการเพาะในกระบะ



รูปที่ 2.1 การเพาะเลี้ยงถั่งเช่าสีทอง

ที่มา : Lian และคณะ, 2014

### 2.3.2 การเพาะด้วยอาหาร

ถั่งเช่าแต่ละชนิดต้องการอาหารที่ไม่เหมือนกัน ควรทำการเลือกใช้สูตรอาหารที่เหมาะสมกับเชื้อเห็ดชนิดนั้น ๆ อาหารที่ใช้เพาะเชื้อเห็ดนั้นอาจเป็นอาหารวิทยาศาสตร์ ได้มาจากการผสมสารเคมีหลายๆชนิด หรืออาจเป็นวัตถุดิบตามธรรมชาติก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 แหล่งอาหาร

อาหารในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองมีสูตรอาหารมากมาย โดยหลักจะประกอบด้วยแหล่งคาร์บอน ได้แก่ เมล็ดธัญพืช น้ำตาล และแป้ง ส่วนแหล่งของไนโตรเจน ได้แก่ หนอนไหม ไข่ ดักแด่ ยีสต์สกัด เปปโตน บัฟเฟอร์ กรดซิตริก และวิตามินบี 1 (ธัญญา, 2555)

#### 2.3.3.1 แหล่งคาร์บอน

เป็นแหล่งอาหารที่ให้พลังงานแก่เซลล์ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของถั่งเช่าสีทองและการเมแทบอลิซึมของเชื้อจุลินทรีย์ จากการทดลองเพาะเลี้ยงในแหล่งคาร์บอน เช่น กลูโคส ฟรุกโตส กาแล็กโทส มอลโทส ซูโครส เด็กซ์โทรส สตาร์ช และเซลลูโลส พบว่าการใช้เด็กซ์โทรสในการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวให้เส้นใยของเห็ดถั่งเช่าสีทองให้ปริมาณคอร์โดเซปินมากที่สุด รองลงมาคือ สตาร์ช ซูโครส และมอลโทส นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าการใช้เด็กซ์โทรสร้อยละ 4 ในอาหารเหลวจะให้ปริมาณคอร์โดเซปินสูงสุด (Tuli และคณะ, 2014) ในการเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งพบว่า การใช้กลูโคสจะให้คุณภาพดอกเห็ดที่ดีที่สุด หมายถึงรวมน้ำหนักแห้ง ปริมาณอะดีโนซีนและคอร์โดเซปิน รองลงมาคือ ซูโครสและมอลโทส (Wen และคณะ, 2014)

#### 2.3.3.2 แหล่งไนโตรเจน

เป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็นในการสังเคราะห์โปรตีนภายในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ จากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์กับแหล่งไนโตรเจนอนินทรีย์ พบว่าแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ ให้ปริมาณคอร์โดเซปินมากกว่าซึ่งก็คือ ยีสต์สกัด โดยยีสต์สกัดความเข้มข้นร้อยละ 0.8 ในอาหารเหลวเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการเพาะเลี้ยงเพื่อให้ได้สารคอร์โดเซปินมากที่สุด (Tuli และคณะ, 2014) ในการเพาะเลี้ยงดอกเห็ดถั่งเช่า ได้มีการทำงานวิจัยพบว่า การใช้เปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจนในการเพาะเลี้ยงแบบอาหารแข็ง จะให้ปริมาณน้ำหนักแห้ง สารอะดีโนซีน และสารคอร์โดเซปินที่สูง แต่การใช้น้ำมันถั่วเหลืองจะทำให้ได้ปริมาณคอร์โดเซปินในดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองมากที่สุด (Wen และคณะ, 2014) การใช้ยีสต์สกัดและเปปโตนรวมกันในการเพาะเลี้ยง ซึ่งจะช่วยในการสังเคราะห์กัวนีน อะดีโนซีน และคอร์โดเซปิน โดยใช้อัตราส่วนทั้งเปปโตนและยีสต์สกัดร้อยละ 0.3 การใช้แหล่งไนโตรเจนที่ต่างกัน ส่งผลต่อการสังเคราะห์นิวคลีโอไซด์และสารเมแทบอลิท์อื่นๆ (Gu และคณะ, 2007)

#### 2.3.3.3 แหล่งเกลือแร่

เกลือแร่ช่วยในการเจริญและพัฒนาของเชื้อราชนิดต่างๆ เกลือแร่จึงเป็นสิ่งที่จะต้องใส่ในอาหารเพาะเลี้ยง ซึ่งจากงานวิจัยการหาเกลือแร่ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตและผลผลิตสารของเห็ดถั่งเช่าสีทองพบว่า โพแทสเซียมซัลเฟตและแมกนีเซียมซัลเฟต ช่วยให้มีดอกเห็ดและสารคอร์โดเซปินในปริมาณที่สูง (Wen และคณะ, 2014)

### 2.3.4 อุณหภูมิ

เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ เนื่องจากเอนไซม์ของเชื้อแต่ละชนิดจะทำงานได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่จำเพาะต่อการเจริญของเชื้อนั้นๆ จากการทดลองเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวพบว่าอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ดีที่สุดในการเจริญของเชื้อถั่งเช่าสีทอง (Yi และคณะ, 2014)

และจากการทดลองเพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อที่ดีที่สุดคือ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (Lee และคณะ, 2013)

### 2.3.5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง เป็นสิ่งสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ โดยเฉพาะกับเชื้อรากลุ่ม *Ascomycota* และ *Basidiomycota* โดยทั่วไปแล้วพีเอชที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดถั่งเช่า จะอยู่ในช่วง 4 ถึง 7 พีเอชที่ต่างกัน จะส่งผลต่อการเผาผลาญสารอาหารและการเจริญของเส้นใย ดังนั้นเมื่อทดลองเพาะเลี้ยงในช่วงพีเอช 4 ถึง 7 แล้วพบว่า pH ที่ให้ปริมาณคอร์โดเซปินมากที่สุดที่พีเอช 5.5

### 2.3.6 อายุของหัวเชื้อ

อายุของหัวเชื้อเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญในการผลิตคอร์โดเซปินและสารที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ จากการทดลองการเลี้ยงหัวเชื้อเห็ดหลินจือที่ 24 ถึง 144 พบว่าหัวเชื้อที่ชั้วโมงที่ 72 จะให้ปริมาณคอร์โดเซปินมากที่สุดเมื่อนำหัวเชื้อเห็ดหลินจือมาเลี้ยงในอาหารเหลว (Tuli และคณะ, 2014)

### 2.3.7 อากาศและความชื้น

อากาศเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญและการผลิตสารทางชีวภาพของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้อากาศ มีงานวิจัยที่แสดงว่าออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญในการเจริญของเส้นใยและการผลิตสารทางชีวภาพของเชื้อราให้มีปริมาณสูง (Shih และคณะ, 2007) ความชื้นร้อยละ 70 ถึง 80 เป็นความชื้นตามธรรมชาติที่ราเจริญเติบโตได้ดีหากไม่ควบคุมความชื้น ภายในขวดเพาะเลี้ยงที่เป็นอาหารแข็งทำให้อาหารแห้งอย่างรวดเร็วส่งผลต่อการเจริญของเชื้อ

### 2.3.8 แสง

ในที่มืดเส้นใยของถั่งเช่าสีทองจะมีสีขาว แสงจะไปกระตุ้นให้มีการสร้างเม็ดสีและทำให้เกิดการรวมกันของเส้นใยกลายเป็นดอกเห็ด (fruiting body) ช่วยในการปรับปรุงสี เพิ่มปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ คอร์โดเซปิน แคโรทีนอยด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ โดยแคโรทีนอยด์จะทำให้ดอกเห็ดมีสีทองเข้ม ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพทางการค้า นอกจากนี้แสงยังเป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดความหนาแน่น เนื้อสัมผัส และสีของเส้นใยเห็ดถั่งเช่าสีทอง แสงสีแดงส่งผลให้เกิดการเจริญของเส้นใยและเพิ่มปริมาณอะดีโนซีน ในขณะแสงสีฟ้าช่วยในการสังเคราะห์คอร์โดเซปินของเส้นใย แสงสีชมพู (1/3 สีฟ้า + 2/3 สีแดง) ช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งและช่วยให้เกิดการสะสมของแคโรทีนอยด์ และคอร์โดเซปิน ขณะที่แสงสีแดงช่วยเพิ่มปริมาณอะดีโนซีนในดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง แสดงให้เห็นว่าการให้แสงในการเพาะเลี้ยง นอกจากจะเพิ่มร้อยละผลได้แล้ว ยังส่งผลต่อคุณภาพของดอกเห็ดของถั่งเช่าสีทอง

### 2.3.9 แสงไฟแอลอีดี

เป็นอุปกรณ์จำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงได้ในช่วงสเปกตรัมที่แคบเปล่งแสงได้ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและในช่วงแสงที่มองเห็นได้ ไฟแอลอีดีสามารถปล่อยแสงสีขาว (ความยาวคลื่นหลายความยาวคลื่นผสมกัน) หรือแสงช่วงความยาวคลื่นใดคลื่นหนึ่งได้ โดยขึ้นกับการผลิตทำให้สามารถเลือกใช้ความยาวคลื่นที่ต้องการในการเพาะเลี้ยงราหรือพืชได้ หลอดไฟแอลอีดียังช่วยลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 70 และปล่อย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

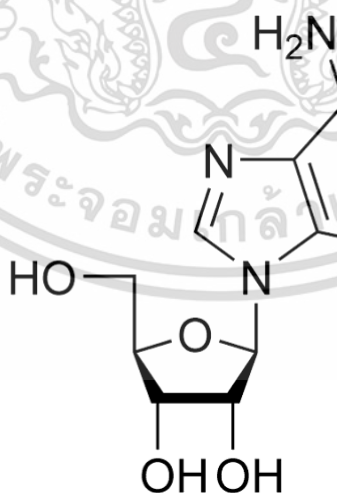
ความร้อนเพียงเล็กน้อย ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการควบคุมอุณหภูมิ หลอดไฟแอลอีดีที่มีอายุการใช้งานถึง 50000 ชั่วโมงขึ้นไป เมื่อเทียบกับหลอดไฟธรรมดาที่ใส่เป็นปรอทมีอายุการใช้งานเพียง 200 ชั่วโมง

## 2.4 สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทอง

เห็ดถั่งเช่าสีทองอุดมไปด้วยสารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ โพลีแซ็กคาไรด์ นิวคลีโอไทด์ คอร์ไดเซปิน อะดีโนซีน กรดคอร์ไดเซปีค กรดอะมิโนและสเตอรอล นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย สารอาหารสำคัญอื่นๆเช่น โปรตีน วิตามินต่างๆ ( E , K , B1 , B2 และ B12 ) และแร่ธาตุต่าง ๆ โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี และซีลีเนียม เป็นต้น

### 2.4.1 อะดีโนซีน (adenosine)

เป็นนิวคลีโอไซด์ที่พบได้โดยทั่วไปในเซลล์ของร่างกายมีสูตรทางเคมี ดังนี้ 6-amino-9- $\beta$ -D-ribofuranosyl-9H-purine อะดีโนซีนเกิดจากการจับของอะดีนีนกับน้ำตาลไรโบส พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะดีนีนและน้ำตาลไรโบส เรียกว่าพันธะ  $\beta$ -N9-glycosidic โครงสร้างทางเคมีแสดง ดังรูปที่ 2.2 อะดีโนซีนช่วยในการถ่ายโอนพลังงานภายในเซลล์ในรูปของอะดีนีนไตรฟอสเฟต (ATP) และอะดีนีนไดฟอสเฟต (ADP) นอกจากนี้อะดีโนซีนจะฟอร์มตัวเป็นไซคลิกอะดีโนซีนโมโนฟอสเฟต (cAMP) ซึ่งจะเป็นตัวส่งสัญญาณในหลายๆวิถีเมแทบอลิซึมของร่างกาย อะดีโนซีนช่วยเพิ่มการเปลี่ยนไกลโคเจนให้เป็นน้ำตาลกลูโคสภายในตับ ภายในสมองสภาวะปกติอะดีโนซีนช่วยในการนอนหลับ ลดการถูกกระตุ้นทางอารมณ์ในระบบหมุนเวียนเลือด อะดีโนซีนช่วยให้กล้ามเนื้อหัวใจมีแรงมากขึ้นช่วยขยายหลอดเลือด ดังนั้นอะดีโนซีนจึงถูกใช้เป็นยารักษาโรคเกี่ยวกับกล้ามเนื้อหัวใจ ช่วยให้หัวใจเต้นเป็นปกติ อะดีโนซีนมีลักษณะตรงข้ามกับอะดรีนารีนทำให้ต้านการแข็งตัวของเลือดและการเกิดลิ่มเลือด (Ling และคณะ, 2009)



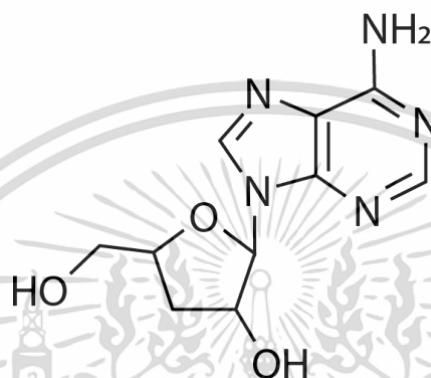
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของอะดีโนซีน

ที่มา : Holliday and Cleaver, 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.2 คอร์ดิเซปิน (cordycepin)

คอร์ดิเซปินเป็นสารสำคัญของถั่งเช่าสีทองที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลากหลาย โดยมีลักษณะเป็นอนุพันธ์ของอะดีโนซีนโครงสร้างโมเลกุลเหมือนกับอะดีโนซีนแต่ขาดหมู่ไฮดรอกซิล (3'- hydroxyl group) โครงสร้างทางเคมีแสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งทำให้โครงสร้างโมเลกุลของคอร์ดิเซปินมีความแข็งแรงมาก สามารถเข้าไปรบกวนกระบวนการทางชีวเคมีของร่างกายได้ เช่น การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA) และอาร์เอ็นเอ (RNA) เป็นต้น (Tuli และคณะ, 2013)

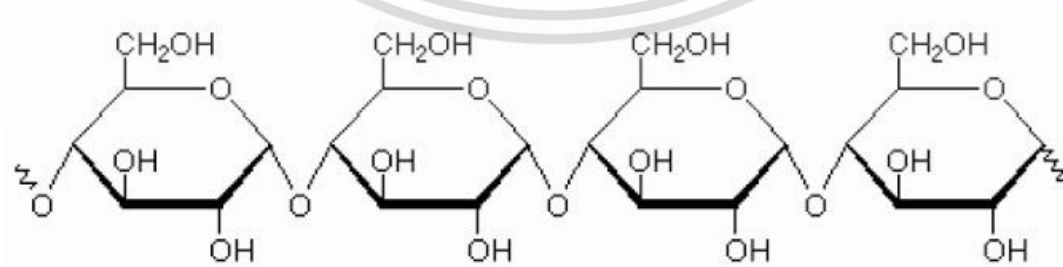


รูปที่ 2.3 โครงสร้างทางเคมีของคอร์ดิเซปิน

ที่มา : Holliday and Cleaver, 2008

### 2.4.3 พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide)

เป็นสารบีต้า-กลูแคนดังรูปที่ 2.4 ในดอกเห็ดของถั่งเช่าที่มีสรรพคุณในการเสริมสร้างภูมิคุ้มกันต่อต้านอนุมูลอิสระให้ร่างกายได้เป็นอย่างดี เป็นผลให้ร่างกายสมดุลเป็นปกติ และยังทำให้เซลล์มะเร็งตายได้ ช่วยทำให้ผู้ป่วยมะเร็งมีชีวิตยืนยาวต่อไปได้อีก นอกจากนี้สารบีต้า-กลูแคนในเห็ดถั่งเช่ายังไปส่งเสริมให้ร่างกายกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนให้แก่เซลล์ผิวหนัง ทำให้บริเวณผิวหนังมีความยืดหยุ่น มีการสร้างเซลล์ใหม่เกิดขึ้น มีความเต่งตึงและลดการเหี่ยวย่นของผิวหนังได้ แต่ในเห็ดแต่ละชนิดมีสารบีต้า-กลูแคนที่แตกต่างกันจึงมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการสร้างภูมิคุ้มกันและการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันด้วย (พรพจน์, 2556)



รูปที่ 2.4 โครงสร้างพอลิแซ็กคาไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา : Moradali และคณะ, 2007

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 2.4.4 แคโรทีนอยด์ (carotenoid)

เป็นรงควัตถุ (pigment) สีเหลือง ส้ม แดง และส้ม-แดง พบทั่วไปในพืชและสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ทำงานร่วมกับคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่มีสีเขียวทำหน้าที่ดูดซับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อการสังเคราะห์แสงและช่วยการเจริญเติบโตของพืช และป้องกันอันตรายจากแสง (photoprotective agents) ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติ เป็นกลุ่มสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย ช่วยต้านอนุมูลอิสระ และเป็นสารสีของเห็ดที่ทำให้เห็ดถึงเข้าสีทองมีสีเหลืองส้ม (พิมพ์เพ็ญ และคณะ, 2556)

แคโรทีนอยด์ เป็นสารพฤษเคมีที่ทรงพลัง มีคุณสมบัติเป็นทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านมะเร็งที่ยอดเยี่ยม แคโรทีนอยด์ คือ เม็ดสีชนิดละลายในไขมัน พบมากในผักและผลไม้ที่มีสีส้ม เหลือง แดง และเขียว ทำหน้าที่ปกป้องพืชจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ในแสงแดด และสารก่อมะเร็งในสิ่งแวดล้อม ช่วยป้องกันการก่อตัวของอนุมูลอิสระที่เป็นอันตราย ในปัจจุบันมีการค้นพบแคโรทีนอยด์ถึง 600 ชนิด และประมาณ 50 ชนิด พบได้ในผักและผลไม้ที่เรารับประทาน มีแคโรทีนอยด์ 6 ชนิด ที่กลายมาเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่โดดเด่นแห่งศตวรรษที่ 21 คือ แอลฟาแคโรทีน (alpha-carotene) บีต้าแคโรทีน (beta-carotene) บีต้าคริปโตแซนทิน (beta-cryptoxanthin) ไลโคปีน (lycopene) ลูทีน (lutein) และซีแซนทิน (zeaxanthin)

แคโรทีนอยด์ เป็นสารสีที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เป็นสารที่มีความสำคัญมาก เช่น เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยในพัฒนาการของตัวอ่อนและระบบการสืบพันธุ์ ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน รวมถึงเป็นสารที่ทำให้เกิดสีในสิ่งมีชีวิต แคโรทีนอยด์จะพบมากในผักและผลไม้ ซึ่งจะไม่สามารถสังเคราะห์ เนื่องจากถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ แต่เมื่อผักและผลไม้แก่ตัว คลอโรฟิลล์จะสลายตัวไป แล้วสารสีแคโรทีนอยด์จึงจะปรากฏให้เห็น เช่น สีเหลือง สีส้ม สีแดง เป็นต้น

แคโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) มีคาร์บอน 40 อะตอม ประกอบด้วย 8 ไอโซพรีนที่เชื่อมติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ที่เป็นพันธะคู่สายยาว มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตและแสงสีขาได้ดี ทำให้สารแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารสีในสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสีของแคโรทีนอยด์จะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล หากมีจำนวนพันธะคู่มากจะให้สีแดงเข้ม หากมีจำนวนพันธะคู่น้อยจะให้สีจาง จำนวนพันธะคู่ของแคโรทีนอยด์ที่น้อยที่สุดจะมีจำนวน 7 คู่ ให้สีออกเหลืองและพันธะคู่อาจอยู่ในรูปของซิส (cis) ที่ให้สีอ่อน และหากมีพันธะคู่ในรูปของซิสจะยังให้สีจางลง ส่วนพันธะคู่ในรูปทรานส์ (trans) จะให้สีเข้ม และเข้มขึ้นเมื่ออยู่ในรูปของทรานส์มาก ทั้งนี้แคโรทีนอยด์ส่วนมากมักพบอยู่ในรูปแบบของทรานส์ที่โมเลกุลมักรวมกันเป็นกลุ่ม ทำให้มีคุณสมบัติในการละลายและดูดซึมได้น้อยกว่าในรูปของซิส

#### 2.4.5 กรดไขมัน (fatty acid)

Seth และคณะ, 2014 พบว่าสายพันธุ์ถึงเข้า ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว พบว่าประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวร้อยละ 57.84 พบกรดลิโนเลอิก (linoleic acid) สูงที่สุดถึงร้อยละ 38.44 และยังประกอบด้วยกรดโอเลอิก (oleic acid) ร้อยละ 17.9 พบกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 42.16

พบว่ามีกรดปาล์มมิติก (palmitic acid) และกรดออกตะเดคาโนอิก (octadecanoic acid) สูงที่สุดถึงร้อยละ 21.86 และ 15.78 ตามลำดับ กรดไขมันไม่อิ่มตัวช่วยลดระดับปริมาณไขมันในเส้นเลือด และช่วยป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด

## 2.5 กัมมี่เยลลี่

กัมมี่เยลลี่ (jelly gummy) คือ น้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้นกับสารให้ความหวาน (sweetening agent) ผสมกับสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) นำมาให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นจะมีลักษณะเป็นเจล (gel) โปร่งแสง (สำนักงานอุตสาหกรรม, 2521) เยลลี่ที่ดีต้องมีลักษณะใสและมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่มแต่ไม่เหนียวจนหนืดและไม่เหลว ต้องแข็งพอที่จะคงรูปเดิมเมื่อตัด (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, 2531)

### 2.5.1 ประเภทของเยลลี่

ผลิตภัณฑ์เยลลี่สำเร็จรูปที่จำหน่ายในท้องตลาดสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้ (สุวรรณ สุภิมารส, 2543)

#### 2.5.1.1 เยลลี่ที่รับประทานเป็นอาหารว่าง (dessert jelly)

ส่วนใหญ่ใช้คาราจีแนนทำให้เกิดเจล การเติมน้ำตาล กรดซิตริก สารแต่งสี และสารแต่งกลิ่น รสผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีทั้งรสหวานกละรสเปรี้ยว ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาดได้แก่ บีบี อิมพีเรียล และเจลี่

#### 2.5.1.2 เยลลี่ที่รับประทานเป็นขนมหวาน (confectionery jelly)

เยลลี่ชนิดนี้มีรสหวานเพียงอย่างเดียวใช้เจลาติน (gelatin) เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล และมีการเติมน้ำและเติมน้ำเชื่อมกลูโคส (glucose syrup) ลงไปด้วย ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่พบในท้องตลาดได้แก่ เยลลี่ตราจอลลี่แบร์ และโยโย่ พบในรูปของวุ้น ซึ่งเป็นขนมไทยแบบต่างๆ เช่น วุ้นไข่ และ วุ้นกะทิ เป็นต้น

### 2.5.2 ส่วนประกอบของกัมมี่เยลลี่

#### 2.5.2.1 สารที่ทำให้เกิดเจล

การผลิตเยลลี่สำเร็จรูปในเชิงอุตสาหกรรมมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ กัม (gums) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล ชนิดของกัมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายได้แก่ คาราจีแนน เจลาติน และเพคติน (ศรีสุวรรณ อุทธรณผล และคณะ, 2531)

#### 2.5.2.2 น้ำตาล

เป็นสารที่ให้ความหวานในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ช่วยให้เพคตินตกตะกอนเป็นเจล ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณเพคติน และความเป็นกรดต่างของเนื้อหรือน้ำผลไม้ชนิดนั้น ๆ ถ้าปริมาณเพคตินมาก ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักของผลไม้ก็มากด้วย ถ้าผลไม้ไม่มีความเป็นกรดสูง (เปรี้ยว ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ต่อน้ำหนักผลไม้หรือน้ำผลไม้ต่ำ ปริมาณน้ำตาลที่ใช้ไม่ควรสูงกว่า 70 องศาบริกซ์ (วัดโดยรีแฟคโตมิเตอร์) สารให้ความหวานที่อนุญาตให้ใช้ในเยลลี่ ตามมอก. 236-2521 มีหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครส ไมวากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(sucrose) น้ำตาลอินเวิร์ต (invert sugar) อินเวิร์ตไซรัป (invert syrup) เดกซ์โตรส (dextrose) ฟรุกโตสไซรัป (fructose syrup) กลูโคสไซรัป (glucose syrup) และทรายกลูโคสไซรัป (dried glucose syrup)

### 2.5.2.3 สารควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH regulating agents)

ความสำคัญต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์และช่วยให้เจลอยู่ตัวมากขึ้น ถ้ามีกรดมากเกินไป จะทำลายความอยู่ตัวของเจลได้ โดยปกติความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเยลลี่อยู่ระหว่าง pH 2.6 – 3.5 ส่วน pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ pH 3.2 ในการปรับความเป็นกรด-ด่าง ของเยลลี่ตาม มอก.263-2521 ได้กำหนดสารที่ใช้เพิ่มและควบคุมความเป็นกรด-ด่าง ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดมาลิก (malic acid) กรดแลคติก (lactic acid) กรดฟูมาลิก (fumaric acid) และเกลือโซเดียม โปแทสเซียม และแคลเซียม ของกรดเหล่านี้ โซเดียมและโปแทสเซียมไบคาร์บอเนต

### 2.5.2.4 สี กลิ่นรส หรือน้ำผลไม้

จะช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีลักษณะน่ารับประทานมากขึ้น น้ำผลไม้ที่ใช้เป็นส่วนผสมในเยลลี่ต้องเป็นน้ำผลไม้แท้ หรือน้ำสกัดได้จากผลไม้ที่ผ่านการกรองเพื่อให้ใส ปราศจากชิ้นหรือเศษผลไม้ และอาจจะทำให้ข้นโดยการระเหยน้ำออก และน้ำผลไม้หรือน้ำสกัดจากผลไม้ที่ใช้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521)

ส่วนประกอบที่สำคัญของเยลลี่ผลไม้ประกอบด้วยน้ำตาล น้ำผลไม้ และสารที่ทำให้เกิดเจล ดังนั้นเยลลี่จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการในด้านพลังงานเป็นส่วนใหญ่ โดยในส่วนที่รับประทานได้ 100 กรัม ให้สารอาหารหลักคือ พลังงาน 273 กิโลแคลอรี มีปริมาณเกลือแร่และวิตามินเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นวันกะทิ มีคุณค่าด้านไขมันเพิ่มขึ้น หรือวันสังขยามีคุณค่าด้านโปรตีนเพิ่มขึ้น (กรมวิชาการ เกษตร , 2543)

## 2.5.3 เยลลี่อ่อน

เยลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้ว ผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำ ให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญพืช สมุนไพร เคี้ยวให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุ ที่ปิดได้สนิท (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2547)

### 2.5.3.1 คุณลักษณะที่ต้องการ

- ก. ลักษณะทั่วไป ต้องเป็นก้อนวุ้น และคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ
- ข. สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ
- ค. กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์
- ง. ลักษณะเนื้อสัมผัส ต้องนุ่ม หย่นตัว ไม่แข็งกระด้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 น้ำตาล (อังคิมา ศิริวัฒนาศิลป์, 2564)

น้ำตาล (Sugar) คือ สารที่ให้ความหวาน ซึ่งมีคุณสมบัติคือช่วยให้เกิดความหวานแก่ผลิตภัณฑ์และมีความสามารถในการช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนภายในโครงสร้างของเจล ทำให้เกิดการรวมตัวกันเป็นร่างแหเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างของเจลแข็งแรงขึ้น (Nishinari และคณะ, 1997)

### 2.6.1 คุณสมบัติของน้ำตาล

#### 2.6.1.1 คุณสมบัติด้านรสชาติ

น้ำตาลมอโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และน้ำตาลแอลกอฮอล์ให้รสหวาน ยกเว้นบางชนิดมีรสขมปน เช่น บีต้า-D-แมนโนส ( $\beta$ -D-mannose) และ เจนติไบโอส (gentibiose) ดังนั้นจึงใช้น้ำตาลเป็นสารให้รสหวานแก่อาหารและยา สารให้ความหวานที่สำคัญคือ ซูโครส (sucrose) หรือที่เรียกทั่วไปว่า น้ำตาลทราย เพราะ ให้ความหวานในระดับสูงและผลิตได้ง่ายจากพืชหลายชนิด เช่น ผลิตจากต้นอ้อยและหัวบีท เป็นต้น น้ำตาลชนิดต่างๆ มีระดับความหวานสัมพันธ์กับน้ำตาลซูโครสและเนื่องจากน้ำตาลซูโครส เป็นสารที่ให้พลังงาน ถ้าร่างกายมีมากเกินไปก็จะเก็บสะสมไว้ทำให้อ้วน หรือคนที่เป็โรคเบาหวานจะมีน้ำตาลในเลือดสูงหากบริโภคน้ำตาลเช่นเดียวกับคนทั่วไป ปัจจุบันจึงมีการคิดค้นและผลิตสารให้ความหวาน ซึ่งให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาลทรายจึงใช้ในปริมาณที่น้อยลง

#### 2.6.1.2 คุณสมบัติด้านกายภาพ

##### 2.6.1.2.1 การละลาย (Solubility)

ปริมาณน้ำตาลที่จะละลายในสารละลายน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำตาลและอุณหภูมิของน้ำ ขณะที่อุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำตาลสามารถละลายในน้ำได้มากขึ้น โดยการละลายนั้นมีความสำคัญเนื่องจากการละลายมีความสัมพันธ์กับเนื้อสัมผัสของอาหาร ความสามารถในการละลายน้ำของน้ำตาลแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยที่ฟรุกโทสละลายดีกว่าน้ำตาลชนิดอื่น รองมาคือ ซูโครส ส่วนกลูโคสและมอลโทสละลายได้ดีพอกัน แล็กโทสละลายได้น้อยที่สุด

##### 2.6.1.2.2 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Sensory properties)

น้ำตาลแต่ละชนิดจะหวานไม่เท่ากัน ความหวานของน้ำตาลขึ้นอยู่กับจำนวนตำแหน่งของหมู่ OH และอะตอมออกซิเจน ถ้าความยาวของ โมเลกุลมาก ความหวานจะลดลง และนอกจากโครงสร้างของโมเลกุลแล้ว ความหวานขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ pH และสารอื่นๆ ที่ปรากฏอยู่ในระบบ

##### 2.6.1.2.3 ความหนืด (viscosity)

การต้านทานต่อการไหล มีความสำคัญต่อความข้น และการคงรูปของผลิตภัณฑ์อาหาร เมื่ออุณหภูมิลดลง สารละลายน้ำตาลจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของน้ำตาลเพิ่มขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเข้มข้นของสารละลายมากกว่าร้อยละ 40

##### 2.6.1.2.4 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาล (Boiling point)

เมื่อน้ำตาลละลายในน้ำเป็นสารละลายเรียกว่า น้ำเชื่อม โดยน้ำเชื่อมมีจุดเดือดสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามปริมาณน้ำตาลที่ละลาย ปกติน้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส แต่สารละลายหรือน้ำเชื่อมมีจุดเดือดสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จุดเดือดสูงขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำเชื่อม ดังนั้นอาจ

เปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยการวัดจุดเดือดของน้ำเชื่อมนั้น นอกจากนั้นน้ำเชื่อมที่จุด เดือด ณ อุณหภูมิต่างๆ จะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

#### 2.6.1.2.5 การเกิดเจล (Gelation)

ชนิดและปริมาณของน้ำตาลที่ใช้มีผลต่อลักษณะความแข็งแรงของเจล โดยเจล จะมีความแข็งแรงสูงขึ้นหากปริมาณน้ำตาลที่ใช้เพิ่มขึ้น (Doesburg, 1965)

#### 2.6.1.2.6 ค่าปริมาณน้ำอิสระ (Water activity: $a_w$ )

ค่าปริมาณน้ำอิสระ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นอิสระของโมเลกุลของน้ำใน สิ่งแวดล้อมหนึ่งๆ แรงดันออสโมติก (osmotic pressure) และการเก็บรักษา เมื่อเราเติมน้ำตาลลงไปในน้ำ น้ำตาลจะละลาย ทำให้โมเลกุลอิสระของน้ำลดลง ดังนั้น ค่า  $a_w$  ก็ต่ำลง และเมื่อความเข้มข้นของ สารละลายน้ำตาลยิ่งสูงขึ้น ค่า  $a_w$  ก็จะยิ่งลดลง ส่วนความดันออสโมติกก็จะสูงขึ้น และจุลินทรีย์ที่อยู่ใน สารละลายที่มีความดันออสโมติกสูง เซลล์จะเกิดการสูญเสียน้ำ (plasmolysis) เนื่องจากเกิดการออสโมซิสทำ ให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตในสภาวะแวดล้อมนั้น

#### 2.6.2 สารให้ความหวาน (sweeteners)

สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลเป็นหนึ่งในวัตถุเจือปนอาหารที่ใช้แทนน้ำตาล เพื่อทดแทน ความหวาน นิยมเรียกกันว่า น้ำตาลเทียม มีการใช้เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน (สุขใจ ชูจันทร์, 2555)

##### 2.6.2.1 สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการ (nutritive sweeteners)

เช่น น้ำตาลซูโครส (sucrose) ฟรักโทส (fructose) กลูโคส (glucose) ซึ่งให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรี/กรัม และน้ำตาลแอลกอฮอล์หรือที่เป็นที่รู้จักในชื่อ Polyols, Polyhydric alcohol หรือ Polyalcohol เช่น ซอร์บิทอล (sorbitol) แมนนิทอล (mannitol) และแล็กทิทอล (lactitol) ซึ่งจะให้ พลังงานต่ำกว่าคือประมาณ 1.6-2.6 กิโลแคลอรี/กรัม น้ำตาลแอลกอฮอล์นั้นเป็นสารประกอบที่ได้จากการ เพิ่มไฮโดรเจนของกลุ่มคาร์บอนิล (แอลดีไฮด์หรือคีโตน) ที่ถูกรีดิวซ์กลุ่มคาร์บอนปฐมภูมิและทุติยภูมิไปเป็น หมูไฮดรอกซิล มีสูตรทั่วไปคือ  $H(HCHO)_{n+1}H$  แต่สูตรของน้ำตาลคือ  $H(HCHO)_nHCO$  โดยสารให้ความหวาน ประเภทนี้เป็นสารให้ความหวานที่ให้มีวล (bulk sweeteners) คือ มีความหวานน้อย ต้องใช้ในปริมาณมาก จึงทำให้เกิดมวลหรือเนื้อ (mass and body) ของผลิตภัณฑ์ ถูกดูดซึมได้ช้ากว่า จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือด สูงขึ้นช้ากว่าน้ำตาลซูโครสหรือกลูโคส แต่ถ้ารับประทานมากอาจทำให้ท้องเสียได้ เนื่องจากร่างกายไม่สามารถ ดูดซึมได้จึงดึงน้ำเข้าสู่โพรงลำไส้ ทำให้เกิดอาการท้องเสียตามมาได้ รวมทั้งสามารถลดค่า water activity และ ชะลอการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ได้ (Lyn, 2001)

##### 2.6.3 ไซลิตอล (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)

สารไซลิตอล (xylitol) จัดเป็นสารให้ความหวานชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (alcohol sugar) มีโครงสร้างโมเลกุลมีคาร์บอน 5 อะตอม มีสูตรทางเคมี  $C_5H_{12}O_5$  และมีมวลโมเลกุล 152.15 กรัมต่อ โมล ไซลิตอลมีความหวานเท่ากับน้ำตาลซูโครส แต่ให้พลังงานน้อยกว่า ซึ่งให้พลังงานเพียง 2.43 กิโลแคลอรี ต่อกรัม ในขณะที่น้ำตาลซูโครสให้พลังงาน 3.87 กิโลแคลอรีต่อกรัม โดยไซลิตอลจะมีคุณสมบัติให้ความรู้สึก ไม่ว่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เย็นขณะรับประทาน ป้องกันฟันผุ เพราะไซลิทอลได้ชื่อว่าเป็นน้ำตาลที่จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายให้เกิดสภาวะกรดในช่องปากได้ จึงไม่เป็นเหตุให้เกิดฟันผุ ทั้งนี้สารไซลิทอลถูกค้นพบครั้งแรกในประเทศฟินแลนด์ และต่อมาเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา และญี่ปุ่น สำหรับประเภทของไซลิทอลนั้นพบว่า มีเพียงประเภทเดียว

### 2.6.3.1 ปริมาณที่ควรได้รับสารไซลิทอล

สำหรับปริมาณไซลิทอลที่ควรได้รับต่อวันนั้น ยังไม่มีการกำหนดเกณฑ์การใช้ เกณฑ์การบริโภคอย่างชัดเจน แต่ทั้งนี้ไซลิทอลได้รับการอนุมัติจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (FDA) ตั้งแต่วันที่ 1960 ว่ามีความปลอดภัยสำหรับเด็ก โดยมีรายงานการศึกษาระบุว่าสามารถบริโภคได้ 30 กรัมโดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย แต่ถ้าบริโภคมากกว่า 30 กรัมต่อครั้งจะทำให้เกิดท้องเสียได้ ซึ่งอาจเพราะแบคทีเรียในลำไส้ไม่สามารถเผาผลาญไซลิทอลในปริมาณมากได้

### 2.6.3.2 ประโยชน์และโทษสารไซลิทอล

ไซลิทอลถูกนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานทั้งในด้านอาหาร เช่น หมากฝรั่ง ลูกอม ช็อคโกแลต เค้ก เจลลี่ผลไม้ น้ำอัดลม นม กาแฟ และเครื่องดื่มต่างๆ เป็นต้น ส่วนในด้านเภสัชกรรมถูกนำมาใช้เป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในตัวยาสำหรับผู้ป่วยเป็นเบาหวาน ยาขับถ่าย และยาแก้ไอ เป็นต้น และด้านสุขภาพความงาม ไซลิทอลถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์หลายๆ ชนิด เช่น เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ความงามอื่นๆ ครีมทาหน้า ครีมบำรุงผิว น้ำยาล้างปาก และน้ำยาทำความสะอาด เป็นต้น

นอกจากนี้ในทางการแพทย์ยังได้ระบุถึงประโยชน์ของไซลิทอลว่า เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด แต่ไม่เพิ่มแคลอรีในผู้ป่วยโรคอ้วน ช่วยยั้งการลุกลามของโรคในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ช่วยป้องกันฟันผุได้ ช่วยยับยั้งการยึดเกาะของแบคทีเรียบนผิวฟัน ช่วยลดแบคทีเรียที่เป็นอันตรายต่อฟันให้น้อยลง กระตุ้นกระบวนการสะสมกลับของแร่ธาตุที่ฟันในผู้ที่มีฟันผุ กระตุ้นน้ำลายในผู้ป่วยที่มีอาการปากแห้ง ช่วยลดการแพร่กระจายเชื้อโรคฟันผุจากมารดาสู่ทารก



รูป 2.5 โครงสร้างทางเคมีของไซลิทอล

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.6.3.3 กรรมวิธีการผลิตไซลิทอลโดยวิธีทางเทคโนโลยีชีวภาพ

กรรมวิธีการผลิตไซลิทอลโดยวิธีทางเทคโนโลยี โดยใช้จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตน้ำตาลไซโลสเป็น ไซลิทอล ได้แก่ *Candida*, *Saccharomyces*, *Pichia*, *Kluyveromyces*, *Schizosaccharomyces* และ *Debaryomyces* โดยมีขั้นตอน ดังนี้

(1) การตัดแปลงพันธุกรรมของจุลินทรีย์ให้กิจกรรมของเอนไซม์ glycerol phosphate-dehydrogenase, external mitochondrial NADH-dehydrogenase หรือ alcohol-dehydrogenase ลดลงหรือไม่มีกิจกรรมเอนไซม์อย่างน้อย 1 ชนิด

(2) การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในซัสเทรตที่ประกอบด้วยไซโลส แหล่งคาร์บอน (กาแลกโทสแมนโนส กลูโคส หรือ อะราบิโนส) และ เกลือซัลไฟต์ (แคลเซียมไฮโดรเจนซัลไฟต์ โซเดียมซัลไฟต์ และ โพแทสเซียมซัลไฟต์) 10-40 กรัมต่อลิตร โดย ทำการเพาะเลี้ยงแบบให้อากาศในช่วงการเจริญเติบโตและเพาะเลี้ยงในสภาวะที่มีการจำกัดออกซิเจนในช่วงการผลิตไซลิทอล

(3) การเก็บเกี่ยวไซลิทอลจากซัสเทรต (ดาร์ราตัน และคณะ, 2556)

### 2.6.4 หญ้าหวาน (Stevia)

หญ้าหวานเป็นพืชที่มนุษย์รู้จักมาเป็นเวลานานกว่า 1,500 ปี คนพื้นเมืองแถบอเมริกาใต้เป็นผู้ค้นพบและนำมาใช้เป็นครั้งแรก หญ้าหวานมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Stevia rebaudiana Bertoni* หรือเรียกสั้นๆ ว่า *Stevia* เป็นพืชในวงศ์ *Asteraceae* ที่พบตามเขตร้อนชื้น มนุษย์ได้นำสารสกัดของหญ้าหวานมาเป็นส่วนประกอบในชาที่ซึ่งดื่มรวมถึงยาสมุนไพรโบราณ โดยเฉพาะในประเทศปารากวัย และบราซิล ซึ่งชื่อเดิมของหญ้าหวานที่ชาวพื้นเมืองปารากวัยเรียก คือ kar-he-e หรือภาษาสเปน เรียกว่า yerba dulce แปลว่า สมุนไพรหวาน เป็นสมุนไพรที่ชาวพื้นเมืองของปารากวัยและบราซิล ใช้ผสมในอาหารหรือเครื่องดื่มเพื่อเพิ่มความหวาน และใช้ชงเป็นชาดื่ม ที่เรียกว่า “ มะเตะ ” มานานมากกว่า 400 ปีแล้วส่วนในแถบเอเชียพบว่า ประเทศญี่ปุ่นเป็นประเทศแรกๆที่มีการใช้สารสกัดจากหญ้าหวานอย่างแพร่หลาย โดยนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ผักดอง ซึอิ้ว เต้าเจี้ยว เนื้อปลาบด เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยหญ้าหวานเริ่มเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2518 โดยเป็นการนำมาทดลองปลูกในภาคเหนือ โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน และเชียงราย ในปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ได้อนุญาตให้มีการใช้สารสตีวิโอไซด์เพื่อการบริโภค หญ้าหวานจึงจัดอยู่ในพืชสมุนไพรอีกชนิดหนึ่ง (อังคิมา ศิริวัฒนศิลป์, 2564)



รูป 2.6 หญ้าหวาน (stevia)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ไปยังสื่อ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ที่มา : <https://www.disthai.com/หญ้าหวาน>

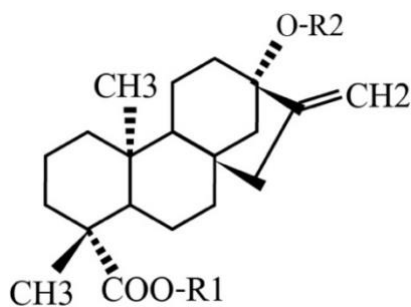
#### 2.6.4.1 ประโยชน์และสรรพคุณของหญ้าหวาน

- (1) ลดระดับน้ำตาลในเลือดผู้ป่วยเบาหวาน
- (2) ยารักษาเบาหวาน
- (3) ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด
- (4) ช่วยลดอาการฟันผุหรือเหงือกบวมอักเสบ
- (5) ช่วยป้องกันโรคฟันผุ
- (6) ความดันโลหิต
- (7) โรคไขมันในเลือดสูง
- (8) โรคอ้วน และโรคหัวใจ
- (9) ช่วยบำรุงร่างกาย
- (10) ช่วยบำรุงตับ
- (11) ช่วยสมานแผลภายนอกและภายใน

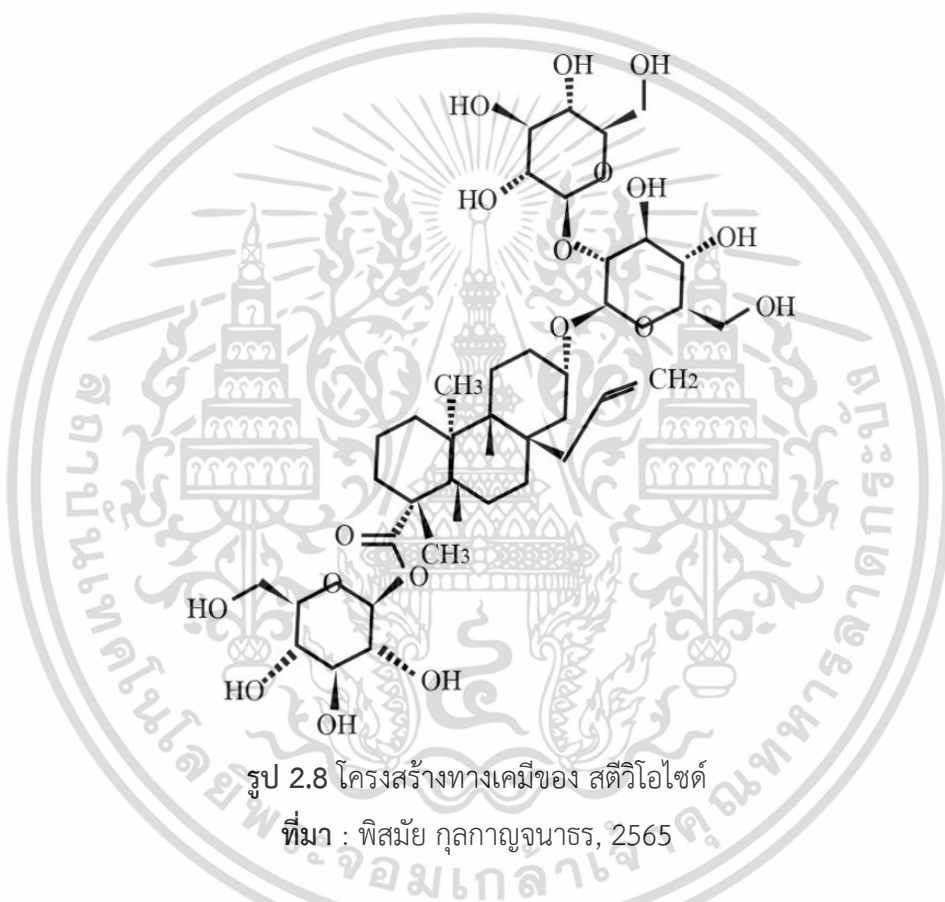
#### 2.6.4.2 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหวาน

ใบหญ้าหวานแห้ง สกัดด้วยน้ำได้สารหวานประมาณร้อยละหนึ่ง ซึ่งสารหวานเหล่านี้มีชื่อเรียกว่า สตีวิโอไซด์ (Stevioside) ซึ่งมีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 150 - 300 เท่า มีความคงตัวสูงทั้งในตัวทำละลาย กรดอ่อน เบสอ่อน และทนความร้อนได้ถึง 200 องศาเซลเซียส จึงไม่สลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงจากความร้อนในการปรุงอาหาร ใช้ในปริมาณน้อย ไม่มีพิษและปลอดภัยในการบริโภคซึ่งนักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าสารสกัดจากหญ้าหวานประกอบไปด้วยกลุ่มสารที่มีชื่อเรียกว่า ไกลโคไซด์ (glycoside) และ อะไกลโคโคน (aglycone) สารไกลโคไซด์จะประกอบไปด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส (glucose) ส่วนสารอะไกลโคโคนจะประกอบไปด้วยน้ำตาลที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้นหรืออาจเรียกรวมๆว่า พอลิแซคคาไรด์ (polysaccharides) ซึ่งกลุ่มน้ำตาลเหล่านี้ ที่ทำให้สารสกัดของหญ้าหวานมีรสหวาน โดยสารสำคัญต่างๆ ที่พบในหญ้าหวานมีหลายชนิด ได้แก่ สตีวิโอไซด์ พบมากที่สุดร้อยละ 2.0-7.7 รีบาดีโอไซด์ (rebaudioside A-F) พบลำดับรองลงมาประมาณร้อยละ 0.8-2.9 สตีวียอล (Steviol) สตีวียอลไบโอไซด์ (Steviolbioside) ดุลโคไซด์ เอ (dulcoside A) โดยสตีวียอลไบโอไซด์ มีลักษณะเป็นผงสีขาวถึงสีเหลืองอ่อนไม่มีกลิ่น มีความคงตัวสูงในตัวทำละลาย กรดอ่อน เบสอ่อน และทนความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 โครงสร้างทางเคมีของ สตีวอลไปโอไซด์  
ที่มา : พิสมัย กุลกาญจนาธร, 2565



รูป 2.8 โครงสร้างทางเคมีของ สตีวิโอไซด์  
ที่มา : พิสมัย กุลกาญจนาธร, 2565

#### 2.6.4.3 คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของสตีวิโอไซด์

- (1) สูตรทางเคมี :  $C_{35}H_{60}O_{18}$
- (2) น้ำหนักโมเลกุล : 804.9
- (3) จุดหลอมเหลว :  $198^{\circ}C$

## 2.7 เจลาติน

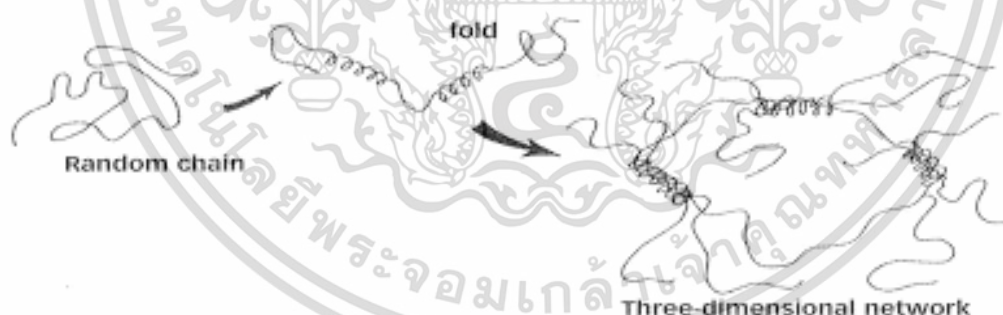
เจลาติน เป็นสารสกัดจากคอลลาเจนโปรตีน ได้มาจากการสลายคอลลาเจนของเนื้อเยื่อในหนังเอ็น และกระดูก โดยการใช้กรดหรือด่าง และสกัดด้วยน้ำร้อน สำหรับวัตถุดิบที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตเจลาติน ในระดับอุตสาหกรรมนั้น มักใช้กระดูกและหนัง จากโค กระบือ และสุกร เนื่องจากจะให้เจลาตินที่มีคุณภาพดี ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเม็ดแต่แปะลงเนื้อหาและต้องอย่างองคเจาซึ่งเอ็กสวทุกครั้งทมิกรนำไปใช้

มีคุณภาพดี ส่วนการผลิตเจลาตินจากปลานั้น ไม่ค่อยมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมมากนักเนื่องจากเจลาตินปลา มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวและให้ค่าความแข็งของเจลที่ค่อนข้างต่ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Karim และ Rajeev, 2009)

เจลาตินแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ เจลาตินชนิดเอและบี โดยจะแบ่งชนิดของเจลาตินตามการปรับสภาพที่เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละชนิดสำหรับการสกัดเจลาติน เจลาตินที่ได้จากการปรับสภาพด้วยกรดมีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 7 ถึง 9 เจลาตินที่ได้เรียกว่า เจลาตินชนิดเอ (gelatin type-A) มีค่าความแข็งของเจล (Bloom strength) อยู่ในช่วง 50-300 กรัม ตัวอย่างที่มักเตรียมด้วยวิธีนี้ได้แก่หนังและกระดูกสุกร และเจลาตินที่ได้จากการปรับสภาพด้วยด่างมีจุดไอโซอิเล็กทริกอยู่ในช่วง 4 ถึง 5 เจลาตินที่ได้เรียกว่า เจลาตินชนิดบี (gelatin type-B) มีค่าความแข็งของเจลอยู่ในช่วง 50-200 กรัม ตัวอย่างที่มักเตรียมโดยวิธีนี้คือ หนังและกระดูกของโคและกระบือ (Cole, 2000)

### 2.7.1 สมบัติของเจลาติน

สีของเจลาตินควรจะไม่มียีสจนถึงสีสว่างอำพันหรือสีเหลืองจางๆในสารละลาย ซึ่งเจลาตินเกรดต่ำจะให้ลักษณะสีไม่โปร่งใสจนถึงขุ่น หรือมีสีเหลืองส้ม ความขุ่นของเจลาตินมักเกิดเนื่องจากใช้กระบวนการผลิตไม่ดี หรือมีวัตถุเจือปนอื่นๆ ผสมอยู่ด้วย เจลาตินละลายได้เพียงบางส่วนในน้ำเย็น การละลายเจลาตินต้องทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งหากสูงกว่านี้ จะทำให้โครงสร้างของเจลาตินถูกทำลาย ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเจล ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการละลายของเจลาตินคือ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ที่ความเข้มข้น 6.67 สารละลายเจลาตินมีความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้และเจลาตินมีความสามารถในการยึดติด จึงสามารถใช้เป็นกาวจากสัตว์ (Cole, 2000)



รูป 2.9 ภาพแสดงกลไกการเกิดเจลาติน

ที่มา : Schrieber and Gareis, 2007

สำหรับกลไกการเกิดเจลของเจลาตินมีดังนี้ เริ่มเมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายเจลาติน จะเปลี่ยนเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) หรือซอล โมเลกุลของเจลาตินจะยึดตัวออกอยู่ในรูปของ random coil แต่เมื่อทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง โมเลกุลที่ยึดตัวออกแล้วจะเริ่มเกิดการขดตัวอย่างซ้ำๆ (fold) เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดก่อเจล จะมีการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลมากขึ้น จึงเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงขึ้น เชื่อมกันระหว่างโมเลกุลมากขึ้นด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอออนิก หรือไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธะไฮโดรโพบิก จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ ซึ่งในระยะนี้ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเกิดการจับตัวกันอย่างคงตัว และแข็งแรงมากขึ้น พันธะหลักที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมกันของโมเลกุลเจลาตินคือพันธะไฮโดรเจน และหากมีการให้ความร้อนอีกครั้งจะเกิดการหลอมเหลวเป็นสารละลายหรือโซล การเปลี่ยนเฟสระหว่างโซลและเจลนี้เรียกว่า sol-gel transition

## 2.7.2 การนำเจลาตินไปใช้ประโยชน์

เจลาตินที่ใช้ในครัวเบเกอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่ เจลาตินแบบผง ก่อนใช้ต้องนำเจลาตินผง 1 ส่วน ผสมกับน้ำเย็น 5 ส่วน โดยค่อยๆ โรยผงเจลาตินลงบนผิวน้ำเพื่อไม่ให้จับเป็นก้อน พักไว้ประมาณ 5 นาที ให้เจลาตินผงดูดน้ำแล้วพองตัวเป็นเจล นำใส่ในภาชนะทนความร้อน เข้าไมโครเวฟพอร้อน คนให้ละลายหรือละลายบนอ่างน้ำร้อน หรือใช้วิธีนำเจลาตินผงที่พองตัวแล้วใส่ในส่วนผสมน้ำขึ้นตั้งไฟ คนให้เข้ากัน ส่วนเจลาตินแบบแผ่น ก่อนใช้ต้องนำมาแช่ในน้ำเย็นจัดใส่น้ำแข็งประมาณ 10-15 นาที จนแผ่นเจลาตินนิ่มและพองตัวเป็นสองเท่า แล้วนำไปละลายกับส่วนผสมของเหลว ตั้งไฟอุ่นๆ ที่ประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส พักให้หายร้อน จึงนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น เจลาตินแบบแผ่นค่อนข้างใสและอยู่ตัวกว่าแบบผง

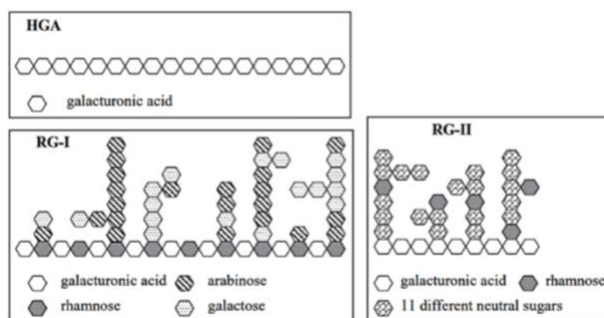
## 2.8 เพคติน

เพคติน (pectin) คือ สารที่ทำให้เกิดเจลจากธรรมชาติในประเภทคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มพอลิแซคคาไรด์ ที่พบมากในผักและผลไม้ เช่น แอปเปิ้ล คิวินซ์ เรดเคอเรนซ์ ส้ม และเลมอน ในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดเพคตินได้จากกากแอปเปิ้ล เพคตินนับว่าเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการเกิดเจล และช่วยในการคงตัวของผลิตภัณฑ์แยมกับเยลลี่ ในการทำเยลลี่และมาร์มาเลดอาจจะขึ้นทั้งเนื้อผลไม้ เมล็ดและเปลือกต้มผสมกับน้ำตาล เพื่อให้เพคตินจากเนื้อผลไม้ เมล็ด และเปลือกช่วยให้อยู่ตัวเป็นเยลลี่ได้ (Thibault and Ralet, 2008)

โครงสร้างของเพคตินประกอบด้วย กรดกาแล็กทูโรนิก (galacturonic Acid) และเมทิลกาแล็กทูโรเนต (methyl galacturonate) ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 ไกลโคสิติก ( $\alpha$ -1,4 glycosidic bond) เป็น เฮเทอโพลีแซคคาไรด์ (heteropolysaccharide) อยู่ในชั้นลามลลาตากลาง (middle lamellae) ของผนังเซลล์พืช มักจะอยู่ร่วมกับเซลลูโลส รวมตัวเป็นโปรโตเพคตินซึ่งเป็นโครงสร้างที่ละลายน้ำไม่ได้ ทำหน้าที่ยึดเกาะผนังเซลล์ให้แข็งแรงและคงรูปร่างในพืช แต่เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดและน้ำตาลจะให้ลักษณะเป็นเจล เพคตินที่ไม่ละลายน้ำเรียกว่า โปรโตเพคติน (protopectin) จะประกอบด้วยกรดเพคติก (pectinic acid) และกรดเพคติก (pectic acid) ในผลไม้ที่ยังไม่สุก โมเลกุลของเพคตินจะประกอบด้วยหมู่เมทิลจำนวนมากและไม่สามารถละลายน้ำได้ เมื่อผลไม้เริ่มสุก โปรโตเพคตินจะละลายน้ำได้มากขึ้น และเมื่อผลไม้แก่จัดหรือสุกจน เพคตินจะถูกไฮโดรไลซ์ถึงจุดที่ทำให้ผลไม้สูญเสียความแน่นของเนื้อและเพคตินจะมีกำลังเกิดเจลลดลง

เพคตินประกอบไปด้วยน้ำตาลหลายชนิด เช่น แรมโนส (rhamnose) กาแลกโตส (galactose) และอาราบินอส (arabinose) พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช โดยรวมตัวอยู่กับเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.10 โครงสร้างการเรียงตัวของน้ำตาลในเพคติน

ที่มา : Brejnholt, 2009

### 2.8.1 ประเภทของเพคติน

เพคตินมีอยู่หลายชนิดมีเพียง 2 ชนิด ที่ถูกใช้ในเชิงพาณิชย์กันอย่างแพร่หลายในท้องตลาด ได้แก่ เมทอกซิลสูง HM (High methoxyl) และ เมทอกซิลต่ำ LM (low methoxyl)

#### ตารางที่ 2.1 ประเภทของเพคติน

HMP (ปริมาณเมทอกซิลสูง)	LMP (ปริมาณเมทอกซิลต่ำ)
ประกอบด้วยกรดเพคติกซึ่งสกัดด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นในสารละลายที่เป็น กรด	ประกอบด้วยกรดเพคติกซึ่งทำการสกัดที่อุณหภูมิต่ำโดยมีสารละลายที่เป็นกรดน้อยกว่า แต่มีสารประกอบทางเคมีอื่นๆ
HMP ต้องการน้ำตาลและความเข้มข้นของกรดสูงเพื่อสร้างเจล	LMP ไม่ต้องการความเข้มข้นของน้ำตาลในการสร้างเจล
สร้างเจล HMP ไม่จำเป็นต้องมีแคลเซียมไอออน	สร้างเจล LMP ในที่ที่มีแคลเซียมไอออน

### 2.8.2 ประโยชน์ของเพคติน

เพคตินมีการใช้งานที่หลากหลายมีความสามารถเฉพาะตัวในการสร้างเจล เมื่อมีน้ำตาล กรด หรือ แคลเซียมไอออน เนื่องจากคุณสมบัติเฉพาะตัวจึงถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวหรือสารสร้างเจล, สารเพิ่มความข้น, สารเพิ่มความคงตัว, สารทดแทนไขมัน หรือน้ำตาลในอาหารแคลอรีต่ำ, ใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในอาหาร, ใช้เป็นสารเคลือบผิวอาหาร ขนม ลูกอมที่รับประทานได้ เพคตินมักใช้ในแยมผิวส้ม แยม และเยลลี่ เพราะเมื่อปรุงด้วยกรดและน้ำตาลที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ได้เนื้อเจลที่สวยงาม ดังนั้น การเกิดเจลของเพคตินและการคงตัวเป็นไปตามกลไกที่แตกต่างกัน สำหรับเพคตินประเภทต่างๆรูปแบบเจล HMP ในช่วง pH ต่ำ 2.0 – 3.5 เมื่อมีซูโครสที่ความเข้มข้นสูงกว่าร้อยละ 55 ของน้ำหนัก/ปริมาตร ในตัวกลางระหว่างการทำให้เกิดเจล การสร้างเจลโดย LMP เกิดขึ้นใน pH 2.0 – 6.0 พวกมันไม่ต้องการความเข้มข้นของซูโครส แต่ต้องมีไอออนไดวาเลนต์ในระหว่างการเกิดเจล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร

เนื้อสัมผัสอาหารสามารถใช้เป็นตัวชี้ถึงลักษณะของส่วนประกอบและการจัดเรียงตัวของโครงสร้างภายในอาหาร มีความสำคัญอย่างมากต่อการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งอธิบายหรือแสดงผล ออกมาในรูปแบบของพฤติกรรมกลืนหรือการสูญเสียรูปร่างของอาหารจากแรงกล เช่น จากการบดเคี้ยวหรือจากแรงกดจากเครื่องมือ ความสำคัญของเนื้อสัมผัสในอาหารสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ใช้ประเมินแรงต้านทานของผลิตภัณฑ์ต่อแรงทางกลที่มากกว่า เช่น กระบวนการในระหว่างการเก็บเกี่ยว
2. ใช้วิเคราะห์คุณสมบัติของการไหลของผลิตภัณฑ์อาหารในระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษา
3. ใช้เป็นตัวแทนในการกำหนดพฤติกรรมในการเคี้ยวอาหารของผู้บริโภค (ธัญญาภรณ์, 2550) จากความสำคัญดังกล่าวจึงนำไปสู่การคิดค้นวิธีการประเมินเนื้อสัมผัสโดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

### 2.9.1 วิธีการวัดทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation methods)

เป็นวิธีการหาค่าคุณภาพอาหารโดยใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ ส่วนใหญ่ได้จากความรู้สึกทางปากหรือการกินซึ่งจะต้องมีการฝึกฝนผู้ทดสอบชิมเพื่อให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือ ในการทดสอบโดยการชิมต้องมีการกำหนดมาตรฐานของลักษณะเนื้อสัมผัสแต่ละค่าให้เข้าใจตรงกัน (ธัญญาภรณ์, 2550) คำจำกัดความของการทดสอบทางประสาทสัมผัสมีดังนี้คือ

1. Initial or first bite (ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก) ความรู้สึกช่วงนี้เป็นช่วงที่รวมลักษณะทางกลของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นกับลักษณะโครงสร้าง เช่น ความแข็ง ความแตกหัก ความเปราะและความหนืด เป็นต้น
2. Mastication or Chewing (ความรู้สึกขณะเคี้ยว) เป็นความรู้สึกรวมที่เกิดขึ้นมาจาก ลักษณะทางกลของผลิตภัณฑ์และทางกลขณะกำลังเคี้ยว เช่น ความเหนียว ความนุ่ม เป็นต้น
3. Residual phase (ความรู้สึกหลังจากเคี้ยว) เป็นความรู้สึกที่พบหลังจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกลหลังจากถูกเคี้ยว เช่น การดูดซับความชื้น ความเลี่ยนมัน เป็นต้น
4. Fibrousness (ความรู้สึกเป็นสารเยื่อใยในอาหาร) เป็นส่วนที่ไม่สามารถเคี้ยวได้และเหลือค้างอยู่จากการบดของฟัน
5. Grittiness (ความรู้สึกเป็นกรวด ทราย) คือ การมีชิ้นส่วนของแข็งอยู่ในอาหาร แต่เป็นเนื้ออาหารที่รับประทานได้
6. Mealiness (ความรู้สึกเป็นแป้ง) คือ การที่ลักษณะของเนื้ออาหารยังไม่ได้ที่ พอเหมาะที่จะใช้บริโภค เช่น ข้าวสุกที่หุงสุกๆดิบๆ ยังไม่ได้ที่ เมล็ดข้าวยังเป็นไต เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกกรุบๆ เมล็ดข้าวไม่นิ่มทั้งเมล็ด ส่วนใหญ่เป็นลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารประเภทแป้ง
7. Stickiness (ความเหนอะ) คือ ลักษณะของเนื้ออาหารที่เมื่อเคี้ยวแล้วจะเหนอะติดฟัน
8. Oiliness (ความเลี่ยน) คือ ลักษณะของเนื้ออาหารที่มีน้ำมันมากทำให้เลี่ยนปากเมื่อเคี้ยวอาหารนั้น เช่น หมูกรอบซึ่งมีน้ำมันติดอยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9.2 วิธีการวัดทางกายภาพหรือการใช้เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ (physical methods or instrumental methods)

เป็นการพยายามที่จะออกแบบเครื่องมือเพื่อวัดค่าทางกายภาพของอาหารให้ใกล้เคียงความรู้สึกของมนุษย์มากที่สุด ทั้งความรู้สึกที่เกิดจากมือและความรู้สึกที่เกิดจากปาก เช่น การเคี้ยวอาหาร การกัดชิ้นอาหาร โดยส่วนใหญ่แล้วเครื่องมือจะวัดค่าแรงต้านที่เกิดจากการสัมผัสซึ่งเป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด (กิตติชัย, 2535) เครื่องมือที่ใช้ประเมินหรือวัดลักษณะเนื้อสัมผัสมี ลักษณะเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับวิธีการวัดคุณสมบัติทางกายภาพในสารหรือวัสดุนั้น ๆ โดย Bourne, 2002 แบ่งวิธีการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสโดยการใช้เครื่องมือออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

1. วิธีการวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ (fundamental measurement) เป็นการวัดแรงที่หัววัดกระทำต่อตัวอย่างที่ทดสอบในแนวตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ตัวอย่างที่ทดสอบจะเกิดแรงต้านต่อแรงที่กระทำเพื่อพยายามรักษาสสมดุลของรูปร่างให้คงเดิม ข้อดีของวิธีการนี้คือ สามารถอธิบายค่าที่วัดได้ในเชิงวัสดุศาสตร์ ส่วนข้อเสีย คือ ค่าที่วัดได้ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าทางประสาทสัมผัส เครื่องมือมีราคาแพงและใช้เวลาในการวัดค่านาน (ธัญญาภรณ์, 2550)

2. วิธีการวัดค่าแบบประยุกต์ (empirical measurement) เป็นวิธีการวัดค่าเนื้อสัมผัสเพื่อใช้ในงานควบคุมและแบ่งระดับชั้นคุณภาพผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรม ข้อดีของวิธีการนี้คือ เครื่องมือใช้งานบ่อย มีความรวดเร็วในการวัด และค่าที่ได้มีความสัมพันธ์กับการวัดค่าทางประสาทสัมผัส ส่วนข้อเสียคือ ไม่สามารถอธิบายหลักการของค่าที่วัดได้บนพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ นอกจากนี้ยังเป็นการวัดค่าได้เพียงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่ง โดยทั่วไปจะวัดค่าที่จุดใดจุดหนึ่งจึงไม่สามารถให้ข้อมูลที่ต่อเนื่องได้

3. วิธีการเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ (imitative measurement) วิธีการนี้จะออกแบบเครื่องมือให้มีหลักการทำงานคล้ายกับการเคี้ยวของมนุษย์ โดย เป็นเครื่องมือแบบเดียวกันกับวิธีวัดค่าพื้นฐานทางวัสดุศาสตร์ที่สามารถหาค่าแรงกับระยะทาง หรือ ความเค้นกับความเครียดได้ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดค่าด้วยวิธีการนี้ได้แก่ Texture Analysis, Instron, Lloyd เป็นต้น

## 2.10 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสและการใช้งาน

### 2.10.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของเครื่อง Texture Analyzer คือ หัววัด หรือ probe เชื่อมต่ออยู่กับโหลดเซลล์ เมื่อ probe ให้แรงกระทำกับอาหารและอาหารก็จะมีแรงปฏิกิริยามากกระทำต่อ probe ทำให้โหลดเซลล์ได้รับแรงจึงเปลี่ยนค่าแรงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และแปลค่าออกมาเป็นกราฟระหว่างแรงกับเวลา (Force-Time) หรือกราฟระหว่างแรงกับระยะทาง (Force-Distance) สามารถอ่านค่าและนำมาวิเคราะห์เป็นค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.10.2 ข้อดีและข้อด้อย

### ข้อดี

1. เครื่องสามารถวัดและประมวลผลได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เนื่องจากก่อนการวัดเนื้อสัมผัสมีการ Calibrate ก่อนทุกครั้ง
2. เครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ภายใต้สภาวะเงื่อนไขควบคุม
3. เครื่องคอมพิวเตอร์มีโปรแกรมที่ประมวลผลเป็นค่าเนื้อสัมผัสออกมาเป็นตัวเลขได้จึงง่ายต่อการนำไปใช้
4. ให้ค่าเนื้อสัมผัสออกมาเป็นตัวเลขในหน่วยมาตรฐาน
5. ผู้ใช้เครื่องสามารถศึกษาจากข้อมูลต่าง ๆ จากคู่มือการใช้และทำการวัดตามคู่มือได้ง่าย
6. นำไปประยุกต์ใช้กับอาหารได้หลายชนิด
7. ใช้คนจำนวนน้อยในการวัด

### ข้อด้อย

1. เครื่องมีราคาแพง
2. ผู้ใช้เครื่องต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้เครื่อง Texture Analyzer และการเลือกใช้หัววัดให้เหมาะสมกับชนิดของอาหาร และนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง
3. ผู้ใช้เครื่องต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสเพื่อใช้ในการแปลผลค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวัดเนื้อสัมผัส
4. ผู้ใช้เครื่องต้องทราบความหมายของค่าเนื้อสัมผัสต่าง ๆ จึงจะสามารถนำค่าที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และนำไปใช้ได้ถูกต้อง
5. เครื่อง Texture Analyzer ทำการเคลื่อนย้ายยาก ต้องใช้ความระมัดระวังและความชำนาญในการเคลื่อนย้าย จึงต้องทำการวัดเฉพาะในห้องทดลองเท่านั้น

## 2.10.3 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

การทดสอบเนื้อสัมผัสมีวิธีการทดสอบหลายวิธีด้วยกันได้แก่ ได้แก่

### 2.10.3.1 การทดสอบ TPA (Texture Profile Analysis)

การทดสอบแบบ TPA เป็นการทดสอบเนื้อสัมผัสอาหารโดยการจำลองการเคี้ยวอาหารของมนุษย์ การทดสอบทำได้โดยใช้หัววัดซึ่งเป็นตัวแทนของฟันส่วนต่าง ๆ กดลงบนอาหาร 2 ครั้ง ซึ่งลักษณะของ Texture Profile ที่ได้จากการใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กระทำกับตัวอย่างต่อเวลา ผ่านการกดของหัววัด 2 ครั้ง (ธัญญาภรณ์, 2550) ตัวอย่างอาหารที่ทดสอบด้วยวิธีนี้ เช่น หมูยอ เจลลี่ เต้าหู้ มันฝรั่ง เนื้อผลไม้ และเนื้อสัตว์ เป็นต้น หัววัดที่นิยมใช้ ได้แก่ flat plate ชนิด plunger และ cylinder probe ค่าที่ได้จากการทดสอบ มีดังนี้

1. Hardness แสดงค่าความแข็งของอาหาร หาได้จากแรงสูงสุดของการกดแต่ละครั้ง
2. Fracturability แสดงถึงแรงกดที่กระทำครั้งแรกซึ่งทำให้เกิดการแตกหักหรือเสียหายของอาหาร (เดิมเรียกว่า Brittleness)

3. Cohesiveness ขอบเขตของวัสดุที่สามารถเสียรูปได้ก่อนจะเกิดการแตกหัก หาได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่สองกับพื้นที่ใต้กราฟของการกดครั้งที่แรก (Area 2 / Area 1)

4. Springiness ความยืดหยุ่นหรืออัตราการคืนรูปของวัสดุหลังจากถูกกด หรือ ความสูงของอาหารที่กลับคืนระหว่างการสิ้นสุดการกดครั้งแรกกับครั้งที่สอง หาได้จากอัตราส่วนของ เวลาที่ใช้ในการกดให้ถึงแรงสูงสุดครั้งที่สองกับเวลาที่ใช้ในการกดให้ถึงแรงสูงสุดครั้งแรก (Length 2 / Length 1)

5. Gumminess พลังงานหรือแรงที่ต้องใช้ในการทำให้อาหารกึ่งแข็งแตกออกจนสามารถกลืนได้ หาได้จาก Hardness x Cohesiveness

6. Chewiness พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร หรือแรงที่ใช้ในการบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป หาได้จาก Gumminess x Cohesiveness x Springiness

7. Adhesiveness งานที่จำเป็นในการดึงห้วัดหรือห้วัดหรือพื้นออกจากอาหาร หาได้จาก Area 3 บางที เรียกว่า Stickiness หรือลักษณะเนื้ออาหารที่ติดอยู่ เช่น ผลไม้กวนหรือทอฟฟี่ เมื่อเคี้ยวจะรู้สึกเหนอะติดฟัน

### 2.10.3.2 การทดสอบแบบการกด (Compression Test)

การทดสอบวัดแรงกดเป็นการทดสอบเนื้อสัมผัสที่ง่ายที่สุด โดยวัดการเปลี่ยนรูปของตัวอย่างที่ทดสอบ มีค่าความต้านทานที่เกิดจากการกดเป็นตัวชี้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ซึ่งห้วัดจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าชิ้นอาหารที่นำมาทดสอบ ตัวอย่างอาหารที่ทดสอบด้วย วิธีนี้ เช่น ขนมปัง อาหารเข้าซีเรียล เค้ก แครอท แผ่นมันฝรั่ง (Bourne, 2002) คุณลักษณะที่สามารถวัดได้ ได้แก่ consistency, hardness, crush force, rigidity, elasticity, stickiness, firmness, stringiness, succulence ห้วัดที่นิยมใช้ ได้แก่ Cylinder probe (ปกติใช้ที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 มิลลิเมตร), Compression platens, Spherical probe และ Ottawa cell เป็นต้น ค่าที่ได้จากการทดสอบ มีดังนี้

1. Hardness แรงสูงสุดที่ใช้ในการตัดลงไปเนื้ออาหาร หาได้จาก Peak force
2. Elasticity / Springiness ค่าความยืดหยุ่นของเนื้ออาหารหาจากค่าความชันก่อนถึงจุด Peak force ที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมากที่สุด
3. Toughness งานที่ใช้กดทับลงบนชิ้นอาหาร หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้นถึงจุด Peak Force

### 2.10.3.3 การทดสอบแบบการเจาะ (Puncture and Penetration Test)

การทดสอบแบบเจาะเป็นการวัดแรงที่ห้วัดใช้ในการแทรกเข้าไปในเนื้ออาหาร ซึ่งวัดทั้งแรงที่เกิดจากการกดและแรงเฉือน แรงทั้งสองนี้จะทำให้เกิดค่าความแตกต่างในชั้นการกดและห้วัดจะต้องมีขนาดเล็กกว่าชิ้นทดสอบ (Kilcast, 2003) โดยการทดสอบแบบเจาะเป็นเครื่องมือที่วัดค่า maximum force ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. Single-probe ได้แก่ Magness-Taylor, EFFI-GI, Ghatillon, Bloom Gelometer
  2. Multiple-probe ได้แก่ Armour Tenderometer, the Christel Texture Meter,
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมอาหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
 ไม่ว่ากรณนี้ หวังสืบ อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

meter ต่อมาได้มีการประยุกต์ใช้ค่าคงที่ ที่เกี่ยวกับแรงซึ่งมีเครื่องมือการทดสอบที่เป็นสากล ได้แก่ Instron และ TA-XT รุ่นต่าง ๆ ตัวแปรที่มีผลต่อการทดสอบแบบเจาะ ได้แก่ ธรรมชาติทั่วไปของอาหาร เช่น อาหารที่นุ่มจะใช้แรงที่เจาะน้อยกว่าอาหารที่มีความแข็ง ขนาดและรูปร่างของอาหารที่นำมาทดสอบ จำนวนหัววัดที่ใช้ และระยะความลึกของการเจาะที่ลงไปเนื้ออาหารหรือตัวทดสอบ แต่ก็ไม่ใช้กับอาหารทุกชนิด 5. ค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ของหัววัด เมื่อเป็นการทดสอบวัดค่าความเหนียวของอาหาร เพราะค่าอัตราความเครียด (Strain) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย (Bourne, 2002) ตัวอย่างอาหารที่ทดสอบด้วยวิธีนี้ เช่น ผักและผลไม้สด, ชีส, ลูกกวาด และการแผ่กระจายของมาร์การีน หัววัดที่นิยมใช้ ได้แก่ Cylinder probe, Multiple Chip Rig, Needle probe, Multiple Pea Teat Rig, Conical probe, Spherical probe (Kilcast, 2003) ค่าที่ได้จากการทดสอบ มีดังนี้

1. Hardness/Firmness แรงสูงสุดที่ใช้ในการเจาะทะลุลงไปเนื้ออาหาร หาได้จากจุด Peak Force
2. Stiffness แสดงความเหนียวหรือความเป็น viscoelastic body หาได้จากความชันจากจุดเริ่มต้นถึงจุด Peak Force (Jain และคณะ, 2007)
3. Toughness งานที่ใช้ในการเจาะทะลุลงไปเนื้ออาหาร หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้นถึงจุด Peak Force

#### 2.10.3.4 การทดสอบแบบตัด (Cutting and Shearing Test)

การทดสอบแบบการตัดเป็นการวัดเนื้อสัมผัสโดยการใช้หัววัดที่มีลักษณะคล้ายใบมีด หรือโลหะที่เป็นเส้นลวด (wire) ตัดผ่านเนื้ออาหารลงไปตามระยะทางที่กำหนด ในระหว่างที่หัววัดสัมผัสผ่านเนื้ออาหารจะเกิดทั้งแรงเฉือนและแรงกด (Bourne, 2002) การทดสอบ แบบตัดจึงเป็นการวัดค่าแรงทั้งสองชนิดนี้ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่จำลองการกัดด้วยฟันของมนุษย์ได้ดีที่สุด ตัวอย่างอาหารที่ทดสอบด้วยวิธีนี้ เช่น เนย หนม ผรั่ง พาย ชีส ลูกกวาด เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ที่มี เส้นใย หัววัดที่นิยมใช้ ได้แก่ Warner-Bratzler Shear, Knife/Guillotine Blade, Volodkeviv Bit Jaws, Kramer Shear Cell, Wire Cutter ค่าที่ได้จากการทดสอบ มีดังนี้

1. Shear force แรงเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลงไปเนื้ออาหาร หาได้จาก Peak Force
2. Shear work งานทั้งหมดที่ใช้ในการตัดเนื้ออาหาร หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด (A)
3. Stiffness ความแข็งแรงของเนื้ออาหาร ความแข็งที่อไม่ยืดหยุ่น หาได้จากความชันก่อนถึงจุด Peak Force ที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมากที่สุด
4. Toughness งานที่ใช้เจาะทะลุลงไปเนื้ออาหาร หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้น ถึงจุด Peak Force (A2)

#### 2.10.3.5 การทดสอบแบบ Compression-Extrusion (Backward Extrusion)

เป็นการทดสอบวัดแรงที่ใช้ในการกดอาหารให้ไหลย้อนทิศออกมา โดยอาหารจะถูกกดจนโครงสร้างแตกกระจายแล้วไหลผ่านออกมาทางช่องว่างหรือรูระบาย ปกติแล้วแรงสูงสุดที่ใช้ในการดันหรือผลักอาหารให้ไหลออกนั้นจะเป็นตัวบอกรูปร่างเนื้อสัมผัสของอาหาร การทดสอบแบบนี้นิยมใช้กับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเหลวที่มีความหนืด พวกเจลหรือไขมันต่าง ๆ ตัวอย่างอาหารที่ทดสอบด้วยวิธีนี้ เช่น ของเหลวที่มีความข้นหรือจำพวกซอส มายองเนส โยเกิร์ต เจล และผัก เป็นต้น (Bourne, 2002) ค่าที่ได้จากการทดสอบมีดังนี้

1. Mean Extrusion Force เป็นค่าแรงสูงสุดที่ทำให้อาหารไหลย้อนทิศขึ้นด้านบน หาได้จาก Peak Force ซึ่งใช้บอกค่า Firmness ของอาหาร
2. งานที่ใช้ในการทดสอบ หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟ

### 2.10.3.6 การทดสอบแบบ Extrusion Test (Forward Extrusion)

เป็นการทดสอบโดยหัววัดใช้แรงดันอาหารให้ไหลผ่านรูเปิดด้านล่างของจาน ซึ่งส่วนใหญ่รูเปิดจะอยู่ตรงกลางค่าที่ได้จากการทดสอบ มีดังนี้

1. Peak force แรงสูงสุดที่ใช้ในการกด
2.  $F_1$  แรงต้านสุดท้ายก่อนที่หัววัดจะเคลื่อนที่ขึ้น
3. Residual relaxation area ค่าความสามารถต้านแรงที่มากกระทำหาได้จากพื้นที่ใต้กราฟจาก  $F_{max}$  ถึง  $F_1$
4. Modulus of elasticity ค่าความยืดหยุ่นของอาหาร แสดงความสามารถในการคืนตัวเมื่อได้รับแรงกระทำ หาได้จาก  $F_1 / F_{max}$

## 2.11 การวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์

สี เป็นสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้บรรยายคุณลักษณะของวัสดุได้ง่ายที่สุด วิธีหนึ่งที่ใช้บรรยายสีของวัตถุได้ง่ายที่สุดคือคำพูด แต่มาตรฐานการบรรยายลักษณะของสีแต่ละบุคคลอาจแตกต่างกัน ดังนั้นการวัดสีและการบรรยายสีในเชิงวิชาการจึงต้องมีการจัดมาตรฐานเพื่อลดความไม่เป็นกลาง (bias) ของผู้บรรยายวัสดุนั้น

### 2.11.1 หลักการ

ระบบ CIE Lab scale ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายสีแดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด-สว่างของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสี แดง เขียว และความสว่าง (lightness) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน คือระบบ  $L^*a^*b^*$  ซึ่งเป็นระบบการบรรยายสีแบบ 3 มิติ โดยที่ แกน  $L^*$  จะบรรยายถึง ความสว่าง (lightness) จากค่า  $+L^*$  แสดงถึงสีขาว จนถึง  $-L^*$  แสดงถึงสีดำ แกน  $a^*$  จะบรรยายถึง แกนสีจากเขียว ( $-a^*$ ) ไปจนถึงแดง ( $+a^*$ ) ส่วนแกน  $b^*$  จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ( $-b^*$ ) ไปเหลือง ( $+b^*$ ) ลักษณะการบรรยายสีของ CIE แสดงได้ดังรูป 2.15 นอกจากนี้ บริษัท Hunter lab ในอเมริกา ก็เป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสี จนในที่สุดได้ระบบของ Hunter lab ซึ่งเรียกว่า การวัดสีระบบ Hunter lab scale ซึ่งบรรยายแกนใน 3 มิติ เช่นเดียวกับระบบ CIE โดยที่ Hunter lab จะใช้สเกล L-a-b บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ  $L^*a^*b^*$  ของ CIE ข้อแตกต่างระหว่าง ระบบสีของ CIE และ Hunter lab คือสูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L-a-b และ  $L^*a^*b^*$  ล้วนมีพื้นฐาน การคำนวณมาจากค่าจากระบบ X-Y-Z ทั้งสิ้นสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) จะใช้แสงจากแหล่งประดิษฐ์ (illuminant) คือแสงที่แต่งค่าความเข้มแสง (intensity) หรืออุณหภูมิของสี

(color temperature) แล้ว ตัวอย่างของแหล่งแสงประดิษฐ์ได้แก่ D65 – แสงเที่ยงวัน (noon daylight) A- แสงส้มจากหลอดทั้งสแตน C – แสงกลางวันเฉลี่ย (average daylight) CWF – แสงขาวเย็นจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (cooled white fluorescent) อุปกรณ์วัดสีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในห้องตลาดมีหลายรุ่นและหลายยี่ห้อ ที่นิยมใช้ได้แก่ ของ Hunter lab, Nikon และ Minolta ซึ่งสเปคโตรโฟโตมิเตอร์บางรุ่นสามารถบอกค่าสีได้หลายสเกลในเครื่องเดียว เช่น X-Y-Z L-a-b L\*-a\*-b\*

### 2.11.2 เทคนิคการใช้งานของเครื่องวัดสี

1. เป็นเครื่องที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งของแข็งและของเหลว
2. มีความสามารถในการวัดเทียบเท่าสายตามนุษย์ โดยสามารถวัดที่  $45^{\circ}/0^{\circ}$  measurement geometry
3. หน้าจอของเครื่องสามารถแสดงผลได้หลายแบบเช่น Displays Color Data, Color Plot, Spectral Data และ Spectral Plots

## 2.12 โครมาโทกราฟีเหลวสมรรถภาพสูง

มนุษย์ใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแยกสารที่มีสีออกจากกันมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1906 และได้มีการพัฒนาเทคนิคดังกล่าวให้สามารถแยกสารต่าง ๆ ที่ไม่มีสีออกจากกันได้อีกหลายร้อยชนิด จนกระทั่งในปัจจุบันเทคนิคนี้ได้ถูกพัฒนามาเป็นเครื่องแยกสารวิเคราะห์สารในระบบกึ่งอัตโนมัติ หรือระบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และแยกสารหรือวิเคราะห์สารได้รวดเร็ว จึงนิยมนำไปตรวจวิเคราะห์สารทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลาย (อุมาพร, 2540)

### 2.12.1 หลักการแยกสาร

ของเหลวความดันสูงจะสร้างแรงพา (impelling force) ดันสารต่าง ๆ ในสารตัวอย่างผ่านไปบนตัวกลางที่ไม่เคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ได้เล็กน้อยที่เรียกว่า เฟสคงที่ (stationary phase) ซึ่งเฟสคงที่จะสร้างแรงหน่วง (retention force) ต่อสารชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ขนาด รูปร่าง ประจุความจำเพาะ (specificity) การดูดซับ (adsorption) การละลาย (solubility) ดังนั้น ความแตกต่างกันของแรงหน่วง จึงทำให้โมเลกุลของสารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ออกมาจากคอลัมน์ ซึ่งบรรจุเฟสคงที่ ในเวลาหน่วง (retention time) ที่แตกต่างกัน

### 2.12.2 ชนิดของโครมาโทกราฟีของเหลว

โครมาโทกราฟีเหลวความดันสูงแบบคอลัมน์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามชนิดของเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) และเฟสคงที่ โดยเรียกชื่อเฟสเคลื่อนที่ก่อนเฟสคงที่ คือ

#### 2.12.2.1 Liquid-solid chromatography

แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ ใช้ของเหลวเป็นเฟสเคลื่อนที่และใช้ของแข็งเป็นเฟสคงที่ ซึ่งแบ่งย่อยเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.12.2.1.1 Gel filtration chromatography

ใช้เฟสคงที่เป็นเม็ดเจลที่มีรูขนาดต่างบรรจุในคอลัมน์ทำให้โมเลกุลของสารที่มีขนาดเล็กเคลื่อนที่เข้าไปในโมเลกุลของเจล เป็นผลให้เคลื่อนที่ออกมาจากคอลัมน์ได้ช้ากว่าสารตัวอย่างที่มีโมเลกุลใหญ่กว่า

### 2.12.2.1.2 Ion exchange chromatography

เป็นการใช้เฟสคงที่มีประจุแลกเปลี่ยน (counter ion) เมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนประจุกับโมเลกุลของสารตัวอย่างที่มีประจุ โมเลกุลของสารตัวอย่งนั้นจะถูกจับไว้ในคอลัมน์ หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนคุณสมบัติของของเหลวซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนพีเอช การเพิ่มปริมาณไอออนแลกเปลี่ยน จะทำให้โมเลกุลของสารตัวอย่างเคลื่อนที่ออกมาจาก คอลัมน์ในอัตราเร็วที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับจำนวนประจุและความแรงของประจุที่จับกับเฟสคงที่

### 2.12.2.1.3 Affinity chromatography

แยกสารออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างของความจำเพาะทางชีวภาพ (biological specificity) โดยการสร้างเฟสคงที่ที่มีความจำเพาะกับสารที่ต้องการแยก ตัวอย่างเช่น enzyme/substrate, antigen/antibody, hormone/receptor เมื่อเฟสเคลื่อนที่พา โมเลกุลของสารที่ต้องการแยกผ่านมาเฟสคงที่จะจับเฉพาะโมเลกุลที่มีความจำเพาะไว้ หลังจากนั้นจึง เปลี่ยนคุณสมบัติของเฟสเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนพีเอช เพิ่มความเข้มข้นของเกลือ หรือเติมตัวแย่งจับเฟสคงที่ลงไปซึ่งจะทำให้โมเลกุลของสารที่ต้องการถูกขับไล่ออกจากคอลัมน์

### 2.12.2.1.4 Adsorption chromatography

เป็นการแยกสารโดยใช้เฟสคงที่ที่เป็นตัวดูดซับ (adsorbent) ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง และไม่ละลายในเฟสเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น แป้ง เซลลูโลส MgO, Silicic acid, Magnesium silicate ซึ่งการดูดซับอาศัยความมีสภาพมีขั้ว (polarity) และจำนวนหมู่ที่ทำให้เกิดสภาพมีขั้ว (polarity group) ของเฟสคงที่และสารตัวอย่าง ส่วนการไล่สารต่าง ๆ ออกจากคอลัมน์อาศัยการเปลี่ยนสภาพมีขั้วของเฟสเคลื่อนที่ กล่าวคือถ้าเฟสเคลื่อนที่มีสภาพมีขั้วสูง สารที่ละลายน้ำได้ดีกว่าจะเคลื่อนที่ออกมาจากคอลัมน์ได้เร็วกว่า

## 2.12.2.2 Liquid-liquid chromatography หรือ พาร์ติชันโครมาโทกราฟี (partition chromatography)

เป็นวิธีการแยกสารที่ใช้ของเหลวเป็นเฟสเคลื่อนที่ และใช้ของเหลวที่เคลือบอยู่บนของแข็งเป็นเฟสคงที่ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างช้า ๆ แยกสารออกจากกันโดยอาศัยความแตกต่างในการละลายของสารตัวอย่างในของเหลวซึ่งเป็นเฟสคงที่และของเหลวซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ นิยมใช้สำหรับแยกสารที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันออกจากกัน ตัวอย่างเช่น การแยกกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ออกจากกัน silica gel แต่อาจใช้แป้ง เซลลูโลส หรืออะลูมินาแทนได้ ส่วนเฟสคงที่จะเคลือบบนของแข็ง อาจเป็นสำหรับของแข็งที่ใช้เป็นตัวค้ำจุน (supporter) นิยมใช้ silicic acid หรือ น้ำ บัฟเฟอร์ กรดแก่ ต่างแก่ แอลกอฮอล์ หรือไนโตรมีเทน ฯลฯ โดยปกติจะใช้เฟสคงที่ที่มีสภาพมีขั้วสูงเพื่อแยกสารที่มีสภาพขั้วสูงออกจากกัน และใช้เฟสเคลื่อนที่จะมี

สภาพขั้วต่ำกว่ามาไล่สารต่างๆ ออกจากคอลัมน์ โดยสารที่มีสภาพขั้วสูงกว่าจะออกมาทีหลัง เรียกวิธีการนี้ว่า “โครมาโทกราฟีแบบปกติ” หรือ “normal phase chromatography” แต่ในบางกรณีจะใช้เฟสคงที่มีสภาพขั้วต่ำ ตัวอย่างเช่น สารอินทรีย์ประเภท n-alkyl ซึ่งมีคาร์บอน 8 หรือ 18 โมเลกุล เพื่อแยกสารที่มีสภาพขั้วต่ำออกจากกัน และใช้เฟสเคลื่อนที่มีสภาพขั้วสูงกว่าไล่สารที่ต้องการออกมาจากคอลัมน์ โดยสารที่มีสภาพขั้วต่ำกว่าจะออกมาช้ากว่า ซึ่งเรียกว่า “โครมาโทกราฟีแบบผันกลับ” หรือ “reversed phase chromatography” นอกจากนี้ โครมาโทกราฟีทั้งสองชนิดยังอาจใช้วิธีการเติมสารที่มีประจุตรงข้ามลงในเฟสเคลื่อนที่ตัวอย่างเช่น เติม tetramethyl ammonium chloride , trioctylamine, tetrabutyl ammonium chloride ลงในเฟสเคลื่อนที่ เมื่อสารตัวอย่างมีประจุบวกหรือเติม perchloric acid, sodium alkyl sulfonate หรือ methane sulfonic acid ลงในเฟสเคลื่อนที่ เมื่อสารตัวอย่างมีประจุลบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกสาร เรียกวิธีการนี้ว่า “ion-pair chromatography” สำหรับกลไกที่ทำให้สามารถแยกสารได้ดีขึ้นเกิดจากการที่ไอออนที่มีประจุต่างกันรวมกันกลายเป็นสารที่ไม่มีประจุ หรือมีประจุลดลงแล้วเคลื่อนตัวเข้าสู่เฟสคงที่หรือเฟสเคลื่อนที่ที่มีสภาพขั้วต่ำ ทำให้สารตัวอย่างเคลื่อนที่ได้ช้าลง

## 2.13 การออกแบบและการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

### 2.13.1 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design ใช้คำย่อว่า CRD ) เป็นแผนการทดลองที่มีลักษณะง่ายสะดวกในการปฏิบัติและวิเคราะห์ข้อมูล เหมาะสำหรับหน่วยทดลองที่มีความสม่ำเสมอมาก ไม่มีความแตกต่างเนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น การศึกษาเปรียบเทียบสูตรอาหารเลี้ยงไก่ 3 สูตร เป็นทริทเมนต์มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไก่ หน่วยทดลองที่ใช้คือ ไก่แต่ละตัวมาจากพันธุ์เดียวกัน เพศเดียวกัน อายุ และน้ำหนักเมื่อเริ่มทดลองเท่ากัน ก็จะได้ว่าหน่วยทดลองมีความสม่ำเสมอกัน หน่วยทดลองมีโอกาสได้รับทริทเมนต์ใดทริทเมนต์หนึ่งเท่ากัน โดยวิธีการสุ่มให้หน่วยทดลองแต่ละหน่วยมีโอกาสได้รับทริทเมนต์ใดทริทเมนต์หนึ่ง ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน แผนการทดลองแบบ CRD นิยมทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือเรือนทดลอง เพราะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนระหว่างการดำเนินการทดลองได้

## 2.14 จุลินทรีย์ในอาหาร (คู่มือปฏิบัติงานด้านสุขาภิบาลอาหารและน้ำ, 2556)

### 2.14.1 ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอาหาร

อาหารแต่ละชนิดไม่ว่าจะเป็นอาหารสด อาหารแห้ง อาหารปรุงสำเร็จ อาหาร กระบอง ฯลฯ มักจะพบว่า มีจุลินทรีย์หลายชนิดปะปนอยู่ทั้งที่มนุษย์ใช้ในการถนอมอาหารหรือแปรรูปอาหารปนเปื้อนได้เอง และด้วยสาเหตุอื่น จุลินทรีย์ที่มักพบในอาหาร ได้แก่

#### 2.14.1.1 แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีวิวัฒนาการต่ำสุด จัดอยู่ในอาณาจักรมอนเนรา (Kingdom Monera) การดำรงชีพมีทั้งที่เป็นผู้ผลิต ผู้ย่อยสลายและปรสิต สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัว พบได้ทั่วไปในน้ำ ในดิน ในอากาศ ร่างกายสิ่งมีชีวิตอื่น นิยมแบ่งชนิดแบคทีเรียตามลักษณะของรูปร่างหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.14.1.2 รา (Fungi)

จัดอยู่ในอาณาจักรฟังไจ (Kingdom Fungi) บางชนิดมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า บางชนิดมองเห็นด้วยตาเปล่า มีทั้งที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นใยยาว มี สีดำ สีเขียว สีส้ม ฯลฯ ส่วนใหญ่ดำรงชีพเป็นผู้ย่อยสลาย บางชนิดเป็นปรสิต สืบพันธุ์ด้วยการแบ่งตัว การหักหรือขาดออกของเส้นใย การแตก หน่อ หรือการสร้างสปอร์ คนเรานิยมใช้ราหมักอาหาร เช่น เนยแข็งบางชนิด สกัดสารปฏิชีวนะจากรา *Penicillium notatum* ทำเป็นยาเพนนิซิลิน ฯลฯ แต่ราบางชนิดก็ทำให้เกิดโรคในคน พืช และสัตว์ เช่น โรคผิวหนัง สร้างสารก่อมะเร็ง ทำให้อาหารเน่าเสีย เช่น *Rhizopus stolonifer* ที่ขึ้นบนขนมปัง ทำให้เครื่องนุ่งห่ม เครื่องเรือนเสียหายเห็ดพิษ *Claviceps purpurea* ถูกใช้เป็นยาพิษในสมัยโบราณ ซึ่ง ปัจจุบันถือว่าเป็นอาวุธชีวภาพชนิดหนึ่ง

### 2.14.1.3 ยีสต์ (Yeast)

เป็นสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในอาณาจักรฟังไจ (Kingdom Fungi) มีเซลล์เดียว รูปร่างกลมหรือรี ส่วนมาก ดำรงชีพเป็นผู้ย่อยสลาย บางชนิดเป็นปรสิต ส่วนใหญ่สืบพันธุ์โดยการแตกหน่อ บางชนิดแบ่งตัว พบได้ทั่วไปในดิน ในน้ำและซากพืชหรือสัตว์ที่ตายแล้ว ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันเราใช้ประโยชน์จากยีสต์ในหลายๆ ด้าน เช่น ใช้หมักน้ำผลไม้ ใช้หมักทำขนมปัง ใช้ ทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น สาโท อุ กระแช่ เป็นต้น และยังใช้หมักทำแอลกอฮอล์จุดไฟ ใช้หมัก ขนมปัง ช่วยให้อาหารบางชนิดมีคุณค่าทางอาหารเพิ่มขึ้น ใช้ในการสังเคราะห์ โปรตีน ลิพิด หรือ วิตามินบางชนิด จากสารตั้งต้นพวกน้ำตาลอย่างง่ายและแอมโมเนียมไนโตรเจน ฯลฯ แต่ยีสต์บาง ชนิดทำให้เกิดโรคในพืชและสัตว์ ทำให้อาหารเน่าเสีย เครื่องนุ่งห่ม และวัสดุบางชนิดเสียหายได้ ฯลฯ

### 2.14.1.4 ไวรัส (Virus)

เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ๆ จัดอยู่ในอาณาจักรไวรัส (Kingdom Vira) มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม เหลี่ยม ทรงกระบอก พบได้ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ใน อาหาร การเพิ่มจำนวนของไวรัสคล้ายกับการจำลองตนเอง จะเกิดขึ้นเฉพาะเมื่ออยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตที่ไวรัสอาศัยอยู่ซึ่งเรียกว่า โฮสต์ (Host) ถ้าอยู่นอกเซลล์โฮสต์จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ ดำรงชีพเป็นปรสิต ทำให้เกิดโรคในคน สัตว์ พืช และจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ไข้หวัด ไข้หวัดนก ไวรัส ตับอักเสบบี และซี เอ็ดส์ ไวรัสบางชนิดที่ปนอยู่ในอาหารทำให้เกิดอาการท้องเสียคล้ายกับอาการที่เกิดเนื่องจากแบคทีเรีย

### 2.14.1.5 โปรโตซัว (Protozoa)

เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวขนาดเล็กมาก มีรูปร่างหลายแบบ เช่น กลม รี ทรงกระบอก แต่บางชนิดมีรูปร่างไม่แน่นอน จัดอยู่ในอาณาจักรโพรทิสตา (Kingdom Protista) สืบพันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศโดยการแบ่งตัวพบได้ในบริเวณที่ชื้นๆ มีทั้งที่ดำรงชีพเป็นผู้ผลิต ผู้ย่อยสลาย หรือปรสิต โปรโตซัวส่วนมากมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นใน ระบบนิเวศแบบที่เป็นปรสิต ซึ่งก่อให้เกิดโรคได้ทั้งในคน สัตว์และพืช เช่น *Plasmodium falciparum* ทำให้เป็นโรคมาลาเรียหรือไข้จับสั่นขึ้นสมอง มีอาการรุนแรง เป็นไข้ทุกวัน แต่ *Plasmodium vivax* ทำให้เป็นโรคมาลาเรียลงตับ จะเป็นไข้ทุก ๆ 2 วัน ส่วนอะมีบาที่ชื่อ *Entamoeba histolytica* ทำให้เกิดโรคบิด ท้องร่วง ลำไส้อักเสบ เป็นต้น

### 2.14.2 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

การผลิตหรือการประกอบอาหารนับตั้งแต่การเตรียมส่วนผสมต่าง ๆ การประกอบอาหาร การบรรจุ การขนส่ง ฯลฯ จนถึงผู้บริโภค อาจมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ ปนเปื้อนในอาหาร หากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็เพียงแต่ทำให้อาหารบูดเน่า หากเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคมักจะทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วย แต่ถ้าเป็นโรคติดต่อก็จะทำให้มีผู้ที่เจ็บป่วยจากการติดเชื้อเพิ่มมากขึ้น ในบางครั้งอาจถึงกับเสียชีวิตได้ ดังนั้นผู้ประกอบการตั้งแต่กิจการส่วนตัวจนถึงระดับอุตสาหกรรม จึงควรใส่ใจและหาทางป้องกันมิให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารได้ การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส ตามปกติพืชจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ที่ผิวเสมอ ส่วนสัตว์จะพบได้ที่บริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร และทางเดินหายใจ (พบได้น้อย) ถ้าพืชหรือสัตว์เป็นโรคก็จะมีจุลินทรีย์ก่อโรคปนมาด้วย สำหรับพืชหรือสัตว์ที่ไม่เป็นโรคจะไม่มีจุลินทรีย์ใด ๆ อยู่ภายใน เนื้อเยื่อ การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ ได้แก่

#### 2.14.2.1 การปนเปื้อนจากดิน

ในดินมีจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งจะปะปนอยู่ในวัตถุติดจากพืชและสัตว์ที่นำมาประกอบอาหารเสมอ หรืออาจเกิดจากน้ำหรือลมพัดพาฝุ่นละอองหรือดินมาปนในอาหาร จุลินทรีย์ส่วนมากที่พบในอาหารมักมาจากดิน ได้แก่ ยีสต์ รา และแบคทีเรียสกุลต่าง ๆ เช่น *Bacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Acetobacter* เป็นต้น ในการประกอบอาหารจึงต้องล้างผิวหน้าของอาหารให้สะอาด และระมัดระวังไม่ให้ดินและจุลินทรีย์มาเกาะติดได้อีก

#### 2.14.2.2 การปนเปื้อนจากน้ำและน้ำเสีย

ตามปกติแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ ได้แก่ แบคทีเรีย สกุลต่าง ๆ เช่น *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* หรืออาจพบ *Streptococcus*, *Escherichia* และ *Enterobacter* ที่ปนเปื้อนมากับสัตว์น้ำ รวมทั้งจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ปนเปื้อนมาจากดิน สัตว์ และน้ำเสีย ซึ่งอาจก่อโรคให้กับพืชหรือคนและสัตว์ที่ดื่มน้ำหรือทานอาหารที่ใช้น้ำซึ่งปนเปื้อนในการผลิต

#### 2.14.2.3 การปนเปื้อนจากอากาศ

ลมจะทำให้จุลินทรีย์ที่ก่อโรคและไม่ก่อโรคในอากาศที่เกาะติดมากับละอองฝุ่นละอองน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง ทะเล ละอองน้ำลาย น้ำมูก จากการไอ จาม พูด ให้กระจายไปทั่วและปนเปื้อนในอาหารได้ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ และที่ทำให้อาหารเน่าเสียทั้งรา ยีสต์และแบคทีเรีย อากาศแห้งมีจำนวนจุลินทรีย์มากกว่าอากาศชื้น แต่แสงแดดช่วยทำลายจุลินทรีย์ได้ ส่วนฝนหรือหิมะจะช่วยชะจุลินทรีย์ออกไปจากอากาศ

#### 2.14.2.4 การปนเปื้อนจากสัตว์

จุลินทรีย์ที่พบได้บ่อยบริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจของสัตว์ มักปนเปื้อนมาจากอาหาร ปุ๋ย น้ำ ดิน ในเนื้อสัตว์ที่นำมาประกอบอาหารมักพบแบคทีเรียสกุลต่าง ๆ เช่น *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus* ถ้าอาหารปนเปื้อนกับอุจจาระของสัตว์ขณะฆ่าและหรือขนส่ง อาจพบจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* บางครั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในสัตว์อาจทำให้เกิดโรคติดต่อมายังคนได้โดยผ่านทางอาหาร

### 2.14.2.5 การปนเปื้อนระหว่างการผลิตและการขนส่ง

ถ้าหากผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการขนส่ง นำระบบการควบคุมความปลอดภัยของอาหารหรือระบบคุณภาพอาหารมาใช้ ย่อมทำให้กระบวนการผลิตเป็นกระบวนการที่ดี อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้สะอาด สถานประกอบการมีการสุขาภิบาลที่ดี การบรรจุ และการขนส่งที่ดี จะลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

### 2.14.2.6 การปนเปื้อนระหว่างการจำหน่าย

ผู้ที่จำหน่ายอาหารควรใช้ภาชนะที่สะอาดบรรจุอาหาร มีฝาปิด ป้องกันฝุ่นและแมลงต่าง ๆ การมีสุขลักษณะที่ดีทั้งผู้จำหน่าย เครื่องมือเครื่องใช้ ร้านค้าและสภาพแวดล้อม จะช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ค่อนข้างมาก อีกทั้งยังช่วยป้องกัน การเกิดโรคติดต่อบางชนิด ที่อาจปนเปื้อนในอาหารได้ เช่น อหิวาตกโรค บิดมีตัว โรคตับอักเสบชนิดเอ บี และซี เป็นต้น

## 2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุภาพร อวรัญ, 2562 ศึกษาสูตรอาหารและวิธีการฆ่าเชื้อในอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) เพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทองในอาหารเพาะเลี้ยง 9 สูตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า สูตรอาหารที่ 2, 7, 8 และ 9 ให้ค่าน้ำหนักแห้งดอกเห็ดเฉลี่ยสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสูตรอาหารที่ 9 (ข้าวกล้องหอมมะลิผสมกับน้ำต้มมันฝรั่ง 1 ลิตร (ใช้มันฝรั่ง 200 กรัม/น้ำ 1 ลิตร) กลูโคส 10 กรัม เปปโตน 10 กรัม ยีสต์สกัด 3 กรัม มอลต์สกัด 3 กรัม โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) 1 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 0.5 กรัม วิตามินบี 1 ขนาด 100 มิลลิกรัม 5 เม็ด และ ชูปโกสกัด 30 มิลลิตร ซึ่งให้น้ำหนักแห้งดอกเห็ดสูงที่สุดที่ 3.9 กรัม สำหรับวิธีการฆ่าเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อเห็ดถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสม คือ การเติมไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 100 มิลลิตรในอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนึ่งฆ่าเชื้อถึงที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

Wang และคณะ, 2016 ได้ทำการศึกษาการเพาะเลี้ยง *C. militaris* ในสภาวะอาหารเหลว PDA ปริมาตร 100 มิลลิตรและบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในเครื่องเขย่า (130 รอบต่อนาที) โดยให้แสงเป็นเวลา 6 วัน และทำการเก็บชีวมวลของเส้นใยโดยการกรองผ่านผ้าก๊อซที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้ว 2 ชั้น และล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อนำอาหารที่ติดอยู่ออก โดยชีวมวล 20 กรัม (น้ำหนักสด) ใส่ลงขวด ที่มีน้ำกลั่นผ่านการฆ่าเชื้อแล้วขนาด 200 มิลลิตร และจะนำไปสกัดเพื่อนำสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ในถั่งเช่าสีทองไปรวมกับอนุภาคนาโนของเงิน เพื่อทดสอบการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย

Park และคณะ, 2001 ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของสภาวะในการเพาะเลี้ยงแบบอาหารเหลวสำหรับการเจริญเติบโตของเส้นใย และการผลิต exo-biopolymer โดยเห็ดถั่งเช่าสีทอง จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม และพีเอชเริ่มต้นสำหรับการเจริญเติบโตของเส้นใยและการผลิต exo-biopolymer โดยเห็ดถั่งเช่าสีทองในสภาวะอาหารแบบเขย่า พบว่าที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พีเอชเริ่มต้น 6.0 ใช้ซูโครส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40 กรัมต่อลิตร และแป้งข้าวโพด 10 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของเส้นใยและการผลิต exo-biopolymer

**นันทินี ศรีจุมปา, 2564** ศึกษาอิทธิพลของไฟแอลลีดีสีต่าง ๆ ต่อผลผลิตและปริมาณสารคอร์โดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทอง โดยใช้แสงจากหลอดไฟแอลอีดีแบบเส้นและปรับด้วยตัวควบคุมแสง ให้มีแสงสีต่าง ๆ กัน ได้แก่ แสงสีน้ำเงิน แสงสีชมพู แสงสีแดง แสงสีเขียว แสงสีเหลือง และแสงสีขาว ในช่วงกระตุ้นการเกิดดอกเห็ดถั่งเช่าสีทอง พบว่า ภายใต้แสง สีเหลืองและแสงสีแดง เห็ดถั่งเช่าสีทองไม่สามารถพัฒนาเป็นดอกเห็ดได้ จึงได้ทดลองใช้แสงสีเทอร์คอยส์และแสงสีม่วง ทดแทนแสงสีแดงและแสงสีเหลือง พบว่าภายใต้แสงสีเขียวเห็ดถั่งเช่าสีทองให้น้ำหนักสดของดอกเห็ดต่อขวดสูงที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการผลิตร้อยละ 68 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแสงสีขาว แต่แตกต่างจากแสงสีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดอกเห็ดภายใต้แสงสีชมพู มีน้ำหนักสดต่อขวดน้อยที่สุด

**Li และคณะ, 2015** ได้ทำการศึกษาผลของความร้อนและเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ อะดีโนซีน และคอร์โดเซปิน คือทำการบดเห็ดให้ได้เป็นผงขนาด 200-mesh นำไปสกัดกับน้ำกลั่นอัตราส่วน ผงเห็ด 0.1 กรัม ต่อน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC ในสภาวะเฟสเคลื่อนที่เป็นเมทานอลต่อน้ำ (16:84) อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที ปริมาณการฉีด 10 ไมโครลิตร ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร ผลการทดลองคือการใช้อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และเวลาไม่เกิน 15 นาที จะทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งสองยังคงมีปริมาณมากที่สุด

**โรมลี เจตอเลาะ, 2561** ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีและความคงตัวของเยลลี่ลูกหยีระหว่างการเก็บรักษา ทำการเติมคาราจีแนนและเพกทินทดแทนเจลาตินร้อยละ 0, 50 และ 100 พบว่าการทดแทนเจลาตินด้วยคาราจีแนนที่ระดับร้อยละ 50 ตัวอย่างได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดคือ 7.70 (ความชอบระดับปานกลาง) ผลิตกัณฑ์ที่ได้มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี (Water Activity: aw) และค่าพีเอชเท่ากับ 0.84 และ 4.05 ตามลำดับ การประเมินอายุการเก็บรักษาสามารถบรรจุในถุงออลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์โดยมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินตามที่มาตรฐานกำหนด  $1 \times 10^4$  โคโลนี ต่อกรัมซึ่งให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ความชอบโดยรวมที่ระดับคะแนน 6.81 (ความชอบระดับเล็กน้อย) จากผลการทดลองคาราจีแนนร้อยละ 50 และเจลาตินร้อยละ 50 สามารถใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับการผลิตเยลลี่ลูกหยีฮาลาล

**Miake และคณะ, 2014** การศึกษาวิจัยผลของไซลิทอลในด้านต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยวิจัยทางคลินิกระบุว่าไซลิทอลปลอดภัยต่อการใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานและสามารถรักษาสมดุลของภาวะน้ำตาลในเลือดสูงได้ระดับหนึ่ง เพราะไซลิทอลจะให้พลังงานร้อยละ 50-60 ของน้ำตาลซูโครส และถูกดูดซึมจากระบบทางเดินอาหารได้ช้ากว่าน้ำตาลและจะค่อยๆ ปลดปล่อยพลังงานให้กับร่างกาย จึงเป็นเหตุผลในการใช้ไซลิทอลแทนน้ำตาลกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน สามารถควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ให้สูงเกินปกติได้ ดังนั้นการนำไซลิทอลมาใช้ทดแทนน้ำตาลทรายจึงให้ผลดีทั้งในแง่การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อและลดการผลิตกรดด้วย เมื่อกรดไม่ถูกผลิตขึ้น ความเป็นกรดต่างในคราบจุลินทรีย์จะไม่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติที่เป็นกลาง ส่งผลให้เชื้อที่เติบโตในคราบจุลินทรีย์เป็นเชื้อกลุ่มที่ไม่ก่อโรคฟันผุ

**ศิวาพร ศิวเวช, 2546** พบว่าสารบริสุทธิ์ของสตีวิโอไซด์มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว จุดหลอมเหลว 196-202 องศาเซลเซียส ไม่มีกลิ่น มีรสหวานมากและมักมีรสขมหรือรสขะเอนเล็กน้อยที่ปลายลิ้น โดยความขมของสารให้ความหวานเหล่านี้เกิดจากการจับกับตัวรับรสขม hTAS2R4 และ hTAS2R14 (Hellfritsch และคณะ, 2012) ละลายได้ดีในน้ำ เป็นสารที่ทนต่อความร้อนไม่ทำให้อาหารหรือสารผสมเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลคล้ำ ไม่ทำให้สารปรุงรสอื่นๆ เช่น เกลือ น้ำตาลทราย ผงชูรส น้ำส้มสายชูเปลี่ยนแปลงรสชาติเดิมแต่กลมกลืนกันได้ดี จึงเหมาะสมต่อการนำมาประกอบอาหาร รวมถึงละลายได้ดีในสารละลายกรดและด่างอ่อน รวมทั้งเป็นสารที่มีพิษเฉียบพลันต่ำและปลอดภัยสูงโดยการออกรสหวานของสารให้ความหวานในหญ้าหวานจะไม่เหมือนกับน้ำตาลทรายเพราะจะออกรส หวานซ่ำกว่าน้ำตาลทรายเล็กน้อยและรสหวานจะจางหายไปซ่ำกว่าน้ำตาลทราย

**Chupeerach และคณะ, 2561** ได้เลือกสารให้ความหวานสำหรับการพัฒนาўุ่นมะพร้าวคือ สตีวียอลไกลโคไซด์ เนื่องจากมีองค์ประกอบในการป้องกัน ปรับปรุงโรคอ้วน และมีส่วนผสมของสารยับยั้งไกลโคไลซิส เพื่อพัฒนาสูตรўุ่นมะพร้าวที่ส่งผลดีต่อสุขภาพมากขึ้นพบว่า ўุ่นมะพร้าวสูตรที่มีสตีวียอลไกลโคไซด์ทดแทนร้อยละ 50 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส มากกว่าสูตรอื่นๆ และเมื่อนำมาศึกษาระดับน้ำตาลในเลือดและอินซูลินเทียบกับสูตรควบคุมพบว่า มีแนวโน้มต่ำกว่า อาจเนื่องจากองค์ประกอบของสารอาหารมีน้ำตาลทั้งหมดต่ำกว่าและมีเส้นใยสูงกว่า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ўุ่นมะพร้าวที่มีการใช้สตีวียอลไกลโคไซด์อาจเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสำหรับผู้ที่มีสุขภาพดีหรือผู้ป่วยกลุ่มโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (NCDs) เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 วัสดุอุปกรณ์

##### 3.1.1 เชื้อจุลินทรีย์

###### 3.1.1.1 หัวเชื้อถั่งเช่าสีทอง

##### 3.1.2 สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ

###### 3.1.2.1 เอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 95

###### 3.1.2.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ )

###### 3.1.2.3 น้ำกลั่น

###### 3.1.2.4 กลูโคส

###### 3.1.2.5 ไข่ไก่

###### 3.1.2.6 ผงวุ้น

###### 3.1.2.7 ดักแด้นอนไหม

###### 3.1.2.8 มันฝรั่ง

###### 3.1.2.9 ข้าวโพดอ่อน

###### 3.1.2.10 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

###### 3.1.2.11 โซลิทอล

###### 3.1.2.12 กรดซิตริก

###### 3.1.2.13 โซลิทอล

###### 3.1.2.14 หย้าหวาน

###### 3.1.2.15 เพคติน

###### 3.1.2.16 เจลาติน

##### 3.1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

###### 3.1.3.1 เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge)

###### 3.1.3.2 เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (HPLC)

###### 3.1.3.3 เครื่องวัดสี

###### 3.1.3.4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส

###### 3.1.3.5 เครื่องชั่งสาร

###### 3.1.3.6 เครื่องตีบดผสมตัวอย่าง

###### 3.1.3.7 เครื่องทำแห้งสุญญากาศ (Vacuum oven)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 3.1.3.8 เครื่องฆ่าเชื้อแบบนิ่งด้วยไอน้ำ (Autoclave) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1.3.9 ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar air flow)
- 3.1.3.10 ซ้อนตักสารสแตนเลส
- 3.1.3.11 ฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 3.1.3.12 จานเพาะเชื้อ
- 3.1.3.13 ปีกเกอร์ขนาด 50 100 และ 250 มิลลิลิตร
- 3.1.3.14 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 3.1.3.15 เข็มเขี่ยเชื้อ
- 3.1.3.16 มีด
- 3.1.3.17 กระจกบด
- 3.1.3.18 Cork borer
- 3.1.3.19 ไมโครปิเปต
- 3.1.3.20 ขวดสีขาเก็บสาร
- 3.1.3.21 ขวดแก้ว
- 3.1.3.22 ผ้าขาวบาง
- 3.1.3.23 กระจกฉีดยา
- 3.1.3.24 ซ้อนตักสารเคมี
- 3.1.3.25 ขวดดูแรน
- 3.1.3.26 สำลี
- 3.1.3.27 ตู้เย็น
- 3.1.3.28 ตู้ปั๊ม

## 3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในถังเช่าสีทอง (ต้นตกร เต็มแก้ว, 2562)

### 3.2.1 การเตรียมหัวเชื้อเริ่มต้น

#### 3.2.1.1 การเตรียมหัวเชื้อในอาหาร PDA

นำดอกเห็ดที่ได้มาทำการฆ่าเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $H_2O_2$ ) เป็นเวลา 5 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วอีก 2 ครั้ง จากนั้นตัดเป็นชิ้นๆ ความยาวประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร นำชิ้นส่วนที่ตัดแล้วไปวางบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีอาหาร PDA ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นกรัมต่อลิตร ดังนี้ คือ มันฝรั่ง 200 กรัม ข้าวโพดอ่อน 50 กรัม กลูโคส 20 กรัม ไข่ไก่ 20 กรัม และผงวุ้น 20 กรัม จากนั้นนำไปหมักในที่มืด ที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

#### 3.2.1.2 การเตรียมหัวเชื้อในอาหารเหลว PDB

นำหัวเชื้อเริ่มต้นจากอาหารแข็ง PDA เสริม มาค็อกจำนวน 3 ชิ้น นำไปใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีอาหารเหลว PDB ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นกรัมต่อลิตร ดังนี้คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันฝรั่ง 200 ข้าวโพดอ่อน 50 และกลูโคส 20 จากนั้นนำไปเลี้ยงในที่มืดในเครื่องบ่มแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 160 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

### 3.2.1.3 การเตรียมหัวเชื้อในอาหารแข็งธัญพืช

เริ่มจากการเตรียมจุ่มข้าวไรซ์เบอร์รี่ โดยกรอกลงในขวดแก้ว ปริมาตร 50 มิลลิตร หลังจากนั้น นำหัวเชื้อเริ่มต้นจากอาหารเหลว PDB โดยใช้ autopipette ในการดูดหัวเชื้อจากอาหารเหลว ร้อยละ 5 ของอาหารทั้งหมด ใส่ลงกลางขวดแก้วที่เตรียมด้วยข้าวไรซ์เบอร์รี่ไว้ จากนั้นนำไปเลี้ยงในที่มืด ประมาณ 2 สัปดาห์ โดยให้มีความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60- 80 ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส หรือบ่มจนกว่าเกิดเส้นใยสีขาวเจริญเต็มผิวหน้าอาหาร และหลังจากนั้นนำไปให้แสงไฟแอลอีดีสีส้ม เพื่อให้แสงกระตุ้นให้เกิดเส้นใย โดยปรับอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 18-20 องศาเซลเซียส รอจนเกิดดอกเห็ด เป็นเวลา 30 วัน จึงทำการฉีดฮอร์โมน และเมื่อเวลาผ่านไป 45 วัน จึงเก็บเกี่ยวและทำการวิเคราะห์สารสำคัญ คือ คอร์โคไดเซปิน อะดีโนซีน และ พอลิแซ็กคาไรด์ เพื่อเก็บข้อมูลวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตกัมมีเยลลี่ถึงเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส



รูปที่ 3.1 การเจริญเติบโตของถึงเช่าสีทองในอาหารแข็งธัญพืช

### 3.2.2 การสกัดสารสำคัญในเห็ดถึงเช่าสีทอง

นำตัวอย่างผงเห็ดถึงเช่าสีทองมาชั่งน้ำหนัก 0.1 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิตร แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาสกัดด้วยตัวอัลตราโซนิก เป็นเวลา 45 นาที

### 3.2.3 การหาปริมาณสารสำคัญในเห็ดถึงเช่าสีทอง

#### 3.2.3.1 การหาปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์โคไดเซปินในเห็ดถึงเช่าสีทอง

##### 3.2.3.1.1 ขั้นตอนการสกัด

การสกัดโดยใช้น้ำบริสุทธิ์สูงเป็นตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:250 (ดอกเห็ดถึงเช่าสีทอง : น้ำบริสุทธิ์สูง) ชั่งดอกเห็ดถึงเช่า จำนวน 0.2 กรัม เติมน้ำบริสุทธิ์สูงจำนวน 2 มิลลิตร แล้วนำไปเข้าเครื่องเขย่าคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic sonicator) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที นำสารสกัดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แยกตะกอนกับส่วนใส จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มิมีเหตุใดแบบสงวนเนื้อหา และต้องอยู่จนถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

นำส่วนใสไปกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.2 ไมโครเมตร ใส่ลงใน ขวดเก็บสารละลาย (vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปฉีดหาสารคอร์โดเซปิน และสารอะดีโนซีนด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (ดัดแปลงจาก Li และคณะ, 2015)

### 3.2.3.1.2 การหาปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์โดเซปินด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (HPLC)

การหาปริมาณสารมาตรฐานในแต่ละความเข้มข้นด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงใช้คอลัมน์ C18 (ขนาด 3.5 ไมโครเมตร×250 มิลลิเมตร×4.6 มิลลิเมตร) โดยมีอัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิคอลัมน์คือ 40 องศาเซลเซียส ฉีดตัวอย่างเข้าคอลัมน์ 0.1 ไมโครลิตร เฟสเคลื่อนที่ใช้ อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำบริสุทธิ์คือ 15:85 วิเคราะห์ด้วยระยะเวลาการฉีด 17 นาทีต่อตัวอย่าง แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารจากพื้นที่ใต้กราฟมาทำโครมาโตแกรมจะได้กราฟมาตรฐานสมการเส้นตรงของสารโคอร์โดเซปินมาตรฐาน ได้สมการเส้นตรงคือ  $Y=ax+b$  ทำการหาปริมาณสารคอร์โดเซปิน และอะดีโนซีนจากตัวอย่างที่ได้หลังจากการคำนวณกราฟมาตรฐาน

### 3.2.3.2 การหาปริมาณสารพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดถั่งเช่าสีทอง

#### 3.2.3.2.1 ขั้นตอนการสกัด

ซึ่งตัวอย่างเห็ดถั่งเช่าสีทอง 0.4 กรัม เติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (vortex) แล้วใส่ในอ่างควบคุม อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พอครบเวลานำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสที่ได้มาตกตะกอนโดยใช้เอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 4 เท่าของปริมาตรตัวอย่าง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลง จาก Liu และคณะ, 2016) หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที 20 นาที เทส่วนใสที่นำตะกอนที่ได้ไปด้วยไนโตรเจนอย่างเบา แล้วเอาไปอบต่ออีก (จนกว่าตะกอนจะแห้ง) แล้วนำไปชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้

#### 3.2.3.2.2 การวิเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์ด้วยวิธีแอนโทรน (Dreywood, 1946)

เติมสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง (ได้มาจากน้ำหนักตัวอย่างหลังอบแห้งกับน้ำหนักหลอดเปล่า แล้วเติมน้ำกลั่น 10 เท่าของน้ำหนักตัวอย่างหลังอบ) จากนั้นนำหลอดไปแช่ในอ่างน้ำแข็งรอจนสารละลายเย็น เติมสารละลายแอนโทรนที่แช่เย็นลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน รอจนหลอดเย็นประมาณ 0 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 10 นาที หลังจากให้ความร้อนทำให้เย็นลงในอ่างน้ำแข็งอีกครั้ง และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร วิเคราะห์ค่าโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

## 3.3 การผลิตกัมมีเยลลี่ที่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส

### 3.3.1 การผลิตกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง

โดยมีขั้นตอนดังนี้ ต้มน้ำปริมาตรประมาณ 2 ลิตร แบ่งน้ำส่วนหนึ่งมาละลายเจลาตินให้เข้ากัน (ทำการบวมเจลาติน) น้ำอีกส่วนหนึ่งตั้งไฟต่อใส่ซิลิโกล หน้าหวาน กรดซิตริก คนให้เข้ากัน จากนั้นใส่สารละลายเจลาตินลงไป คนจนเจลาตินละลายหมด และค่อยๆ เพกตินลงไป ละลายให้เข้ากันอีกรอบจนเพกตินละลาย

หมด (กวนอย่างระมัดระวังอย่าให้เกิดฟอง) ร่อนจนอุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส แล้วค่อยๆ ใส่ถึงเข้าสีทองลงไป และคนให้เข้ากัน นำกัมมีเยลลี่ใส่พิมพ์ซิลิโคน พักทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปแช่เย็นข้ามคืน เมื่อเซตตัวแล้วนำผลิตภัณฑ์ออกจากพิมพ์ซิลิโคน บรรจุลงถุงปิดผนึก

ตารางที่ 3.1 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ตั้งต้น (ศุภชัย และคณะ, 2565)

ส่วนผสม	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
น้ำตาลทราย	68.4
เจลาติน	6
กรดซิตริก	0.5
กลีนิมะนาว	0.1
น้ำบริโกล	36

3.3.2 การแปรผันปริมาณปัจจัยปริมาณการเพคตินต่อค่าของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของการผลิตกัมมีเยลลี่

ตารางที่ 3.2 สูตรกัมมีเยลลี่ถึงเข้าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณเพคตินร้อยละ 0, 1 และ 2 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) (ดัดแปลงจาก ศุภชัย และคณะ, 2565)

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
	ร้อยละ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)		
ไซลิทอล	30	30	30
เจลาติน	12	12	12
เพคติน	0	1	2
กรดซิตริก	1	1	1
น้ำบริโกล	57	56	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การแปรผันปัจจัยปริมาณการเติมสารให้ความหวานทดแทนซูโครสที่แตกต่างกันที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของการผลิตกัมมีเยลลี่

ตารางที่ 3.3 สูตรกัมมีเยลลี่ถึงเข้าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณไซลิทอลและหญ้าหวานในอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
	ร้อยละ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)		
ไซลิทอล	29.9	29.85	29.8
หญ้าหวาน	0.1	0.15	0.2
เจลาติน	12	12	12
เพคติน	2	2	2
กรดซิตริก	1	1	1
น้ำบริโภค	55	55	55

### 3.3.4 การแปรผันปัจจัยปริมาณการเติมซิตริกต่อลักษณะทางกายภาพของการผลิตกัมมีเยลลี่

ตารางที่ 3.4 สูตรกัมมีเยลลี่ถึงเข้าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณของซิตริกร้อยละ 0.5, 1, 1.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
	ร้อยละ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)		
ไซลิทอล	29.8	29.8	29.8
หญ้าหวาน	0.2	0.2	0.2
เจลาติน	12	12	12
เพคติน	2	2	2
กรดซิตริก	0.5	1	1.5
น้ำบริโภค	55.5	55	54.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.5 การแปรผันปัจจัยปริมาณการเติมถั่งเช่าสีทองต่อค่าของลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของการผลิตกัมมีเยลลี่

ตารางที่ 3.5 สูตรกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ทำการแปรผันปริมาณของถั่งเช่าสีทองปริมาณร้อยละ 0.5, 1, 1.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

ส่วนผสม	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
	ร้อยละ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)		
โซลิตอล	29.9	29.9	29.9
หญ้าหวาน	0.1	0.1	0.1
เจลาติน	12	12	12
เพคติน	2	2	2
กรดซิตริก	0.5	1	1.5
ถั่งเช่าสีทอง	0.5	1	1.5
น้ำบริโกล	55	54	53

### 3.4 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

ในการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสโดยการให้กลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 30 คนมาทำการทดสอบและประเมินผลคุณลักษณะทางกายภาพต่อเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครสด้วยวิธี Hedonic scale 5 ระดับ นำค่าตัวเลขจากการประเมินมาประเมินโดยใช้ประสาทสัมผัส คุณลักษณะสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม เพื่อคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ใช้สารให้ความหวานทดแทน

การประเมินวิธี 5-point Hedonic scale ระดับได้แก่

คะแนนระดับที่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนระดับที่ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 3 = เฉยๆ

คะแนนระดับที่ 4 = ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 5 = ชอบมากที่สุด

### 3.5 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง

#### 3.5.1 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ทำการวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วย pH meter ซึ่งค่าความเป็นกรดนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณของกรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิทริกที่ใส่ลงไป โดยปกติก็มีเยลลี่จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ pH 2.8-3.5 โดย pH ที่เหมาะสมที่สุดคือ pH 3.2 ตามมาตรฐาน มอก.263-2521หรือปั่นให้ละเอียดก่อนทำการวัดสี จากนั้นทำการวัดค่าสีตัวอย่างละ 3 ซ้ำต่อหนึ่งการวัด ทำซ้ำไม่น้อยกว่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

### 3.5.3 การวัดค่าสี

ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสีของ Hunter Lab บันทึกค่าลักษณะ  $L^*-a^*-b^*$  โดยนำเยลลี่ไปบด

### 3.5.3 การวัดเนื้อสัมผัส

ทำการทดสอบเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) โดยใช้ Probe ชนิด Cylinder ซึ่งศึกษาค่าความแข็ง ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความทนต่อการเคี้ยว โดยจะตัดตัวอย่างให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร ขนาดกว้าง 1.25 เซนติเมตร ความยาว 4.8 เซนติเมตร ทำการวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสทั้งหมด 3 ซ้ำและหาค่าเฉลี่ย

## 3.6 การทดสอบสถานะในการเก็บรักษา

### 3.6.1 การตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหาร

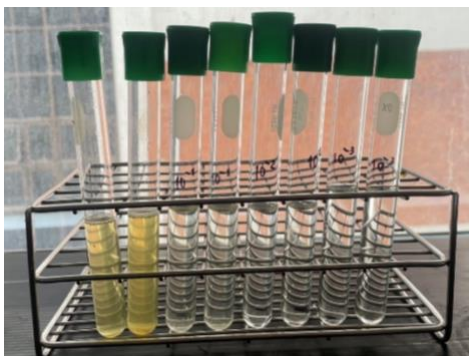
เมื่อได้สูตรที่มีผู้ยอมรับแล้วทำการเก็บตัวอย่างลงในบรรจุภัณฑ์ถุงซิปล็อคแบบซุ่น เป็นระยะเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แล้วทำการตรวจสอบปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยใช้วิธีทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่แห้ง ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^4$  โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี BAM ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม เชื้อ *Escherichia coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์ รา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

### 3.6.2 การตรวจสอบจุลินทรีย์

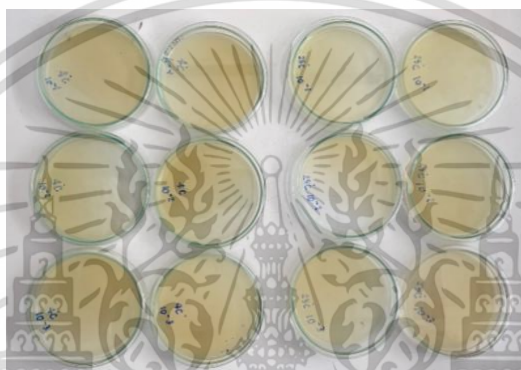
#### 3.6.2.1 การตรวจสอบเชื้อ *Staphylococcus aureus*

ซั่งตัวอย่าง 1 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในหลอดทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแล้วเติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากัน ทำการเจือจางตัวอย่างต่อไปด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยเจือจาง 3 ระดับการเจือจางได้แก่  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  จากนั้น ปิเปตตัวอย่างที่มีเยลลี่แต่ระดับความเจือจางมา 0.1 มิลลิลิตร ใส่ลงในผิวหน้าอาหารแข็ง BPA อย่างละ 3 จานเพาะเลี้ยง และใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อ โดยเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวหน้าอาหารแข็ง ตั้งทิ้งไว้ให้ผิวหน้าอาหารแข็งแห้ง จึงนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการตรวจดูโคโลนีที่ขึ้นบนจานอาหารแข็ง BPA โดยเลือกจานที่มีโคโลนีขึ้น 20-200 โคโลนี มาทำการนับและจดบันทึกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



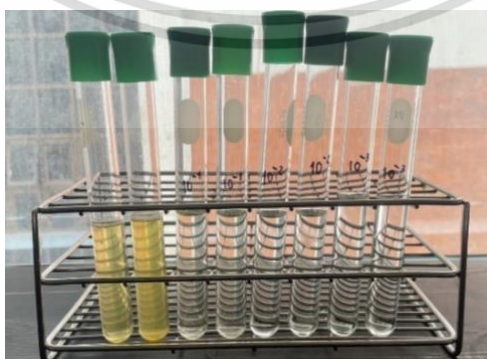
รูปที่ 3.2 การเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1



รูปที่ 3.3 การตรวจสอบโคโลนีของเชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยการ spread plate บนอาหาร BPA agar

#### 3.6.2.2 การตรวจสอบเชื้อ *Escherichia coli*

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในหลอดทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแล้ว เติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากัน จากนั้นจะทำการปิเปต ตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ทำการเจือจางความเข้มข้นกับสารละลายเกลือ 3 ระดับความเจือจางได้แก่  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  โดยทำวิธี Most probable number (MPN)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 3.4 การเจือจางตัวอย่างด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.85

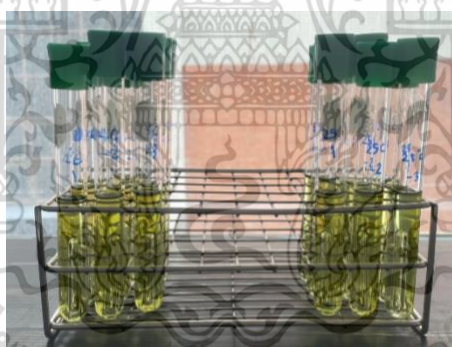
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตัวอย่างที่เจือจาง 3 ระดับ มาตรวจหา Coliform bacteria และ *Escherichia coli* ปริมาตร 1 มิลลิลิตรใส่หลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ LST Broth ปริมาตร 9 มิลลิลิตร โดยใส่หลอดดักแก๊ส (Durham tube) ลงไป ความเข้มข้นละ 3 หลอด รวมทั้งหมด 9 หลอด จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตแก๊สที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างที่การเจือจาง 3 ระดับในอาหารเลี้ยงเชื้อ LST Broth

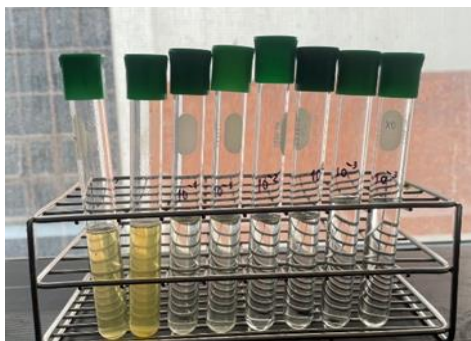
คัดเลือกหลอดที่เกิดแก๊สจาก LST Broth หลังจากบ่มแล้ว 24-48 ชั่วโมง แล้วตะของเหลวมาใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB Broth จากนั้นนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง สังเกตแก๊สที่เกิดขึ้น นำผลที่ได้ไปอ่านผลตามตาราง MPN เพื่อหาปริมาณ coliform bacteria



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างที่การเจือจาง 3 ระดับในอาหารเลี้ยงเชื้อ BGLB Broth

ในการตรวจสอบผล *Escherichia coli* คัดเลือกหลอดที่เกิดแก๊สจาก BGLB Broth หลังจากบ่มแล้ว 24-48 ชั่วโมง แล้วตะของเหลวมาใส่ใน EC Broth และนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 44 + 0.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างที่การเจือจาง 3 ระดับในอาหารเลี้ยงเชื้อ EC Broth

หลังจากนั้นตะขงเหลวจากหลอด EC Broth ที่เกิดแก๊สมา streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อ EMB agar ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง บันทึกผลของลักษณะ *Escherichia coli* ที่ได้จะมีลักษณะสีเขียวเข้มมีนวาคัลลายโลหะ (metallic sheen)



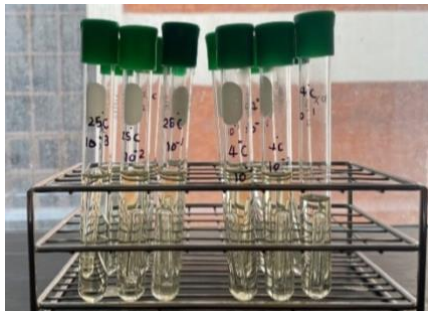
รูปที่ 3.8 การตรวจสอบโคโลนีของเชื้อ *Escherichia coli*

โดยการ streak plate บนอาหาร EMB Agar

### 3.6.2.3 การตรวจสอบยีสต์และรา

ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในหลอดทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแล้วเติมน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 0.85 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำไปผสมให้เข้ากัน จากนั้นจะทำการปิเปตตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร ทำการเจือจางความเข้มข้นกับสารละลายเกลือ 3 ระดับความเจือจางได้แก่  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  ซึ่งในการตรวจสอบครั้งนี้ จะใช้วิธีการ spread plate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การเจือจางตัวอย่างด้วยน้ำปราศจากเชื้อ

โดยจะปิเปตตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตรในแต่ละระดับความเจือจาง ความเจือจางละ 3 จานเพาะเชื้อ ลงในอาหารแข็ง PCA ผสม chloramphenicol ลงในจานเพาะเชื้อ ใช้แท่งแก้วปราศเชื้อในการเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วผิวหน้าอาหาร ทั้งไว้ผิวหน้าอาหารแห้ง และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน ถ้าไม่มีการเจริญบ่มต่ออีก 48 ชั่วโมง ทำการนับโคโลนีที่เกิดขึ้น ไม่ควรเกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารชุมชนของเยลลี่อ่อน



รูปที่ 3.10 การตรวจสอบโคโลนีของยีสต์และรา โดยการ spread บนอาหาร PCA Agar

### 3.7 การทดสอบทางสถิติ

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งวิเคราะห์สถิติโดยใช้โปรแกรม Minitab ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) และทำการหาค่าเฉลี่ยโดยวิธี Turkey

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานวิจัยและการอภิปรายผล

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทอง

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทองได้แก่ สารคอร์ไดเซปิน สารอะดีโนซีน พอลิแซคคาไรด์ ในการวิเคราะห์สารคอร์ไดเซปิน และสารอะดีโนซีน ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) พบว่ามีสารคอร์ไดเซปินและสารอะดีโนซีน เท่ากับ 2.7 และ 2.1 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (สุธิดา สิทธิเลิศ, 2564) ที่ปริมาณสารคอร์ไดเซปินมีปริมาณมากกว่าสารอะดีโนซีนในเห็ดถั่งเช่าสีทองจากการทดลอง โดยทำการสกัดแบบใช้เครื่องอัลตราซาวด์ในสภาวะต่างๆ โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสกัดสารออกฤทธิ์คอร์ไดเซปินและสารอะดีโนซีนในเห็ดถั่งเช่าสีทองพบว่าเมื่อใช้น้ำที่อุณหภูมิห้อง สภาวะในการสกัดที่ด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 50 และ sonication ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณสารคอร์ไดเซปินและสารอะดีโนซีนเท่ากับ 7.12 และ 0.42 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง อาจเนื่องมาจากความแตกต่างกันทางด้านสายพันธุ์ ความแข็งแรงของสายพันธุ์ วิธีการเพาะเลี้ยง สภาพแวดล้อม ระยะเวลาที่ใช้เพาะเลี้ยง องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อ pH แสง รวมไปถึงขั้นตอนการสกัดและการวิเคราะห์ (Aramwit และคณะ, 2014 ; Adnan และคณะ, 2017) และปัจจัยสำคัญของกระบวนการที่มีผลต่อปริมาณสารสกัดและฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ กำลังไฟฟ้า และระยะเวลาในการสกัด นอกจากนี้ การใช้ความร้อนยังมีส่วนช่วยให้การสกัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Pan และคณะ, 2012)

ในการวิเคราะห์หาปริมาณพอลิแซคคาไรด์ในถั่งเช่าสีทอง โดยใช้ตัวอย่างจากสารสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทองที่นำไปหาปริมาณพอลิแซคคาไรด์ด้วยวิธีแอนโทรน พบว่ามีปริมาณพอลิแซคคาไรด์ เท่ากับ 14.17 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งมีปริมาณมากกว่าของงานวิจัย (จุฑารัตน์ และคณะ, 2559) โดยทำการหาปริมาณพอลิแซคคาไรด์ในถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีฟินอล-ซัลฟูริกและวัดน้ำตาลรีดิวซ์ พบว่ามีพอลิแซคคาไรด์สูงสุดคือ 1.20 มิลลิกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งแตกต่างกันที่แหล่งไนโตรเจนมีผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมในเห็ดถั่งเช่าสีทองจึงทำให้มีปริมาณพอลิแซคคาไรด์ที่แตกต่างกัน (รัตนะ, 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของเพศดินที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยด้านต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณสารก่อเจลในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
102	3.12 <sup>b</sup>	4.60 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	4.71 <sup>a</sup>	3.91 <sup>b</sup>
104	2.90 <sup>b</sup>	4.61 <sup>a</sup>	2.11 <sup>a</sup>	4.67 <sup>a</sup>	3.76 <sup>b</sup>
106	4.73 <sup>a</sup>	4.57 <sup>a</sup>	2.11 <sup>a</sup>	4.72 <sup>a</sup>	4.51 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1) สูตร 102 หมายถึง ไม่เติมเพศดิน

2) สูตร 104 หมายถึง เติมเพศดินร้อยละ 1

3) สูตร 106 หมายถึง เติมเพศดินร้อยละ 2

4) a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ในการวิเคราะห์ปริมาณของสารก่อเจลในผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่โดยใช้เพศดินและเจลาตินในการผลิตกัมมีเยลลี่ และได้ทำการทดสอบทางการยอมรับประสาทสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทำการทดสอบโดยการแปรผันปริมาณเพศดินที่ใช้ปริมาณร้อยละ 0, 1 และ 2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและวิเคราะห์ทางสถิติ จากทั้ง 3 สูตรพบว่ากัมมีเยลลี่ในสูตรที่ 106 ที่มีปริมาณเพศดินที่ใช้ปริมาณร้อยละ 2 ได้รับคะแนน ลักษณะที่ปรากฏ และความชอบโดยรวมมากที่สุด 4.73 และ 4.51 ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ซึ่งปริมาณเพศดินส่งผลต่อการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยปริมาณเพศดินจะส่งผลให้ความชอบด้านเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ของลดลง ถ้าใส่เพศดินมากเกินไปเนื้อสัมผัสจะมีการยืดหยุ่น ไม่มีความแข็ง จึงนำเพศดินร้อยละ 2 เป็นสูตรที่ได้รับคัดเลือกเพื่อนำไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จากเครื่อง texture analyzer

ปริมาณเพคติน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	คุณสมบัติทางกายภาพ			
	ความแข็ง	ความทนต่อการเคี้ยว	ความเหนียว	ความยืดหยุ่น
ร้อยละ 0	90.42 N	0.2134 Nm	63.49 N	3.3068mm
ร้อยละ 1	89.15 N	0.21 Nm	62.60 N	3.3401mm
ร้อยละ 2	58.40 N	0.12 Nm	37.49 N	3.3566 mm

ปริมาณเพคตินที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสมีความยืดหยุ่นมากขึ้น แต่ค่าความแข็ง, ความทนต่อการเคี้ยว และความเหนียวมีค่าลดลง โดยพบว่า ปริมาณเพคตินร้อยละ 2 ที่ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีความแข็ง 58.40 N, ความทนต่อการเคี้ยว 0.12 นิวตันเมตร ความเหนียว 37.49 นิวตัน และความยืดหยุ่น 3.3566 มิลลิเมตร จะสอดคล้องกับงานวิจัย (กอบจันทร์ จันทรโพธิ์ และคณะ, 2558) ที่ส่วนการก่อเจลของเพคตินและลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อเทียบกับเจลาติน จะมีค่าความแข็งตัวน้อย เจลที่ได้มีลักษณะเนื้อบางอ่อนขณะทดลอง จึงได้มีการใช้เพคตินช่วยเสริมการเกิดเจลในเจลาติน สอดคล้องกับการศึกษาของ (Laura, 2001) ซึ่งจากการศึกษาโครงสร้างของเพคตินและเจลาตินในเยลลี่ พบว่าเนื้อเจลที่ได้จากเพคตินจะมีความแข็งแรงน้อย มีความเปราะบางและส่งผลให้มีค่าบดเคี้ยวน้อยและง่ายต่อการเคี้ยว จึงเพิ่มส่วนผสมเพคตินเข้าไปในผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยลดการเกิดเจลในเจลาติน

ตารางที่ 4.3 ผลการศึกษาค่าการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

ปริมาณเพคติน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ร้อยละ 0	3.8
ร้อยละ 1	3.7
ร้อยละ 2	3.8

จากการวิเคราะห์ค่า pH พบว่าปริมาณเพคตินร้อยละ 0, 1 และ 2 มีค่า pH อยู่ที่ 3.8, 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ ซึ่งยังไม่อยู่ในมาตรฐานมอก.263-2521 ที่อยู่ในช่วง pH 2.8-3.5 แต่ในปริมาณเพคตินร้อยละ 2 ที่ได้คะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค จึงนำสูตรนี้ไปพัฒนาต่อไปในการแปรรูปปัจจัยการเติมซิติริกเพื่อให้ pH เป็นไปตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการศึกษาการวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter Lab)

ปริมาณเพคติน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	การวิเคราะห์ค่าสี		
	L*	a*	b*
ร้อยละ 0	40.94	-0.57	0.05
ร้อยละ 1	34.48	-0.24	1.86
ร้อยละ 2	32.74	1.86	4.06

จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ปริมาณของเพคตินในสูตรที่ทำการแปรผันปริมาณเพคตินร้อยละ 0 และยังไม่มีการเติมถึงเข้าสีทอง ทำให้กัมมีเยลลีเป็นสีใส ทำให้มีค่าลักษณะ L\* สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญโดยมีค่าเท่ากับ 40.94 เนื่องมาจากการวัดค่าสี ถ้าค่า L\* เข้าใกล้ 100 หรือมีค่ามาก แสดงว่าตัวอย่างนั้นมีความสว่างมาก และค่า a\* ถ้ามีผลบวกสูงแสดงว่าตัวอย่างนั้นมีสีแดงและค่า b\* ถ้ามีผลบวกสูงแสดงว่าตัวอย่างนั้นมีสีเหลือง (อรุณทิพย์ และคณะ 2555) และลักษณะของกัมมีเยลลีที่ปรากฏมีสีเหลืองใส ที่ปริมาณเพคตินร้อยละ 0 มีค่าลักษณะ L\*-a\*-b\* อยู่ที่ 40.94, -0.57 และ 0.05 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณของเพคตินแล้ว

ส่วนผสม	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
น้ำตาลทราย	30
เจลาติน	12
เพคติน	2
กรดซิตริก	0.5
น้ำบริโภคน้ำ	55.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของสารให้ความหวานจากไซลิทอลและหญ้าหวานทดแทนซูโครสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยด้านต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณไซลิทอลและหญ้าหวานในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
202	4.90 <sup>a</sup>	4.52 <sup>a</sup>	2.13 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>
204	4.78 <sup>a</sup>	4.69 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	2.91 <sup>b</sup>	3.92 <sup>b</sup>
206	4.71 <sup>a</sup>	4.64 <sup>a</sup>	2.15 <sup>a</sup>	2.39 <sup>b</sup>	3.49 <sup>b</sup>

หมายเหตุ 1) สูตร 202 หมายถึง การแปรผันปริมาณสารให้ความหวานปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ในอัตราส่วน 29.9:0.1 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

2) สูตร 204 หมายถึง การแปรผันปริมาณสารให้ความหวานปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ในอัตราส่วน 29.85:0.15 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

3) สูตร 206 หมายถึง การแปรผันปริมาณสารให้ความหวานปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ในอัตราส่วน 29.8:0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

4) a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ในการวิเคราะห์ปริมาณของสารให้ความหวานจากไซลิทอลและหญ้าหวานทดแทนซูโครสที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมี่เยลลี่ เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยทำการทดสอบโดยการแปรผันปริมาณสารให้ความหวานปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ใช้ปริมาณในอัตราส่วน 29.9 : 0.1 , 29.85 : 0.15 , 29.8 : 0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าสูตรที่ 202 กัมมี่เยลลี่ที่มีปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจากไซลิทอล และหญ้าหวานในอัตราส่วน 29.9:0.1 ได้รับคะแนนความยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น ความหวาน และ ความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 4.9 , 2.1 , 4.6 และ 4.6 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ 202 กับสูตรที่ 204 และ 206 ที่มีค่าการประเมินด้านความหวานอยู่ที่ 2.91 และ 2.39 ซึ่งหมายความว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับไม่ชอบมาก และเฉยๆ ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จึงได้ทำการคัดเลือกสูตรที่ 202 กัมมี่เยลลี่ที่มีปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลจากไซลิทอล และหญ้าหวานในอัตราส่วน 29.9:0.1 มาพัฒนาในการทำกัมมี่เยลลี่ต่อไป เนื่องจากในสูตรที่ใช้น้ำตาลหญ้าหวานมากไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด ทำให้เกิดรสชาติหวานและขมที่ปลายลิ้น เนื่องจากหญ้ามีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย 150 - 300 เท่า สอดคล้องกับงานวิจัย (ศรินทร สุวรรณรงค์ และคณะ, 2562) หญ้าหวานมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากตัวอย่างอื่น ๆ คือรสชาติขมค้างในปากซึ่งน้ำใบหญ้าหวาน จะมีปริมาณสารประกอบ phenolic มาก อาจเป็นสาเหตุทำให้มีรสฝาดและมีความรู้สึกค้างในปาก จึงนำสูตรไซลิทอลต่อหญ้าหวานอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1 เป็นสูตรที่ได้รับคัดเลือกเพื่อนำไปทำการทดลองในขั้นต่อไป

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จากเครื่อง texture analyzer

ไซลิทอลต่อหญ้าหวาน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	คุณสมบัติทางกายภาพ			
	ความแข็ง	ความทนต่อการเคี้ยว	ความเหนียว	ความยืดหยุ่น
ร้อยละ 29.9:0.1	45.99 N	0.07 Nm	22.09 N	3.24 mm
ร้อยละ 29.85:0.15	38.39 N	0.04 Nm	12.90 N	3.28 mm
ร้อยละ 29.8:0.2	34.32 N	0.04 Nm	12.28 N	3.19 mm

จากคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer ในการแปรผันปริมาณสารให้ความหวานจากไซลิทอลและหญ้าหวาน พบว่า ไซลิทอลต่อหญ้าหวานในอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1 ที่ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีความแข็ง, ความทนต่อการเคี้ยว, ความเหนียว และความยืดหยุ่น 45.99 นิวตัน, 0.07 นิวตันเมตร, 22.09 นิวตัน และ 3.24 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งโครงสร้างของไซลิทอลมีผลต่อการก่อเจล เนื่องจากไซลิทอลเป็นสารให้ความหวาน การทำงานร่วมกับสารก่อเจลไม่ดีเทียบเท่าซูโครส

ตารางที่ 4.8 ผลการศึกษาการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

ปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวาน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ร้อยละ 29.9:0.1	3.7
ร้อยละ 29.85:0.15	3.7
ร้อยละ 29.8:0.2	3.7

จากการวิเคราะห์ค่า pH พบว่าปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวานอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 มีค่า pH อยู่ที่ 3.7 ซึ่งยังไม่อยู่ในมาตรฐานมอก.263-2521 ที่อยู่ในช่วง pH 2.8-3.5 จึงนำสูตรปริมาณไซลิทอลต่อหญ้าหวานอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1 ที่ได้คะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ไปพัฒนาต่อไปในการแปรผันปัจจัยการเติมซิติริกเพื่อให้ pH เป็นไปตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาการวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter Lab)

ปริมาณโซลิตอลต่อหญ้าหวาน (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	การวิเคราะห์ค่าสี		
	L*	a*	b*
ร้อยละ 29.9:0.1	30.11	0.69	7.88
ร้อยละ 29.85:0.15	31.32	0.59	6.97
ร้อยละ 29.8:0.2	31.46	0.50	7.23

จากคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่องวัดสี ในการแปรผันปริมาณสารให้ความหวานจากโซลิตอลและหญ้าหวาน พบว่า โซลิตอลต่อหญ้าหวานในอัตราส่วน 29.9:0.1 ที่ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีค่า L\*, a\* และ b\* เท่ากับ 30.11, 0.69 และ 7.88 โดยปริมาณสารให้ความหวานไม่ส่งผลต่อค่า L\*, a\* และ b\* ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณโซลิตอลต่อหญ้าหวานแล้ว

ส่วนผสม	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
อัตราส่วนโซลิตอลต่อหญ้าหวาน	29.9:0.1
เจลาติน	12
เพคติน	2
กรดซิตริก	0.5
น้ำบริโภคน้ำ	57.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของกรดซิติริกที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่

ตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยด้านต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณซิติริกในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความชอบโดยรวม
302	4.90 <sup>a</sup>	4.66 <sup>a</sup>	2.07 <sup>a</sup>	3.38 <sup>b</sup>	3.69 <sup>b</sup>
304	4.87 <sup>a</sup>	4.57 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	3.66 <sup>b</sup>	3.72 <sup>b</sup>
306	4.79 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>	2.17 <sup>a</sup>	4.56 <sup>a</sup>	4.60 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1) สูตร 302 หมายถึง เต็มซิติริกร้อยละ 0.5

2) สูตร 304 หมายถึง เต็มซิติริกร้อยละ 1

3) สูตร 306 หมายถึง เต็มซิติริกร้อยละ 1.5

4) a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ในการวิเคราะห์ปริมาณของกรดซิติริกที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมีเยลลี่ โดยทำการทดสอบโดยการแปรผันปริมาณของกรดซิติริกที่ร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากัมมีเยลลี่ที่มีปริมาณซิติริกที่ร้อยละ 1.5 ได้รับคะแนนการประเมินทางประสาทสัมผัสมากที่สุดในด้านความเปรี้ยวและความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 4.56 และ 4.60 ตามลำดับ ปริมาณของกรดซิติริกที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้คะแนนความชอบด้านความเปรี้ยวและความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.12 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จากเครื่อง texture analyzer

ปริมาณซิติริก (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	คุณสมบัติทางกายภาพ			
	ความแข็ง	ความทนต่อการเคี้ยว	ความเหนียว	ความยืดหยุ่น
ร้อยละ 0.5	40.30 N	0.09 Nm	25.89 N	3.34 mm
ร้อยละ 1	39.98 N	0.06 Nm	18.69 N	3.36 mm
ร้อยละ 1.5	39.54 N	0.05 Nm	16.04 N	3.28 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer ในการแปรผันปริมาณกรดซิตริก พบว่า กรดซิตริกร้อยละ 1.5 ที่ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีความแข็ง, ความทนต่อการเคี้ยว, ความเหนียว และความยืดหยุ่น เท่ากับ 39.54 นิวตัน, 0.05 นิวตันเมตร, 16.04 นิวตัน และ 3.28 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณของกรดซิตริกที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการรบกวนการก่อเจล ทำให้ความสามารถในการก่อเจลลดลง จึงทำให้ค่าความแข็ง, ความทนต่อการเคี้ยว, ความเหนียวและความยืดหยุ่นลดลง

ตารางที่ 4.13 ผลการศึกษาการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

ปริมาณซิตริก (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ร้อยละ 0.5	3.5
ร้อยละ 1	3.4
ร้อยละ 1.5	3.3

ผลการวิเคราะห์ในการวัดค่า pH ก็มีเยลลี่ ด้วย pH Meter พบว่าปริมาณซิตริกร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) มีค่า pH อยู่ที่ 3.5, 3.4 และ 3.3 ตามลำดับ โดยเมื่อปริมาณซิตริกเพิ่มขึ้น ค่า pH จะลดลงตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมในช่วงระหว่าง pH 2.8-3.5 ตามมาตรฐาน มอก.263-2521

ตารางที่ 4.14 ผลการศึกษาการวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter Lab)

ปริมาณซิตริก (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	การวิเคราะห์ค่าสี		
	L*	a*	b*
ร้อยละ 0.5	30.80	0.47	6.95
ร้อยละ 1	30.45	0.60	7.22
ร้อยละ 1.5	30.74	0.51	7.00

จากคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่องวัดสี ในการแปรผันปริมาณกรดซิตริก พบว่า ปริมาณซิตริกในร้อยละ 1.5 ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีค่า L\*, a\* และ b\* มีค่าเท่ากับ 30.74, 0.51 และ 7.05 เนื่องจากกรดซิตริกเป็นผลไม้ มีสีใส จึงทำให้ปริมาณกรดซิตริกไม่ส่งผลต่อค่า L\*, a\* และ b\* ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางนัยสำคัญทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณของกรดซิตริก โดยคัดเลือกที่กรดซิตริกร้อยละ 1.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

ส่วนผสม	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
อัตราส่วนโซลิตอลต่อหญ้าหวาน	29.9:0.1
เจลาติน	12
เพคติน	2
กรดซิตริก	1.5
น้ำบริโกล	54.5

#### 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่

ตารางที่ 4.16 ค่าเฉลี่ยด้านต่างๆของการยอมรับทางประสาทสัมผัสในการแปรผันปริมาณถั่งเช่าสีทองในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
402	3.56 <sup>a</sup>	3.44 <sup>a</sup>	2.43 <sup>a</sup>	3.63 <sup>b</sup>	3.51 <sup>b</sup>
404	3.31 <sup>a</sup>	3.34 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	2.60 <sup>a</sup>	3.09 <sup>a</sup>
406	3.24 <sup>a</sup>	3.29 <sup>a</sup>	2.27 <sup>a</sup>	1.87 <sup>a</sup>	2.78 <sup>a</sup>

หมายเหตุ 1) สูตร 402 หมายถึง เติมถั่งเช่าร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

2) สูตร 404 หมายถึง เติมถั่งเช่าร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

3) สูตร 406 หมายถึง เติมถั่งเช่าร้อยละ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

4) a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

ในการวิเคราะห์ปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมต่อการผลิตกัมมีเยลลี่ โดยทำการทดสอบโดยการแปรผันปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่ร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ากัมมีเยลลี่ที่มีปริมาณถั่งเช่าสีทองร้อยละ 0.5 ได้รับความยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด เนื่องจากการใส่ถั่งเช่าในปริมาณที่มากเกินไป

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะทำให้เนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่อ่อนตัวลง จึงนำสูตรปริมาณถั่งเช่าสีทองร้อยละ 0.5 เป็นสูตรที่ได้รับคัดเลือกเพื่อเป็นสูตรสำเร็จของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส

ตารางที่ 4.17 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จากเครื่อง texture analyzer

ปริมาณถั่งเช่าสีทอง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	คุณสมบัติทางกายภาพ			
	ความแข็ง	ความทนต่อการเคี้ยว	ความเหนียว	ความยืดหยุ่น
ร้อยละ 0.5	24.55 N	0.06 Nm	13.78 N	4.20 mm
ร้อยละ 1	17.59 N	0.04 Nm	10.31 N	4.15 mm
ร้อยละ 1.5	13.57 N	0.03 Nm	8.20 N	4.24 mm

จากคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer ในการแปรผันปริมาณถั่งเช่าสีทอง พบว่าถั่งเช่าร้อยละ 0.5 ที่ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ซึ่งมีค่าความแข็ง ความทนต่อการเคี้ยว, ความเหนียว และความยืดหยุ่น เท่ากับ 24.55 นิวตัน, 0.06 นิวตันเมตร, 13.78 นิวตัน และ 4.20 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้เนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่ไม่คงตัว ส่งผลให้ค่าความแข็ง, ความทนต่อการเคี้ยว, ความเหนียว และความยืดหยุ่น มีค่าลดลง เนื่องจากถั่งเช่าสีทองมีผลต่อความคงตัวและแรงดึงของกัมมีเยลลี่

ตารางที่ 4.18 ผลการศึกษาค่าการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

ปริมาณถั่งเช่าสีทอง (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)
ร้อยละ 0.5	3.4
ร้อยละ 1	3.4
ร้อยละ 1.5	3.4

จากการวิเคราะห์ค่า pH พบว่าปริมาณถั่งเช่าสีทอง พบว่าถั่งเช่าร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 มีค่า pH อยู่ที่ 3.4 ซึ่งอยู่ในมาตรฐานมอก.263-2521 ที่อยู่ในช่วง pH 2.8-3.5 จึงเลือกสูตรปริมาณถั่งเช่าสีทองร้อยละ 0.5 ที่ได้คะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เป็นผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่ใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ผลการศึกษาการวิเคราะห์สีที่ได้จากเครื่องวัดสี (Hunter Lab)

ปริมาณ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)	การวิเคราะห์ค่าสี		
	L*	a*	b*
ร้อยละ 0.5	22.82	11.67	27.84
ร้อยละ 1	16.34	11.80	25.04
ร้อยละ 1.5	14.63	12.37	37.64

จากคุณสมบัติทางกายภาพที่วัดได้จากเครื่องวัดสี ในการแปรผันปริมาณถึงเข้าสีทอง พบว่า ปริมาณถึงเข้าในร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนมากที่สุดจากการยอมรับทางประสาทสัมผัส มีค่า L\*, a\* และ b\* มีค่าเท่ากับ 22.82, 11.67 และ 27.84 โดยปริมาณถึงเข้าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กัมมีเยลลีมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากรงควัตถุในถึงเข้าสีทองมีสีส้ม ค่า L\* จึงมีค่าลดลง แต่ a\* และ b\* มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ (อรุณทิพย์ และคณะ 2555) ค่า a\* ถ้ามีผลบวกสูงแสดงว่าตัวอย่างนั้นมีสีแดงและค่า b\* ถ้ามีผลบวกสูงแสดงว่าตัวอย่างนั้นมีสีเหลือง

ตารางที่ 4.20 สูตรของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลีที่ทำการแปรผันปัจจัยปริมาณถึงเข้าสีทอง โดยคัดเลือกที่ร้อยละ 0.5 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก)

ส่วนผสม	ร้อยละ (น้ำหนัก/น้ำหนัก)
อัตราส่วนโซลิตอลต่อหญ้าหวาน	29.9:0.1
เจลาติน	12
เพคติน	2
กรดซิตริก	1.5
ถึงเข้าสีทอง	0.5
น้ำบริโกล	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการศึกษาสภาวะในการเก็บรักษากัมมีเซลล์ถึงเข้าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส  
ตารางที่ 4.21 การตรวจนับจุลินทรีย์ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน

วัน	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัมกัมมีเซลล์)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	<i>E.coli</i>	<i>S. aureus</i>	ยีสต์ และรา
จุลินทรีย์ตาม ข้อกำหนด มผช.	$< 1 \times 10^4$	$< 3$	ต้องไม่พบ	$< 100$
1	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
14	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : มาตรฐานข้อกำหนดจำนวนจุลินทรีย์อ้างอิงจากภาคผนวก ข. ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่อ่อน

จากผลการทดลองการตรวจนับจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่อ่อนของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด การตรวจนับ *E.coli* การตรวจนับ *S. aureus* การตรวจนับยีสต์ และรา ตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

ตารางที่ 4.22 การตรวจนับจุลินทรีย์ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน

วัน	ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัมกัมมีเซลล์)			
	จุลินทรีย์ทั้งหมด	<i>E.coli</i>	<i>S. aureus</i>	ยีสต์ และรา
จุลินทรีย์ตาม ข้อกำหนด มผช.	$< 1 \times 10^4$	$< 3$	ต้องไม่พบ	$< 100$
0	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
14	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

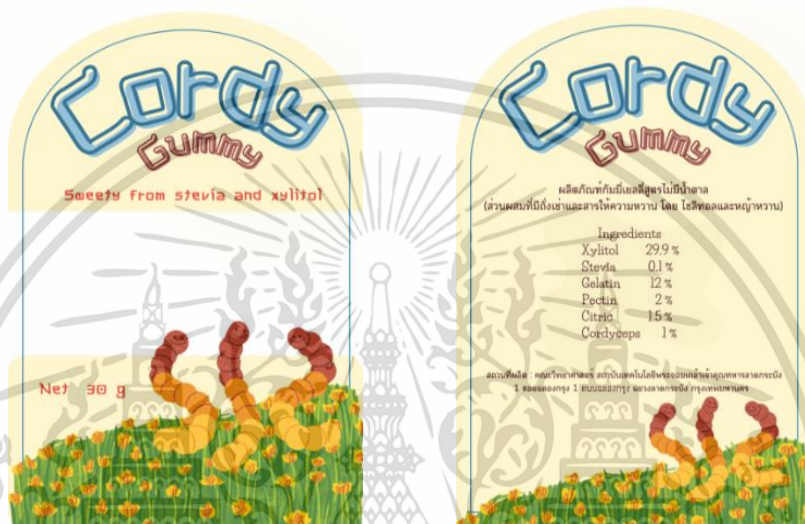
หมายเหตุ : มาตรฐานข้อกำหนดจำนวนจุลินทรีย์อ้างอิงจากภาคผนวก ข. ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่อ่อน

จากผลการทดลองการตรวจนับจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่อ่อนของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าการตรวจนับจุลินทรีย์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

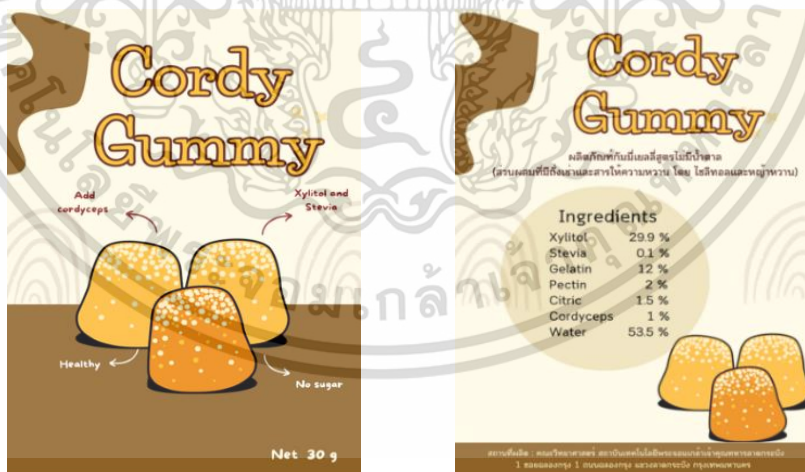
ทั้งหมด การตรวจนับ *E.coli* , *S. aureus* รวมทั้งยีสต์ และรา ตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

#### 4.7 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคจำนวน 30 คน ที่มีต่อฉลากบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านต่างๆ ได้แก่ ตัวอักษรที่โดดเด่น ความน่าสนใจ สี สีสัน และความชอบโดยรวม

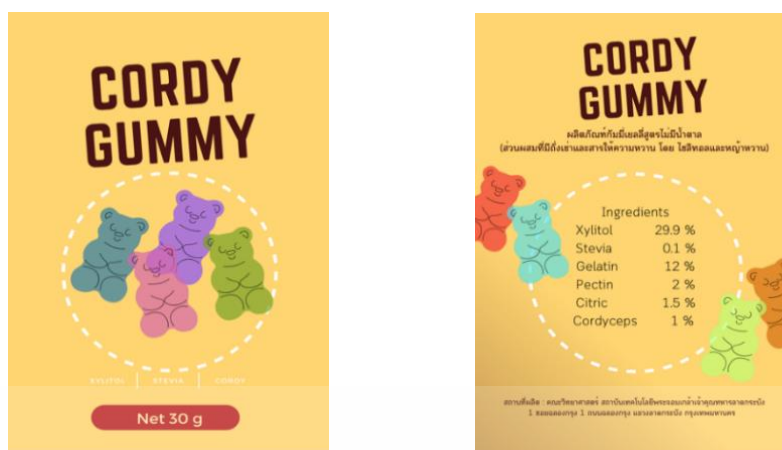


รูปแบบที่ 1 ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง



รูปแบบที่ 2 ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแบบที่ 3 ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

ตารางที่ 4.23 ผลของการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์

แบบบรรจุภัณฑ์	ความพึงพอใจด้านบรรจุภัณฑ์					
	ความเหมาะสมของตัวอักษร	ความเหมาะสมของภาพประกอบ	ความเหมาะสมของสี	การจัดองค์ประกอบสมดุลกัน	ความน่าสนใจ	ความชอบโดยรวม
1	3.60 <sup>b</sup>	3.90 <sup>b</sup>	4.03 <sup>b</sup>	3.93 <sup>b</sup>	3.87 <sup>b</sup>	4.07 <sup>b</sup>
2	4.47 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	4.53 <sup>a</sup>	4.67 <sup>a</sup>	4.53 <sup>a</sup>	4.57 <sup>a</sup>
3	3.87 <sup>b</sup>	3.87 <sup>b</sup>	3.93 <sup>b</sup>	3.90 <sup>b</sup>	3.70 <sup>b</sup>	3.77 <sup>b</sup>

หมายเหตุ 1) a-b อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

จากการสำรวจความพึงพอใจต่อฉลากบรรจุภัณฑ์ที่มีต่อผู้บริโภค 30 คน พบว่า คะแนนความพึงพอใจต่อรูปแบบการบรรจุภัณฑ์ที่มีค่าสูงสุดในฉลากบรรจุภัณฑ์ที่ 2 ในด้านความเหมาะสมของตัวอักษร ความเหมาะสมของภาพประกอบ ความเหมาะสมของสี การจัดองค์ประกอบสมดุลกัน ความน่าสนใจ และความชอบโดยรวมซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47, 4.50, 4.53, 4.67, 4.53 และ 4.57 ตามลำดับซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้จะใช้แบบบรรจุภัณฑ์ที่ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด นั่นก็คือ แบบบรรจุภัณฑ์ที่ 2 และรองลงมาคือ แบบบรรจุภัณฑ์ที่ 1 ซึ่งมี ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.60, 3.90, 4.03, 3.93, 3.87 และ 4.07 ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ใช้สำหรับการผลิตกัมมีเยลลี่ที่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่ามีสารคอร์ไดซิปีนและสารอะดีโนซีนเท่ากับ 3.7 และ 2.1 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ สกัดจากเห็ดถั่งเช่าสีทอง 14.17 มิลลิกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครสได้คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือสูตรที่มีอัตราส่วนผสมของที่ปริมาณเพคตินร้อยละ 2 ปริมาณเจลาตินร้อยละ 12 ปริมาณสารให้ความหวานทดแทนซูโครสจากไซลิทอลและหญ้าหวานในอัตราส่วนร้อยละ 29.9:0.1 ปริมาณชิตริกที่ร้อยละ 1.5 น้ำร้อยละ 54 และถั่งเช่าสีทองร้อยละ 0.5 เป็นปริมาณที่เหมาะสมสุดได้รับคะแนนความยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด โดยเป็นปริมาณที่ให้รสชาติความเปรี้ยวหวานของเยลลี่มีความเหมาะสมและได้รับคะแนนความยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด

เมื่อนำผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่สูตรที่เหมาะสมที่สุดไปทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) มีค่าความแข็ง ความทนต่อการเคี้ยว ความเหนียว ความยืดหยุ่น มีค่าอยู่ที่ 24.5460 นิวตัน, 0.0578 นิวตันเมตร, 13.78 นิวตัน, 4.2028 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อวัดด้วยเครื่องวัดสีค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  มีค่า 22.82, 11.67 และ 27.84 ตามลำดับ ซึ่งผลิตภัณฑ์มีสีเหลืองส้ม

จากการตรวจนับจุลินทรีย์ตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่อ่อน มผช.520/2547 และประกาศกระทรวงสาธารณสุขของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิปกติเป็นเวลา 14 วัน ผลการทดลองพบว่าการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด การตรวจนับ *E.coli* การตรวจนับ *S. aureus* การตรวจนับยีสต์ และรา ตรวจไม่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 14 วัน

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวัดสี และค่า pH ควรนำกัมมีเยลลี่ทางการค้ามาใช้ในการเปรียบเทียบร่วมด้วย เพื่อใช้ในการพิจารณาเลือกสูตรที่ดีที่สุดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และในการการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่ได้จากเครื่อง texture analyzer ควรวัดตัวอย่าง 20-30 ซ้ำ เพื่อความเที่ยงตรงของผลการทดลอง

การตรวจนับจุลินทรีย์ควรตรวจมากกว่า 14 วัน และควรหาอายุการเก็บรักษาว่าสามารถเก็บได้นานมากที่สุดกี่วัน

ในการเลือกภาชนะบรรจุภัณฑ์ควรทราบชนิดและรายละเอียดของวัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เนื่องจากภาชนะและวัสดุบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการเก็บรักษา และการออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ควรออกแบบฉลากที่แสดง ฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจีดี อ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 394 พ.ศ. 2522 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อยอด และนำไปสู่การขายในท้องตลาดได้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2556. คู่มือการปฏิบัติงานด้านสุขาภิบาลอาหารและน้ำสำหรับ  
สาธารณสุขอำเภอ. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและพลังงาน. 2531. เยลลี่ผลไม้: งานถนอมอาหารและ  
เทคโนโลยีอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กรมวิทยาศาสตร์บริการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่อ่อน: มผช.519 -2547. สำนักงานมาตรฐาน  
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- กลุ่มส่งเสริมอุตสาหกรรมชีวภาพ. 2559. ซิลิทอล (xylitol) สารให้ความหวานจากอุตสาหกรรมชีวภาพ.  
สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
- กอบจันทร์ จันทรโพธิ์ สุภาวดี ดาวดี และดวงกมล ศักดิ์เลิศสกุล. 2558. ผลของสารก่อเจลและสารให้ความ  
หวานต่อผลิตภัณฑ์เยลลี่สารสกัดมะพร้าว. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน, 11, 290-295
- ดรรรัตน์ มงคลการ, ชนากานต์ เขียวสุรีย์, ธนวรรณ อุดมศักดิ์ และ สาโรจน์ ศิริคันสนียกุล. 2556. กรรมวิธี  
การผลิตซิลิทอลด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ตันติกร เต็มแก้ว. 2563. การผลิตไข่มุกบ็อบที่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) ด้วย  
เทคนิครีเวิร์สสเฟียร์ฟิเคชัน. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ  
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุฬารัตน์ ปรีชาพงษ์, ภาณุวัฒน์ เล่งระบำ และสุธาทิพย์ เตาวาน. 2559. สภาวะที่เหมาะสมต่อการ  
เพาะเลี้ยงเส้นใยและการผลิตพอลิแซ็กคาไรด์ที่อยู่ภายในเซลล์และที่ปลดปล่อยออกมานอกเซลล์  
ของเห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps militaris*) ในสภาวะกึ่งอาหารเหลว. ปริญญาวิทยาศาสตร  
บัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ปิยดา อาชายุทธการ. 2561. งานวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่บรรจุด้วยผสมเนื้อมะม่วง  
น้ำดอกไม้. งานวิจัยโครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนจากรัฐบาล  
(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ธนากร ศิริสมุทร .2558. คุณค่าทางโภชนาการและประโยชน์ทางการแพทย์ของเวย์โปรตีน. วารสารไทย  
เภสัชศาสตร์และวิทยาการสุขภาพ . 10(2). 75-80.
- ธัญญา ทะพิงค์แก. 2555. วิธีการเพาะเลี้ยงต่อการผลิตสารคอร์โดเซปินในเห็ดถั่งเช่าสีทอง. คณะ  
เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ. 2550. การประเมินเนื้อสัมผัสในอาหาร. [online]. เข้าถึงได้จาก:  
<http://www.sci.siam.edu/download/journal/f31.pdf>. เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2565
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
พรพจน์ ศรีสุขขะกุล. 2556. บีตา-กลูแคนสารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ. [online]. เข้าถึงจาก  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1088/beta-glucan>. เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2565.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, เกียรติคุณ และนิธิยา รัตนพนนท์. 2556. แคโรทีนอยด์/carotenoid. [online].

เข้าถึงได้จาก: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1228/carotenoid>.

เข้าถึงเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2565

ภาคย์ มาลัยกฤษณะชลี. 2556. ผลของสภาวะกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์นม.

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาสุรี ฤทธิเลิศ, และกมลวรรณ วารินทร์. 2562. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่มะม่วงหาวมะนาวโห่.

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

รัตน์นะ ยศเมธากุล และณัฐพงษ์ สิงห์ภูงา. 2561. การผลิตสารคอร์โคเซปินและอะดีโนซีนในเห็ดถั่ง

เช่าสีทองที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งธัญพืช. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

รอมลี เจดอเลาะ. 2561. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีและความคงตัวของเยลลี่

ลูกหยีระหว่างการเก็บรักษา. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏ

ยะลา.

วารุณี บวรรัตน์ภาค. 2545. การรวบรวมและเพาะเลี้ยง *Cordyceps sp.* จากอุทยานแห่งชาติดอย

สุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชียงใหม่. หน้า 88.

ศิวาพร ศิวเวช. 2546. วัตถุดิบอาหาร (เล่ม 1). นครปฐม. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภชัย พิทักษ์มงคล และน้อมจิตต์ สุธิบุตร. 2565. กัมมีเยลลี่ลดน้ำตาลเสริมเวย์โปรตีน. หน้า 1349. ในการ

ประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับนานาชาติครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ.

ศรินทร สุวรรณรงค์ และคณะ. 2562. เปรียบเทียบการเติมน้ำใบหญ้าหวาน (*Stevia*

*rebaudiana*) และน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของแป้งทำขนมเทียน. แก่นเกษตร,

47 (suppl. 1) หน้า 657-662

ศรีสุวรรณ อุทอนผล และคณะ. 2531. การใช้กัมชนิดต่างๆในการทำผลิตภัณฑ์เยลลี่. ภาควิชา

เทคโนโลยีทางอาหารจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ศศิมน ปรีชา. 2555. หน่วยที่ 8 การถนอมและแปรรูปอาหารด้วยความร้อน. ในเอกสารสอนชุด

วิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. หน้า 32-37.

สารโจน์ ศิริคันสนียกุล. 2558. การผลิตไซลิทอลจากวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร. สถาบันวิจัยและพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. [online]. เข้าถึงจาก <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=22862>.
- สุขใจ ชูจันทร์. 2555. สารให้ความหวานพลังงานต่ำ : การผลิตทางชีวภาพ คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุจิตา สุทธิเลิศ .2564. ผลของการสกัดไขมันออกและอัลตราโซนิคต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านออกซิเดชันของสารสกัดดอกเห็ดถั่ง . สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- สุภาพร อารัญญ. 2562. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อและวิธีการที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเห็ดถั่งเช่าสีทอง. วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบูรณ์สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคเหนือ เพชรบูรณ์.
- สุวรรณา สุภิมาธ. 2543. เทคโนโลยีการผลิตลูกกวาดและช็อกโกแลต. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวรรณา อรุณพงศ์ไพศาส. 2543. ที่มาและความสำคัญของปัญหาเยลลี่. [online]. เข้าถึงได้จาก: [http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2553/food0353js\\_ch1.pdf](http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2553/food0353js_ch1.pdf). เข้าถึงเมื่อ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2565.
- สายสมร พูลพันธ์. 2547. ผลของสารที่ทำให้เกิดเจลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเยลลี่รสนมผสมน้ำสตอเบอร์รี่. สาขาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร. 2557. มาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 2. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข อ.เมือง จ.นนทบุรี.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2562. แนวทางการพิจารณาอนุญาตถั่งเช่าสีทองเป็นอาหารหรือส่วนประกอบในอาหาร. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่เหลว เยลลี่อ่อน และเยลลี่แข็ง (มผช519/2547). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://app.tisi.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม 2565.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเยลลี่และมาร์มาเลด. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเยลลี่และมาร์มาเลด. กรุงเทพฯ: วารสารสถาบันอาหาร. หน้า 22-26
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เยลลี่แห้ง. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.
- อังศิมา ศิริวัฒนาศิลป์. 2564. ผลของสารให้ความหวานต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและโครงสร้างระดับจุลภาคของผลิตภัณฑ์วุ้นกะลิลดน้ำตาล. สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- อานนท์ เอื้อตระกูล. 2556. เห็ดถั่งเช่าสีทอง (*Cordyceps Militaris*) .เข้าถึงได้จาก: <https://www.researchgate.net/publication/311111111>
- ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<http://www.greenclinic.in.th>\_ เข้าถึงเมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2565. อุตสาหกรรมเกษตร.  
กรุงเทพฯ

อุมาพร สุขม่วง. 2540. การพัฒนาคู่มือการทดลองวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ขั้นสูง. กองการศึกษา  
เคมีปฏิบัติการ. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

อรุณทิพย์ เหมะจุลิน, สกฤตกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง และ สุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2555. ความสัมพันธ์  
ระหว่างค่าสี ( $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$ ) กับปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วง.  
แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 4, 59-64.

Adnan, M., Ashraf, S. A., Khan, S., Alshammari, E. & Awadelkareem, A. M. 2017. Effect of pH,  
temperature and incubation time on cordycepin production from *Cordyceps militaris*  
using solid-state fermentation on various substrates. CyTA- Journal of Food, 15(4),  
617-621.

Aramwit P, Bang N, Ratanavaraporn J, Nakpheng T and Srichana T. 2014. An Anti-Cancer  
Cordycepin Produced by *Cordyceps militaris* Growing on the Dead Larva of Bombyx  
mori Silkworm. Bioactive Resources for Innovative Clinical Applications Research Unit  
and Department of Pharmacy Practice, Faculty of Pharmaceutical Sciences,  
Chulalongkorn University, Thailand.

Scheinin A., Mäkinen K.K and Ylitalo K. 1976. Turku sugar studies V: Final report on the effect  
of sucrose, fructose and xylitol diets on the caries incidence in man.  
Departments of Cariology, Oral Biochemistry and Oral Radiology, Institute of  
Dentistry, University of Turku, Finland. pp. 179-216.

Bourne M.C. 2002. Food texture and viscosity : concept and measurement.  
Newyork State Agricultural Experiment station and Institute of Food  
science Cornell University, Newyork.

Brejholt SM. 2009. Pectin. Food stabilisers, thickeners and gelling agents. pp. 237-265.

Cardello. A.V. & Maller, O. 1987. Sensory Texture Analysis. An Integrated Approach to  
Food Engineering. In Food Texture Instrumental and Sensory Measurement.  
(Moskowitz. H.R.. Eds.). Jacobs Inc. Valhalla. New York. pp. 108-180

Chupeerach, C., Yothakulsiri, C., Chamchan, R., Suttisansanee, U., Sranachoenpong, K.,  
Tungtrongchitr, A. (2018). The Effect of Coconut Jelly with Stevia as a Natural  
Sweetener on Blood Glucose, Insulin and C-Peptide Responses in Twelve Healthy  
Subjects. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, 9(2). pp. 127-133.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cole, C.G.B. 2000. Gelatin. In F. J. Francis (Ed.), Encyclopedia of Food Science and Technology, USA, pp. 1183-1188.
- Cserjési, P & Bélafi-Bakó, Katalin & Csanádi, Z & Beszédes, Sándor & Hodúr, Cecilia. 2011. Simultaneous recovery of pectin and colorants from solid agro-wastes formed in processing of colorful berries. Progress in Agricultural Engineering Sciences. 7. 65-80. 10.1556/Progress.7.2011.5.
- Das SK, Masuda M, Sakurai A, Sakakibara M. 2010. Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: current state and prospects. Fitoterapia. Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Graduate School of Engineering, University of Fukui, Japan. pp. 961-968.
- DeMars. L.L., & Ziegler, G.R. 2001. Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confections. Food Hydrocolloids. 15, pp. 643-653.
- Doesburg J.J. 1965. Pectic substance in fresh and preserved fruits and vegetables. Institute for Research on Storage and Processing of Horticultural Produce Wageningen, The Netherlands.
- Dreywood R. 1946. Qualitative test for carbohydrate material. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition. 18 (8) pp. 499-499.
- Fellows, P. 2000. Pasteurization. In Food Processing Technology: Principles and Practice. 2nded., CRC Press. New York. pp. 241-249.
- Forster H, Quadbeck R and Gottstein U. 1982. Metabolic tolerance to high doses of oral xylitol in human volunteers not previously adapted to xylitol. International Journal for Vitamin and Nutrition research.
- Gu, Y.X. Wang, Z.S. Li, S.X. and Yuan, Q.S. 2007. Effect of multiple factors on accumulation of nucleoside and bases in *Cordyceps militaris*. Food Chemistry. 102: 1304-1309.
- Holliday, J. and Cleaver, M. 2008. Medicinal value of the caterpillar fungi species of the genus *Cordyceps* (Fr.) link (ascomycetes). a review. International Journal of Medicinal Mushrooms. 10(3): pp. 219-234.
- Huang Y. 1987. Toxicology studies on cultured *Cordyceps sinensis* strain B414. Zhongchengyao Yanjiu. pp. 24-25.
- Jain, D. Pathar, P.B. and Manikantan, M.R. 2007. Evaluation of texture parameters of Rohu fish (*Labeo rohita*) during iced storage. Journal of food Engineering. 81: 336-340.
- Jirasatid, S., & Nopharatana, M. 2020. Impact of coconut sugar syrup on quality of

- acidophilus milk during cold storage. *International Journal of Agricultural Technology*. 16(4): 819-830.
- Karim, A.A. and Rajeev Bhat. 2009. Impact of radiation processing on starch. *Food Biopolymer Research Group, Food Technology Div., School of Industrial Technology, Univ. Sains Malaysia*.
- Kilcast D. 2003. *Texture in Food*. New York: CRC Press.
- Laura, L., DeMar, Gregore, R., Ziegler. 2001. Texture and structure of gelatin/pectin-based gummy confection. *Food Hydrocolloids* 15. pp. 643–653.
- Lee, B.J. Lee, M.A. Kim, Y.G. Lee, K.W. Choi, S.Y. Lee, B.E. and Song. H.Y. 2013. Cultural characteristics of *Cordyceps militaris* strain 'Yedang 3' on various media and nutritional conditions. *Journal of Mushroom Science and Production*. 11(3): 124-130.
- Li, J. Guan, M. and Li, Y. 2015. Effects of cooking on the contents of adenosine and cordycepin in *Cordyceps militaris*. *Procedia Engineering*. 102: 485–491.
- Lian, T. Yang, T. Liu, G. Sun, J. and Dong, C. 2014. Reliable reference gene selection for *Cordyceps militaris* gene expression studies under different developmental stages and media. *Federation of European Microbiological Societies*. 356: 97- 104.
- Ling, J.Y. Zhang, G.Y. Lin, J.Q. Cui, Z.J. Zhang, C.K. 2009. Supercritical fluid extraction of cordycepin and adenosine from *Cordyceps kyushuensis* and purification by high-speed counter-current chromatography. *Separation and Purification Technology*. 66: 625-629.
- Liu, J. Feng, C. Li, X. Chang, M. Meng, J. and Xu, L. 2016. Immunomodulatory and antioxidative activity of *Cordyceps militaris* polysaccharides in mice. *International Journal of Biological Macromolecules*. 86: 594–598.
- Low, R. H. P., Baba, A. S. and Aboulfazli, F. 2015. Effects of different levels of refined cane sugar and unrefined coconut palm sugar on the survivability of *Lactobacillus acidophilus* in probiotic ice cream and its sensory and antioxidant properties. *Food Science and Technology Research*. pp. 857-862.
- Lyn, B. N. 2001. Low-Calorie sweeteners. In *Alternative sweeteners* . New York: M. Dekker. pp. 13-196.
- Miake Y. 2014. Remineralization effects of xylitol on demineralized enamel. *Journal of Electron Microscopy*. Tokyo.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Nishinari K, Watase M and Hatakeyama T. 1997. Effects of polyols and sugars on the structure of water in concentrated gelatin gels as studied by low temperature differential scanning calorimetry. *Colloid and Polymer Science*. 275: 1078–1082.
- Park, J.P. Kim, S.W. Hwang, H.J. and Yun, J.W. 2001. Optimization of submerged culture conditions for the mycelial growth and exo-biopolymer production by *Cordyceps militaris*. *Letters in Applied Microbiology*. 33: 76-81.
- Paulo H. M. Marfil, Ana C. B. M. Anhê and Vania R. N. Telis. 2012. Texture and Microstructure of Gelatin/Corn Starch-Based Gummy Confections. *Food Biophysics*. 7: 236–243
- Salminen S., Salminen E. and Marks V. 1982. The effects of xylitol on the secretion of insulin and gastric inhibitory polypeptide in man and rats. *Diabetologia* 22: 480–482.
- Schindler, R.M., Kibarian, T.M. 1996. Increased consumer sales response through use of 99-ending prices. *Journal of Retailing*. 72(2) : 187–199.
- Schrieber R and Gareis H. 2007. *Gelatine handbook: theory and industrial practice*. [book]. Eberbach Germany.
- Seth, R. Haider, S.Z. and Mohan, M. 2014. Pharmacology phytochemistry and traditional uses of *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc: A recent update for future prospects. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 13(3): 551-556.
- Shih, I. Tsai, K. and Hsieh. 2007. Effects of culture conditions on the mycelial growth and bioactive metabolite production in submerged culture of *Cordyceps militaris*. *Biochemical Engineering Journal* 33: 193-201.
- Thibault JF, Ralet MC. 2008. Pectins, their Origin, Structure and Functions. *Advanced Dietary Fibre Technology*. pp. 370-372.
- Tuli, H.S. Sharma, A.K. Sandhu, S.S. and Kashyap, D. 2014. Optimization of fermentation conditions for Cordycepin production using *Cordyceps militaris* 3936. *Journal of Biological and Chemical Sciences (JBSCS)*. 1: 35-47.
- Wang, L. Liu, C.C. Wang, Y.Y. Xu, H. Su, H. and Cheng, X. 2016. Antibacterial activities of the novel silver nanoparticles biosynthesized using *Cordyceps militaris* extract. *Current Applied Physics* 16: 969-973.
- Wang S., Yang F.Q., Feng K., Li D.Q., Zhao J. and Li S.P. 2009. Simultaneous determination of nucleosides, myriocin, and carbohydrates in *Cordyceps* by HPLC coupled with diode array detection and evaporative light scattering detection. *Journal of Separation Science*. 32(23-24): 4069-4076.
- Wei, H., Xiao, B. & Hu, K. 2004. Pharmaceutical values of *Cordyceps militaris*. *Journal of*

Traditional Chinese Medicine. 27:215-217.

Wen, T.C. Li, M.F. Kang, J.C. and Kevin, D.H. 2014. Optimization of Solid-state Fermentation of fruiting body growth and cordycepin production by *Cordyceps militaris*. Chiang Mai Journal of Science. 41(4): 858-872.

Winkler D. 2008. Yartsa Gunbu (*Cordyceps sinensis*) and the Fungal Commodification of Tibet's Rural Economy. Economic Botany. Vol: 209-305

Yi, Z.Y. Huang, W.F. Ren, Y. Onac, E. Zhou, G.F.F. Peng, S. Wang, X.J. and Li, H.H. 2014. LED lights increase bioactive substances at low energy costs in culturing fruiting bodies of *Cordyceps militaris*. Scientia Horticulturae. 175: 139-143,



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

### ภาคผนวก ก

#### การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

##### 1. การเตรียมอาหารแข็งในการเลี้ยงเชื้อสูตร Potato Dextrose Agar (PDA)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) 1000 มิลลิลิตร

ส่วนประกอบของอาหาร	ปริมาณ (กรัมต่อลิตร)
มันฝรั่งหั่นเต๋า	200 กรัม
ข้าวโพดอ่อน	50 กรัม
น้ำตาลกลูโคส	20 กรัม
ผงวุ้น	20 กรัม
ไข่ไก่	20 กรัม

ทำการต้มมันฝรั่งหั่นเต๋าและข้าวโพดอ่อนเป็นเวลา 20 นาที ในน้ำบริโภค จากนั้นนำมากรองแยกกากเอาแค่ส่วนใส ใส่ไซลงไป ต่อด้วยตั้งไฟอ่อนๆและเติมน้ำตาลกลูโคส และผงวุ้น คนให้เข้ากัน ทำการปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวด Duran แล้วจึงนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

##### 2. การเตรียมอาหารเหลวในการเลี้ยงเชื้อสูตร Potato Dextrose Broth (PDB)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Broth (PDB) 1000 มิลลิลิตร

ส่วนประกอบของอาหาร	ปริมาณ (กรัมต่อลิตร)
มันฝรั่งหั่นเต๋า	200 กรัม
ข้าวโพดอ่อน	50 กรัม
น้ำตาลกลูโคส	20 กรัม
ไข่ไก่	20 กรัม

ทำการต้มมันฝรั่งหั่นเต๋าและข้าวโพดอ่อนเป็นเวลา 20 นาที ในน้ำบริโภค จากนั้นนำมากรองแยกกากเอาแค่ส่วนใส ใส่ไซลงไป ตั้งไฟอ่อนๆและเติมน้ำตาลกลูโคส คนให้เข้ากัน ทำการปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวด Duran แล้วจึงนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การเตรียมอาหารในการเลี้ยงเชื้อที่มีรัญพีช (ข้าวไรซ์เบอร์รี่)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นแหล่งคาร์บอน 1000 มิลลิลิตร

ส่วนประกอบของอาหาร	ปริมาณ (กรัมต่อลิตร)
มันฝรั่งหั่นเต๋า	200 กรัม
หนอนไหม	40 กรัม
ไข่ไก่	20 กรัม
กลูโคส	20 กรัม
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	30 กรัม

ทำการต้มมันฝรั่งหั่นเต๋าและข้าวโพดอ่อนเป็นเวลา 20 นาที ในน้ำปริภาค จากนั้นนำมากรองแยกกากเอาแค่ส่วนใส ใส่ไข่งไป ตั้งไฟอ่อนๆและเติมน้ำตาลกลูโคส หนอนไหมที่ปั่นละเอียด คนให้เข้ากัน ทำการปรับปริมาตรจนครบ 1000 มิลลิลิตร จากนั้นเติมลงในขวดโหลแก้วที่มีข้าวไรซ์เบอร์รี่อยู่ 30 กรัม ขวดละ 105 มิลลิลิตร แล้วจึงนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การเตรียมสารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

#### 1. การเตรียมตัวอย่าง

นำส่วนของดอกเห็ดถั่งเช่าสีทองที่ได้จากการเพาะเลี้ยง ไปชั่งน้ำหนักก่อนอบ และนำไปอบในเครื่องอบอาหาร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาชั่งน้ำหนักหลังอบ เพื่อคำนวณหาความชื้นของเห็ดถั่งเช่าสีทอง เมื่อความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมแล้ว นำไปปั่นให้เป็นผงละเอียด โดยนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 มิลลิเมตร จนกว่าจะได้ถั่งเช่าสีทองแบบผงละเอียด

#### 2. การวิเคราะห์ปริมาณคอร์ไดเซปินและอะดีโนซีนในเห็ดถั่งเช่าสีทอง

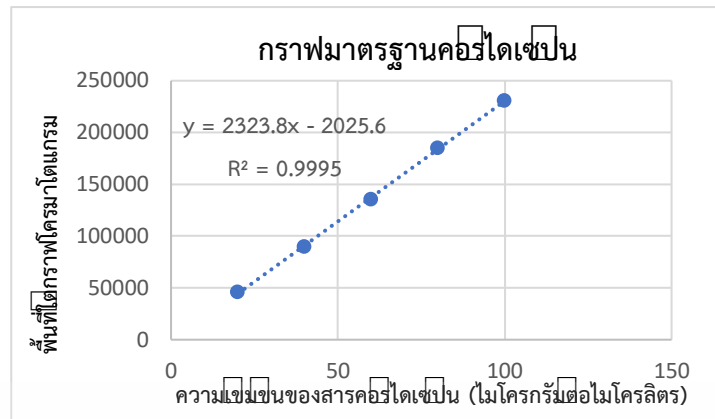
##### 2.1 ขั้นตอนการสกัดถั่งเช่าสีทอง

นำตัวอย่างผงเห็ดถั่งเช่าสีทองมาชั่งน้ำหนัก 0.2 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยงขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร โดยมีอัตราส่วนของผงถั่งเช่าสีทองต่อน้ำบริสุทธิ์สูง 1:250 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 9000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำมาสกัดด้วยอัลตราโซนิกเป็นเวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นำสารสกัดไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แยกตะกอนกับส่วนใส จากนั้นนำส่วนใสไปกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.2 ไมโครเมตร ใส่ลงในขวดเก็บสารละลาย (vial) ขนาด 2 มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปฉีดหาสารคอร์ไดเซปิน และสารอะดีโนซีนด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (ดัดแปลงจาก Li *et al.*, 2015)

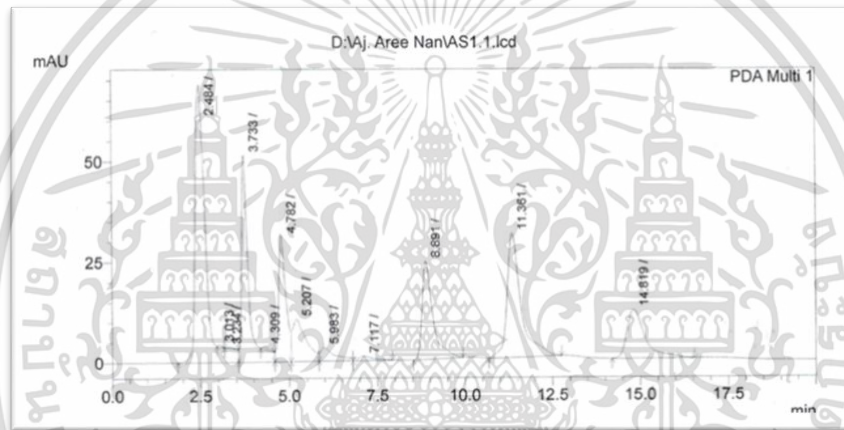
##### 2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอะดีโนซีนและสารคอร์ไดเซปินด้วยวิธีโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง (HPLC)

การหาปริมาณสารมาตรฐานในแต่ละความเข้มข้นด้วยเครื่อง โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูงใช้คอลัมน์ C18 (ขนาด 3.5 ไมโครเมตร × 250 มิลลิเมตร × 4.6 มิลลิเมตร) โดยมีอัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิคอลัมน์คือ 40 องศาเซลเซียส ฉีดตัวอย่างเข้าคอลัมน์ 0.1 ไมโครลิตร เฟสเคลื่อนที่ใช้ อัตราส่วนเมทานอลต่อน้ำบริสุทธิ์คือ 15:85 วิเคราะห์ด้วยระยะเวลาการฉีด 17 นาทีต่อตัวอย่าง แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารจากพื้นที่ใต้กราฟมาทำโครมาโตแกรมจะได้กราฟมาตรฐานสมการเส้นตรงของสารโคอร์ไดเซปินมาตรฐาน ได้สมการเส้นตรงคือ  $Y=ax+b$  ทำการหาปริมาณสารคอร์ไดเซปิน และอะดีโนซีนจากตัวอย่างที่ได้หลังจากการคำนวณกราฟมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

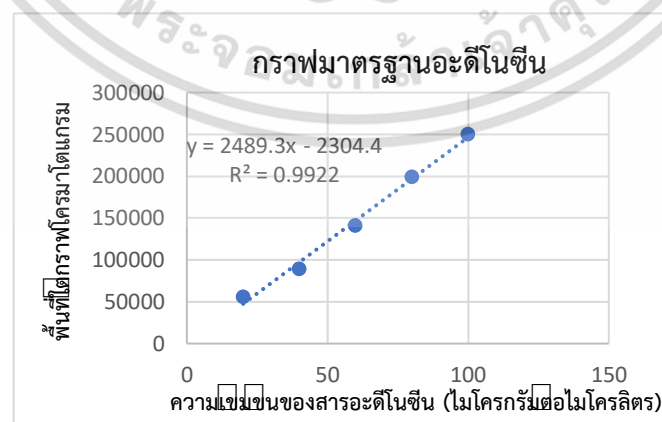


รูปภาคผนวกที่ 1 ข กราฟมาตรฐานของคอร์โดเซป็น  
ที่ความเข้มข้น 20,40,60,80 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร

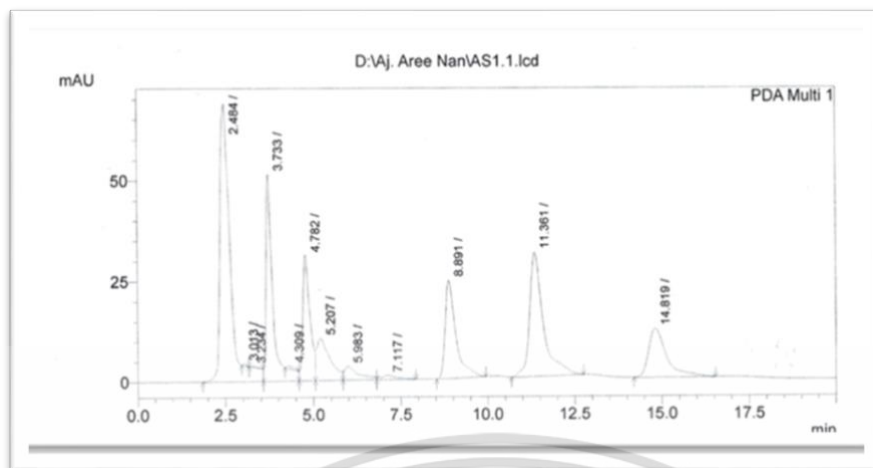


11

รูปภาคผนวกที่ 2 ข พิกัดของกราฟมาตรฐานของคอร์โดเซป็น  
จะอยู่ที่ช่วงเวลา 11-12 นาที



รูปภาคผนวกที่ 3 ข กราฟมาตรฐานของอะดีโนซีน  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ที่ความเข้มข้น 20,40,60,80 และ 100 ไมโครกรัมต่อลิตร  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแบบส่งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10 | 8.891 | 526203 | 24438 | 2.026 | 2.755 | 0.000

รูปภาคผนวกที่ 4 ข พิกของกราฟมาตรฐานของอะดีโนซีน  
จะอยู่ที่ช่วงเวลา 8-9 นาที

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณสารพอลิแซ็กคาไรด์ในเห็ดถั่งเช่าสีทอง

#### 3.1 ขั้นตอนการสกัดเห็ดถั่งเช่าสีทอง

ชั่งตัวอย่างเห็ดถั่งเช่าสีทอง 0.4 กรัม เติมน้ำกลั่น 4 มิลลิลิตร หลังจากนั้นทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (vortex) แล้วใส่ในอ่างควบคุม อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พอลบเวลานำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสที่ได้มาตกตะกอนโดยใช้เอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 4 เท่าของปริมาตรตัวอย่าง ที่ไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลง จาก Liu et al., 2016) หลังจากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที เทส่วนใสที่นำตะกอนที่ได้เป่าด้วยไนโตรเจนอย่างเบา แล้วเอาไปอบต่ออีก (จนกว่าตะกอนจะแห้ง) แล้วนำไปชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้

#### 3.2 การวิเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์ด้วยวิธีแอนโทรน

##### 3.2.1 การเตรียมกรดซัลฟิวริกร้อยละ 75 จากร้อยละ 95-97

เตรียมโดยใส่น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร ใส่แท่งเหล็กวางในอ่างน้ำบนแท่งกวน (ทำในตู้ดูดควัน) ตวงกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ร้อยละ 95-97) ปริมาตร 390 มิลลิลิตร เติมนลงในขวดปรับปริมาตรที่มีน้ำกลั่นอย่างช้าๆ และระมัดระวัง ปล่อยให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้องแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

##### 3.2.2 การเตรียมสารละลายแอนโทรน

ทำการชั่งแอนโทรน 0.5 กรัม ลงในปิ๊กเกอร์ เติม absolute ethanol 5 มิลลิลิตร คนให้ละลาย แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีกรดซัลฟิวริกร้อยละ 75 จากนั้นกลั้วปิ๊กเกอร์ด้วย absolute ethanol 5 มิลลิลิตร เทลงในขวดปรับปริมาตรอีกครั้ง และปรับปริมาตรด้วยกรดซัลฟิวริกร้อยละ 75 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

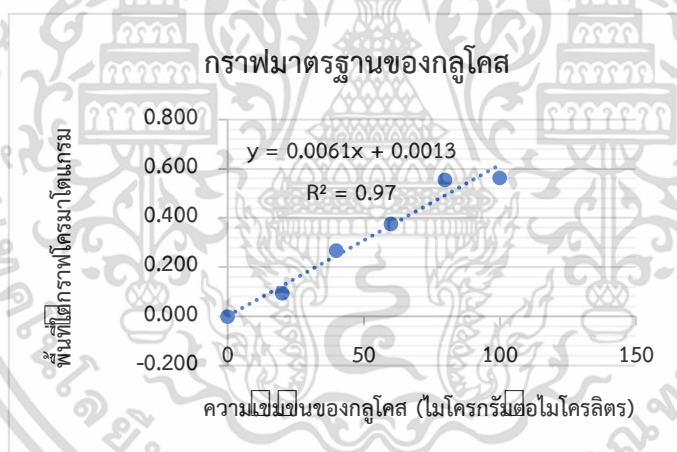
75 ใส่แท่งเหล็ก ปิดฝา แล้วห่อขวดด้วยฟลอยด์ (ห้ามโดนแสง) จากนั้นนำไปตั้งบนแท่งกวน เพื่อให้สารแอนโทรนละลายจนหมด

### 3.2.3 การเตรียมสารละลายกลูโคสมาตรฐาน

เตรียมซังกลูโคส 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 มิลลิกรัม จะได้สารละลายกลูโคสเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และจากนั้นนำมาเจือจางให้เป็นความเข้มข้นตั้งแต่ 0-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

### 3.2.4 วิธีการวิเคราะห์สารพอลิแซ็กคาไรด์

เริ่มด้วยการเติมสารละลายกลูโคสมาตรฐานหรือสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 1 มิลลิตรในหลอดทดลอง จากนั้นนำหลอดไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง รอจนสารละลายในหลอดทดลองเย็นลง เติมสารละลายแอนโทรนที่แช่เย็นไป 5 มิลลิตร แล้วเขย่าผสมให้เข้ากัน (ขณะที่เติมสารละลายแอนโทรนหลอดทดลองต้องแช่อยู่ในอ่างน้ำแข็ง) แช่สารละลายทุกหลอดไว้จนอุณหภูมิเย็นลงเหลือ 0 องศาเซลเซียส นำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำมาแช่ในอ่างน้ำเย็นอีกครั้ง จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร (เขย่าผสมหลอดทดลองทุกครั้ง) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน เพื่อหาความเข้มข้นของกลูโคสในสารละลายตัวอย่าง



รูปภาคผนวกที่ 5 ข กราฟมาตรฐานของกลูโคส

ที่ความเข้มข้น 20,40,60,80 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

### การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของกัมมีเยลลี่ที่มีส่วนประกอบของถั่งเช่าสีทอง และมีการใช้สารให้ความหวานอื่นทดแทนซูโครส

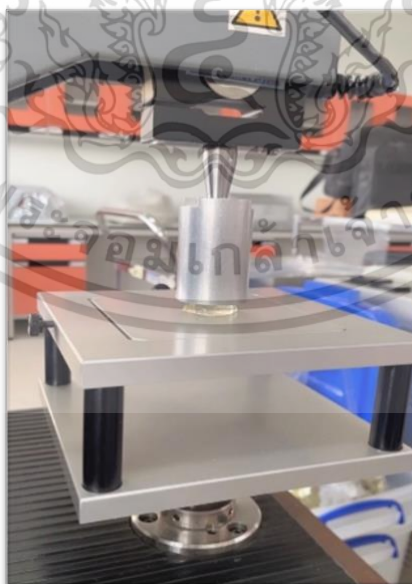
#### 1. การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

##### 1.1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสอาหารของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สาร ให้ความหวานทดแทนซูโครส

โดยนำกัมมีเยลลี่วางบนฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ (base table) โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสของอาหาร ยี่ห้อ TAPlus ด้วยวิธีทดสอบแบบ texture profile analysis (TPA) ใช้หัวกดทรงกระบอกขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร แรงเริ่มต้นที่ใช้เมื่อหัวกดสัมผัสกับอาหารอยู่ที่ 0.05 นิวตัน และความเร็วหัวกด เท่ากับ 6 มิลลิเมตรต่อวินาที ทำการวิเคราะห์พิจารณาเนื้อสัมผัสของกัมมีเยลลี่จาก

- (1) ค่าความแข็ง (hardness)
- (2) ความสามารถในการคืนตัวของอาหารหรือความยืดหยุ่น (springiness)
- (3) ความทนต่อการเคี้ยว (chewiness)
- (4) ความเหนียว (Gumminess)

ต่ออุปกรณ์ให้เหมาะสมกับตัวอย่างที่ใช้ในการวัด ตั้งระยะความสูงของหัวกดและตัวอย่างให้เหมาะสม เปิดโปรแกรม Nexygen กดเลือกโหมดอาหาร (food) และเลือกโหมดเนื้อสัมผัสของอาหาร (texture analysis) โดยทำการทดสอบครั้งละ 1 ชิ้น ทำการทดลองครั้งละ 5 ครั้ง จดบันทึกค่าต่างๆแล้วนำไปวิเคราะห์



รูปผนวกที่ 1 ค เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 การวิเคราะห์หีสด้วยเครื่องวัดสีของกัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนซูโครส

โดยนำกัมมีเยลลี่ ไปบดหรือปั่นให้ละเอียดก่อนการวัด เพื่อสามารถจะบรรจุให้เต็มภาชนะ ไม่ให้มีแสงลอดผ่านได้ ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสีของ Hunter Lab บันทึกค่าลักษณะ  $L^*a^*-b^*$  โดยนำเยลลี่ไปบดหรือปั่นให้ละเอียดก่อนทำการวัดสี จากนั้นทำการวัดค่าสีตัวอย่างละ 3 ซ้ำต่อหนึ่งการวัด ทำซ้ำไม่น้อยกว่าตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

- เริ่มจากประกอบเครื่องตามคู่มือการใช้งาน
- กด Calibrate เครื่องก่อนวัดตัวอย่างทุกครั้ง และกดปุ่ม ok รูปสายฟ้า (ปุ่มตรงกลาง)
- กดตัวเลือก standardized จากนั้นกดปุ่ม ok รูปสายฟ้า (ปุ่มตรงกลาง)
- นำฝาที่ใช้เทียบสีดำวางบนเครื่องแล้วกดปุ่ม ok รูปสายฟ้า (ปุ่มตรงกลาง) จากนั้นนำด้านสีขาววางบนเครื่อง กดปุ่ม ok รูปสายฟ้า (ปุ่มตรงกลาง) เช่นเดียวกัน
- กลับไปที่ main menu เลือกโหมด read
- กดที่ please sample นำตัวอย่างที่เตรียมจะวัดสีวางบนเครื่อง แล้วกดปุ่ม ok รูปสายฟ้า (ปุ่มตรงกลาง)
- ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ (กดปุ่ม ok รูปสายฟ้า 3 ครั้ง) แล้วอ่านค่าที่ได้จากจอ
- เมื่อต้องการวัดตัวอย่างต่อไปให้กลับไป main menu
- ใช้งานเสร็จแล้วทำความสะอาดและปิดเครื่องด้วยทุกครั้ง



รูปภาคผนวกที่ 2 ค เครื่องวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

### 2.1 การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ของกัมมีเยลลี่ด้วยเครื่อง pH meter

ทำการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของกัมมีเยลลี่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทองด้วยวิธีการดังนี้

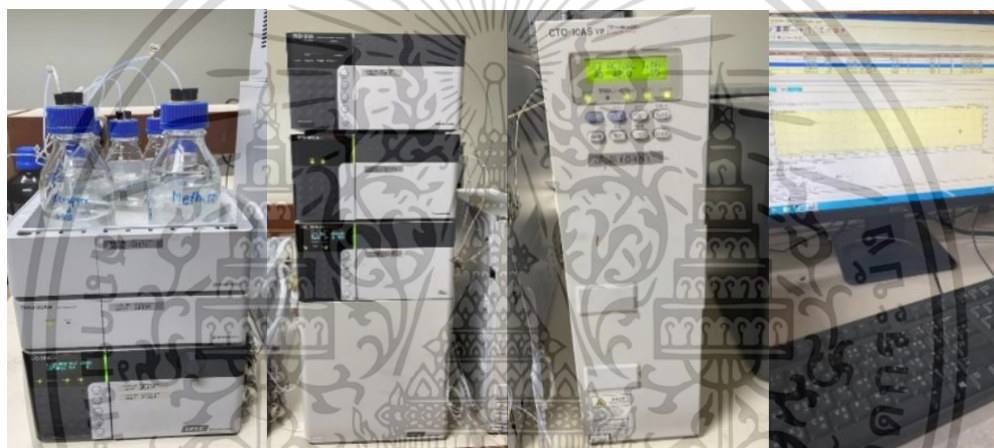
- กดปุ่ม ON/OFF ที่เครื่อง pH meter
- ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น แล้วเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู
- ควรทำการ Calibrate ด้วย Buffer ก่อนทำการวัดตัวอย่าง
- กดปุ่ม Cal สังเกตตัวอักษร Cal1 ปรากฏให้จุ่ม Probe ลงใน Buffer pH 7.0 รอจนกระทั่ง เครื่องหมาย A ที่มุมซ้ายเปลี่ยนเป็น  $\sqrt{A}$  แล้วอ่านค่า pH ที่ขึ้นบนจอเครื่อง

## 3. การใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)

### 3.1 วิธีการใช้งาน

- เตรียม mobile phase โดย กำหนด A คือ น้ำบริสุทธิ์สูงร้อยละ 85 กำหนด B คือ เมทานอลร้อยละ 15 และล้างเข็มด้วยเมทานอล มาต่อคอลัมน์ตามแนวลูกศร (สายพลาสติกทั้งบนล่าง) และทำการเปิดเครื่อง HPLC
  - การเตรียมเครื่อง HPLC (Purge Mobile phase) ซึ่งจะกด back 2 ครั้ง จะขึ้น 0.000 SYSTEM และกด Enter จากนั้นเปลี่ยน 0 เป็น 1 กด Enter ตามด้วยกด Cone
  - ทำการล้าง A โดยปรับ A ให้เป็น 100 ส่วน B C D เป็น 0 และ Enter ที่ line B C Dตามลำดับ จากนั้นเปิดวาล์ว หมุนทางด้าน Open 90 องศา (ปิดวาล์ว หมุนทางด้าน close 90 องศา) จากแนวตั้งให้เป็นแนวนอน
  - กดปุ่ม Purge ที่ pump รอจน purge เสร็จ ประมาณ 3 นาที และกดปุ่ม cone
  - ทำการล้างสาย B โดยปรับ B ให้เป็น 100 ส่วน A C D เป็น 0 กดปุ่ม Enter และกดปุ่ม Purge รอจน Purge เสร็จ ประมาณ 3 นาที และทำการปิดวาล์ว หลังจากนั้นไปกด back 2 ครั้ง (0.000 SYSTEM) และ กด Enter (0.000 Local) จากนั้นเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 กด Enter
  - การ purge auto sample โดยการกด purge ของ SIL-20A ประมาณ 25 นาที
  - การเปิดโปรแกรม, เปิด CPU และเปิดหน้าจอ คลิกที่โปรแกรม LC solution คลิกอันที่ 1 ไม่ต้องใส่รหัส
  - การเปิด method ไปกดที่คำว่า file และ open และ dream และ method กดคำว่า download เปลี่ยน total flow ให้เป็น 0 และกดที่ Instrument รอให้อุณหภูมิถึง 40 องศาเซลเซียส ก่อนตรง LC จะขึ้นว่า Ready
  - หลังจากนั้น ปรับ B cone = 100% เป็นเวลา ประมาณ 30 นาที หากคนก่อนหน้า ฉีดสารตัวอย่างที่แตกต่างจากเรา ควรใช้เวลา ประมาณ 45-60 นาที พร้อมปรับ total flow ที่ละ 0.2 จนถึง 1.0 พอครบเวลา 30-60 นาที ปรับ B cone เท่ากับ 15 % กด plot ที่ + และ - ดูว่าเส้นคงที่หรือไม่ และกด plot อีกครั้งเพื่อหยุดการ plot
- ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การฉีดสารแบบ batch จะต้องคลิก window จากนั้น show window จากนั้น batch table และกด New batch file ไปที่ Edit จากนั้น table easy setting ใส่ตัวอย่าง vial และชื่อไฟล์ กด ok นอกนั้นกด 1 เปลี่ยน sample name และ Save batch file AS เลือกที่อยู่เดียวกับ method Batch start
- การเปิดข้อมูลและพิมพ์ข้อมูล ไปกดเลือกข้อมูลที่ต้องการจากโพลเดอร์ เลือกข้อมูลที่ต้องการจะปรากฏที่หน้าต่างข้าง กดเลือก backup/HPLC/report จากนั้น เลือก LC peak Table (PDA) กดที่ไอคอนด้านล่าง เพื่อเลือกไฟล์งานขึ้นมา กด edit เพิ่มสารที่ต้องการ เปลี่ยน name และ ret time จากนั้นกด view กดหน้า report จากนั้น print ข้อมูลออกมา
- การปิดเครื่อง โดยเปลี่ยน b cone เท่ากับ 100% รอ 30 นาทีขึ้นไป และค่อยๆลด total flow ลงทีละ 0.2 จาก 1.0 จนเหลือ 0.0 ไปกด Instrument file จากนั้นกด exit จากนั้นกด ทำการปิดเครื่องให้เรียบร้อย



รูปผนวกที่ 3 ค ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

## แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสและความพึงพอใจของผู้บริโภค

## 1. แบบประเมินการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ กัมมี่เยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่มีส่วนผสมของเพศดินที่แตกต่างกัน

คำแนะนำ : ขณะเปลี่ยนตัวอย่าง กรุณาล้างปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้ง และให้คะแนนความชอบของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม ที่มีต่อตัวอย่างด้วยวิธี Hedonic scale ทั้ง 5 ระดับ ได้แก่

คะแนนระดับที่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนระดับที่ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 3 = เฉยๆ

คะแนนระดับที่ 4 = ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 5 = ชอบมากที่สุด

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
102					
104					
106					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. แบบประเมินการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ก็มีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่มีส่วนประกอบของสารให้ความหวานที่แตกต่างกัน

คำแนะนำ : ขณะเปลี่ยนตัวอย่าง กรุณาล้างปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้ง และให้คะแนนความชอบของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น ความหวาน ความชอบโดยรวม ที่มีต่อตัวอย่างด้วยวิธี Hedonic scale ทั้ง 5 ระดับ ได้แก่

คะแนนระดับที่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนระดับที่ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 3 = เฉยๆ

คะแนนระดับที่ 4 = ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 5 = ชอบมากที่สุด

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	ความหวาน	ความชอบโดยรวม
202					
204					
206					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. แบบประเมินการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ กัมมี่เยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่มีส่วนประกอบของกรดซิตริกที่แตกต่างกัน

คำแนะนำ : ขณะเปลี่ยนตัวอย่าง กรุณาล้างปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้ง และให้คะแนนความชอบของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น ความเปรี้ยว ความชอบโดยรวม ที่มีต่อตัวอย่างด้วยวิธี Hedonic scale ทั้ง 5 ระดับ ได้แก่

คะแนนระดับที่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนระดับที่ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 3 = เฉยๆ

คะแนนระดับที่ 4 = ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 5 = ชอบมากที่สุด

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	ความเปรี้ยว	ความชอบโดยรวม
302					
304					
306					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. แบบประเมินการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทางด้านประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ ก็มีเยลลี่ถั่งเช่าสีทองที่มีส่วนประกอบของถั่งเช่าสีทองที่แตกต่างกัน

คำแนะนำ : ขณะเปลี่ยนตัวอย่าง กรุณาล้างปากด้วยน้ำเปล่าทุกครั้ง และให้คะแนนความชอบของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความชอบโดยรวม ที่มีต่อตัวอย่างด้วยวิธี Hedonic scale ทั้ง 5 ระดับ ได้แก่

คะแนนระดับที่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนระดับที่ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 3 = เฉยๆ

คะแนนระดับที่ 4 = ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 5 = ชอบมากที่สุด

สูตร	การประเมินทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะที่ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
402					
404					
406					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แบบประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบการบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ถังเช่าสีทองที่มีส่วนประกอบของถังเช่าสีทองที่แตกต่างกัน

คำแนะนำ : กรุณาประเมินรูปแบบการบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด 3 รูปแบบ แล้วให้คะแนนความพึงพอใจต่อรูปแบบการบรรจุภัณฑ์ในด้านความเหมาะสมของตัวอักษร ความเหมาะสมของภาพประกอบ ความเหมาะสมของสี การจัดองค์ประกอบสมดุลกัน ความน่าสนใจ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี Hedonic scale 5 ระดับได้แก่

คะแนนระดับที่ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คะแนนระดับที่ 2 = ไม่ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 3 = เฉยๆ

คะแนนระดับที่ 4 = ชอบเล็กน้อย

คะแนนระดับที่ 5 = ชอบมากที่สุด

แบบบรรจุภัณฑ์	ความพึงพอใจด้านบรรจุภัณฑ์					
	ความเหมาะสมของตัวอักษร	ความเหมาะสมของภาพประกอบ	ความเหมาะสมของสี	การจัดองค์ประกอบสมดุลกัน	ความน่าสนใจ	ความชอบโดยรวม
1						
2						
3						

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ภาคผนวก จ

#### การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกัมมี่เยลลี่ทางการค้าตามท้องตลาด

ตารางภาคผนวกที่ จ-1 การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ยี่ห้อ Haribo ที่ขายตามท้องตลาดที่วัดได้จากเครื่อง texture analyzer

กัมมี่เยลลี่	คุณสมบัติทางกายภาพ			
	ความแข็ง	ความทนต่อการเคี้ยว	ความเหนียว	ความยืดหยุ่น
ยี่ห้อ Haribo	81.38 N	0.22 Nm	58.41 N	3.89 mm



ภาคผนวกที่ 1 จ เครื่องวิเคราะห์ texture analyzer ที่วิเคราะห์เนื้อสัมผัสของกัมมี่เยลลี่ยี่ห้อ Haribo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ฉ

### การวิเคราะห์การเก็บรักษาและการตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์

#### 1. การวิเคราะห์การเก็บรักษา

ทำการเก็บรักษากัมมีเยลลี่เพื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ตามมาตรฐานข้อกำหนดจำนวนจุลินทรีย์ อ้างอิงจากภาคผนวก ฉ. ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่แห่ง โดยจะตรวจสอบใน 2 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งจะตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ดังต่อไปนี้

เชื้อ *Staphylococcus aureus* โดยวิธี BAM ต้องไม่พบในตัวอย่าง 1 กรัม

เชื้อ *Escherichia coli* โดยวิธี MPN ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ปริมาณยีสต์ รา ต้องไม่เกิน 100 โคลนิตต่อตัวอย่าง 1 กรัม

#### 2. การคำนวณหาจำนวนของจุลินทรีย์ (โคลนิตต่อกรัมตัวอย่าง)

กรณีที่ทำการตรวจนับจำนวนของโคลนิตแล้วมีน้อยกว่า 25 โคลนิต ให้รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนโคลนิตตัวอย่างที่นับได้ คูณกับ 1 หากด้วย dilution factor จำนวนเฉลี่ยโคลนิตที่นับได้เป็นทศนิยม 0.5 ปัดให้เป็น 1

กรณีที่ทำการตรวจนับจำนวนของโคลนิตแล้วมีมากกว่า 30 โคลนิต การคำนวณหาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU ต่อกรัมหรือ CFU ต่อมิลลิลิตรของอาหาร)

การคำนวณหา CFU ต่อกรัมหรือ CFU ต่อมิลลิลิตร ให้คูณจำนวนโคลนิตทั้งหมดที่นับได้หรือจำนวนโคลนิตเฉลี่ยกับส่วนกลับของ dilution factor

dilution factor = ระดับการเจือจาง × ระดับการเจือจางต่อไป × ปริมาณตัวอย่างที่เติมในจาน

จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้ = ส่วนกลับของ dilution factor × จำนวนโคลนิตที่นับได้

หรือ จำนวนจุลินทรีย์ที่นับได้ =  $x = \frac{\sum c}{(v_1 n_1 + 0.1 n_2) d}$

เมื่อ  $v_1$  = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ

$\sum c$  = ผลรวมของโคลนิตที่นับได้ทั้งหมดจากจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30-300 โคลนิต

$n_1$  = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30-300 โคลนิต ในระดับความเข้มข้นแรก

$n_2$  = จำนวนจานเพาะเชื้อที่นับได้ในช่วง 30-300 โคลนิต ในระดับความเข้มข้นที่ 2

$d$  = ระดับความเจือจางแรกที่สามารถนับเชื้อได้ในช่วง 30-300 โคลนิต

การรายงานค่า CFU ต่อกรัม นิยมรายงานโดยเขียนเป็นเลขทศนิยม 1 ตำแหน่ง โดยเขียนเฉพาะตัว

เลข 2 ตัวแรก ส่วนตัวที่ 3 ให้ปัดขึ้นหรือปัดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab

#### 1. วิธีการใช้งานโปรแกรม Minitab

เปิดโปรแกรม minitab และเริ่มกรอกข้อมูลที่ต้องการจะวิเคราะห์ ได้แก่ ปัจจัยการแปรผันต่างๆ เช่น ความพึงพอใจด้านประสาธสัมผัสของผู้บริโภคจำนวน 30 คน (1, 2, 3, 4 และ 5) และกรอกผลที่จะใช้วิเคราะห์ ค่าจากการคำนวณอาจจะมีหลายผลการทดลองในปัจจัยนั้น และผลการทดลองของแต่ละปัจจัยควรมีข้อมูลอย่างน้อย 3 ซ้ำ

เมื่อกรอกข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน โดยกดเลือกดังนี้

- กดที่คำว่า stat
- เลือกคำว่า ANOVA
- เลือกคำว่า General Linear Model และไปกดที่ Fit General Linear Model

จากนั้นเลือกข้อมูลที่จะทำการวิเคราะห์ โดยใส่ปัจจัยของผลการทดลองใส่ลงในช่อง Factors และผลของการทดลองใส่ในช่อง Responses

เสร็จเรียบร้อยแล้วกดที่คำว่า OK จะได้ตารางข้อมูลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนครั้งแรก จากนั้นทำการกดวิเคราะห์ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกดเลือกดังนี้

- กดที่คำว่า stat
- เลือกคำว่า ANOVA
- เลือกคำว่า General Linear Model และไปกดที่ Comparisons

เสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการเลือกปัจจัยและผลการทดลองที่ต้องการวิเคราะห์ที่ละผลการทดลอง (CRD) กดไปที่คำว่า OK จะได้ตารางการวิเคราะห์ ซึ่งจะแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ตัวอักษร A-Z หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ซ

## ข้อมูลการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

## 1. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง

ตารางภาคผนวกที่ ซ-1 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ถั่งเช่าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน

ผู้ทดสอบ	เนื้อสัมผัส		
	102	104	106
1	4	3	5
2	4	3	5
3	3	3	5
4	3	2	4
5	3	3	5
6	2	4	5
7	3	3	4
8	2	4	5
9	2	4	5
10	3	4	4
11	4	3	5
12	3	4	5
13	2	4	5
14	3	3	4
15	4	3	5
16	3	3	5
17	4	2	4
18	4	3	5
19	3	2	5
20	3	3	4
21	3	2	5
22	2	3	5
23	3	4	4
24	2	3	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทดสอบ	เนื้อสัมผัส (ต่อ)		
	102	104	106
26	3	2	4
27	3	3	5
28	3	4	5
29	2	3	4
30	3	3	5
ค่าเฉลี่ย	2.9	3.1	4.7
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.691	0.662	0.4661

ตารางภาคผนวกที่ ซ-2 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อความหวานของผลิตภัณฑ์กัมมี่ถั่งเช่าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน

ผู้ทดสอบ	ความหวาน		
	202	204	206
1	3	5	2
2	5	4	3
3	5	4	2
4	4	5	2
5	3	4	5
6	3	5	4
7	2	5	4
8	2	4	5
9	3	4	2
10	3	4	2
11	2	5	2
12	4	5	3
13	4	5	3
14	4	5	3
15	2	4	5
16	3	5	2
17	2	4	2
18	3	5	3

ผู้ทดสอบ	ความหวาน (ต่อ)		
	202	202	204
20	5	4	2
21	4	5	2
22	3	5	1
23	2	5	1
24	2	5	4
25	3	5	3
26	2	5	3
27	2	4	3
28	2	5	4
29	1	5	4
30	1	4	3
ค่าเฉลี่ย	2.90	4.63	2.90
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.09	0.49	1.09

ตารางภาคผนวกที่ ซ-3 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อความเปรี้ยวของผลิตภัณฑ์กัมมี่ถึงเช่าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน

ผู้ทดสอบ	ความเปรี้ยว		
	302	304	306
1	3	4	5
2	3	5	4
3	3	5	4
4	4	3	5
5	3	4	5
6	2	3	4
7	3	4	4
8	3	4	5
9	4	3	5
10	2	3	5
11	4	3	5
12	4	2	3

ผู้ทดสอบ	ความเปรี้ยว (ต่อ)		
	302	304	306
13	3	3	4
14	4	5	5
15	3	3	5
16	3	3	4
17	2	4	4
18	2	4	5
19	3	3	5
20	3	4	4
21	4	3	5
22	3	4	5
23	3	4	5
24	3	3	5
25	4	4	5
26	4	3	5
27	3	4	5
28	4	3	4
29	5	4	3
30	4	4	3
ค่าเฉลี่ย	3.27	3.60	4.50
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.74	0.72	0.68

ตารางภาคผนวกที่ ซ-4 เปรียบเทียบผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเติมถังเข้าสีทองของผลิตภัณฑ์กัมมี ถังเข้าสีทอง 3 ตัวอย่างจากผู้ทดสอบ 30 คน

ผู้ทดสอบ	รสชาติ		
	402	404	406
1	4	3	3
2	4	3	2
3	3	3	1
4	3	2	1
5	3	2	3

ผู้ทดสอบ	รสชาติ (ต่อ)		
	402	404	406
6	3	2	2
7	4	3	2
8	4	3	2
9	4	3	3
10	4	2	3
11	3	2	1
12	3	3	1
13	3	3	3
14	5	3	1
15	5	2	2
16	4	2	2
17	4	2	2
18	4	3	1
19	3	3	1
20	3	3	3
21	3	2	2
22	3	2	2
23	3	3	1
24	4	3	2
25	4	3	2
26	4	2	1
27	3	3	1
28	4	3	3
29	4	2	2
30	4	3	1
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>3.63</b>	<b>2.60</b>	<b>1.87</b>
<b>ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน</b>	<b>0.62</b>	<b>0.50</b>	<b>0.78</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ

**ตารางภาคผนวกที่ ข-5** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาความพึงพอใจต่อน้ำส้มผสมของผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ถึงเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล โดยใช้ปริมาณเพคตินที่ร้อยละ 1 , 2 และไม่เติมเพคติน (น้ำหนักต่อปริมาตร)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	57.09	28.5444	75.56	0.000
Error	87	32.87	0.3778		
Total	89	89.96			

**ตารางภาคผนวกที่ ข-6** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาความพึงพอใจต่อน้ำส้มผสมของผลิตภัณฑ์กัมมี่ถึงเช่าสีทองโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล โดยใช้ปริมาณเพคตินที่ร้อยละ 1 , 2 และไม่เติมเพคติน (น้ำหนักต่อปริมาตร) โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Sample	N	Mean	Grouping
102	30	2.93	B
104	30	3.10	B
106	30	4.70	A

**ตารางภาคผนวกที่ ข-7** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลโดยใช้ไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ในปริมาณอัตราส่วน 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	60.09	30.0444	34.23	0.000
Error	87	76.37	0.8778		
Total	89	136.46			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-8** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลโดยใช้ไซลิทอลต่อหญ้าหวาน ในปริมาณอัตราส่วน 29.9:0.1, 29.85:0.15 และ 29.8:0.2 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Sample	N	Mean	Grouping
202	30	2.900	B
204	30	4.6333	A
206	30	2.900	B

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-9** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณของไซตริกที่เหมาะสมโดยใช้ปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	24.42	12.2111	23.84	0.000
Error	87	44.57	0.5123		
Total	89	68.99			

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-10** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณปริมาณของไซตริกที่เหมาะสมโดยใช้ปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Sample	N	Mean	Grouping
302	30	3.267	B
304	30	3.600	B
306	30	4.500	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-11** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมโดยถั่งเช่าปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	51.36	25.6778	60.16	0.000
Error	87	37.13	0.4268		
Total	89	88.49			

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-12** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการวิเคราะห์การทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคในการทดลองหาปริมาณของถั่งเช่าสีทองที่เหมาะสมโดยถั่งเช่าปริมาณร้อยละ 0.5, 1 และ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Sample	N	Mean	Grouping
402	30	3.700	A
404	30	2.5667	B
406	30	1.867	C

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-13** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของตัวอักษร

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Sample	2	11.82	5.9111	8.02	0.001
Error	87	64.13	0.7372		
Total	89	75.96			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-14** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของตัวอักษร โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

รูปแบบ	N	Mean	Grouping
2	30	4.46667	A
3	30	3.86667	B
1	30	3.60000	B

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-15** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของภาพประกอบ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	7.622	3.8111	6.42	0.003
Error	87	51.667	0.5939		
Total	89	59.289			

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-16** ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบด้านความเหมาะสมของภาพประกอบ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

C1	N	Mean	Grouping
2	30	4.50000	A
1	30	3.90000	B
3	30	3.86667	B

**ตารางภาคผนวกที่ ซ-17** การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความเหมาะสมของสี

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	6.200	3.1000	4.63	0.012
Error	87	58.300	0.6701		
Total	89	64.500			

เอเจนซีเป็น 89 รายได้ 64.500 บาท สำหรับการจ้างงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญาดให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ซ-18 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบด้านความเหมาะสมของสี โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

C1	N	Mean	Grouping
2	30	4.53333	A
1	30	4.03333	B
3	30	3.93333	B

ตารางภาคผนวกที่ ซ-19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในการจัดองค์ประกอบสมดุล

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	11.27	5.6333	8.87	0.000
Error	87	55.23	0.6349		
Total	89	66.50			

ตารางภาคผนวกที่ ซ-20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบด้านการจัดองค์ประกอบสมดุล โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

C1	N	Mean	Grouping
2	30	4.66667	A
1	30	3.93333	B
3	30	3.90000	B

ตารางภาคผนวกที่ ซ-21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความน่าสนใจ

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	11.67	5.8333	8.87	0.000
Error	87	57.23	0.6579		
Total	89	68.90			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ซ-22 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบด้านความน่าสนใจ โดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

C1	N	Mean	Grouping
2	30	4.53333	A
1	30	3.86667	B
3	30	3.70000	B

ตารางภาคผนวกที่ ซ-23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบในด้านความชอบโดยรวม

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C1	2	11.67	5.8333	8.87	0.000
Error	87	57.23	0.6579		
Total	89	68.90			

ตารางภาคผนวกที่ ซ-24 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อบรรจุภัณฑ์กัมมีเยลลี่ทั้ง 3 รูปแบบด้วยองค์ประกอบด้านความชอบโดยรวมโดยใช้วิธีของ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

C1	N	Mean	Grouping
2	30	4.56667	A
1	30	4.06667	B
3	30	3.76667	B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ฅ

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 213) พ.ศ.2543

เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะที่ปิดสนิท

หน้า ๑๐๓

เล่ม ๑๑๘ ตอนพิเศษ ๖ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๔ มกราคม ๒๕๔๔

## ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

(ฉบับที่ ๒๑๓) พ.ศ. ๒๕๔๓

เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ และมาตรา ๖ (๓) (๔) (๕) (๖) (๗) และ (๑๐) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๕ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ และมาตรา ๕๐ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๘๕ (พ.ศ. ๒๕๒๘) เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ ๑๗ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๒๘

ข้อ ๒ ให้แยม เยลลี่ และมาร์มาเลดในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

“แยม” หมายความว่า ผลึกภัณฑ์ที่ทำจากส่วนประกอบผลไม้ ซึ่งอาจเป็นผลไม้ทั้งผล ผลไม้เป็นชิ้น เนื้อผลไม้ หรือผลไม้ปั่น ผสมกับน้ำตาล หรือจะผสมน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้นด้วยก็ได้ และทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๑๐๔

เล่ม ๑๑๘ ตอนพิเศษ ๖ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๔ มกราคม ๒๕๔๔

“เฮลตี้” หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ล้วนที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ หรือทำจากน้ำผลไม้ล้วนที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็ง ซึ่งผ่านการกรองและผสมกับน้ำตาลทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ ทั้งนี้ ให้รวมถึงเฮลตี้ที่อยู่ในลักษณะแห้งด้วย

“มาร์มาเลด” หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผลไม้ตระกูลส้ม ซึ่งอาจเป็นผลไม้ทั้งผล ผลไม้เป็นชิ้น เนื้อผลไม้ หรือผลไม้บดผสมกับเปลือกหรือเนื้อผลไม้ชิ้นบางๆ และน้ำตาล หรือจะผสมน้ำผลไม้ตระกูลส้มด้วยก็ได้ และทำให้มีความข้นเหนียวพอเหมาะ

เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติตามประกาศนี้ คำว่า “ผลไม้” ให้หมายความรวมถึงผักที่เหมาะสมในการใช้ทำแยมและเฮลตี้ซึ่งสด ไม่เน่าเสีย ไม่เป็นโรคหรือมีรา ดังกล่าวจัดผงฝุ่นละอองสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช และสิ่งอื่นที่ติดปนมาด้วยแล้ว

ข้อ ๔ แยม เฮลตี้ และมาร์มาเลด ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(๑) มีกลิ่นรสตามลักษณะเฉพาะของแยม เฮลตี้ หรือมาร์มาเลด แล้วแต่กรณี

(๒) มีสารที่ละลายได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๖๕ ของน้ำหนัก

(๓) มีค่าความเป็นกรด - ด่าง อยู่ระหว่าง ๒.๘ ถึง ๓.๕

(๔) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

(๕) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์หรือสารเป็นพิษอื่นในปริมาณ

ที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๑๐๕

เล่ม ๑๑๘ ตอนพิเศษ ๖ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๔ มกราคม ๒๕๔๔

(บ) ตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า ๓ ค่อแยม เซลล์ หรือมาร์มาเลด ๑ กรัม แล้วแต่กรณี โดยวิธี เอ็ม พี เอ็น (Most Probable Number)

(๗) ไม่มีวัตถุที่ให้ความหวานชนิดอื่นนอกจากน้ำตาล

(๘) ตรวจพบสารปนเปื้อนดังต่อไปนี้ได้ไม่เกิน

(๘.๑) ตะกั่ว ๑ มิลลิกรัม ค่อแยม เซลล์ หรือมาร์มาเลด ๑ กิโลกรัม

(๘.๒) ดีบุก ๒๕๐ มิลลิกรัม ค่อแยม เซลล์ หรือมาร์มาเลด ๑ กิโลกรัม (คำนวณเป็น Sn)

ข้อ ๕ แยม เซลล์ และมาร์มาเลด นอกจากต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามข้อ ๕ แล้ว ให้มีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้ด้วย คือ

(๑) แยมที่ทำจากผลไม้ชนิดเดียว ให้มีส่วนที่เป็นผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๓๐ ของน้ำหนัก เว้นแต่ผลไม้ดังต่อไปนี้ให้มีส่วนที่เป็นผลไม้ตามที่กำหนดดังนี้

(๑.๑) ฝรั่ง ให้มีไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑๕ ของน้ำหนัก

(๑.๒) เนื้อมะม่วงหิมพานต์ ให้มีไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๐ ของน้ำหนัก

(๑.๓) กระจับปิง มะม่วง ให้มีไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๕ ของน้ำหนัก

(๒) แยมที่ทำจากผลไม้ ๒ ชนิด ให้มีส่วนที่เป็นผลไม้หลักไม่น้อยกว่าร้อยละ ๕๐ แต่ไม่เกินร้อยละ ๗๕ ของผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๑๐๖

เล่ม ๑๑๘ ตอนพิเศษ ๖ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๕ มกราคม ๒๕๕๕

(๓) แยมที่ทำจากผลไม้ ๓ ชนิด ให้มีส่วนที่เป็นผลไม้หลักไม่น้อยกว่าร้อยละ ๓๓.๓๓ แต่ไม่เกินร้อยละ ๗๕ ของผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบทั้งหมด

(๔) แยมที่ทำจากผลไม้ตั้งแต่ ๔ ชนิด ให้มีส่วนที่เป็นผลไม้หลักไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๕ แต่ไม่เกินร้อยละ ๗๕ ของผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบทั้งหมด

(๕) เยลลี่ ให้มีน้ำผลไม้หรือน้ำที่สกัดได้จากผลไม้ที่ใช้ทำไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๐ ของน้ำหนัก

(๖) มาร์มาเลด ให้มีปริมาณผลไม้ที่ใช้ทำโดยรวมทั้งเนื้อ น้ำ หรือส่วนน้ำที่สกัดได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๒๐ ของน้ำหนัก โดยไม่รวมเปลือก

ข้อ ๖ การใช้วัตถุเจือปนอาหาร สีผสมอาหาร หรือวัตถุแต่งกลิ่นรสอาหารในแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กำหนดไว้ในบัญชีท้ายประกาศนี้

ข้อ ๗ ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด เพื่อจำหน่ายต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร

ข้อ ๘ การใช้ภาชนะบรรจุแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ภาชนะบรรจุ

ข้อ ๙ การแสดงฉลากของแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า ๑๐๗

เล่ม ๑๑๘ ตอนพิเศษ ๖ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๔ มกราคม ๒๕๔๔

ข้อ ๑๐ ให้ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือใบสำคัญการใช้ฉลากอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๘๕ (พ.ศ. ๒๕๒๘) เรื่อง แยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ลงวันที่ ๑๗ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๒๘ ซึ่งออกให้ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับยังคงใช้ต่อไปได้อีกสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ ๑๑ ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้าแยม เยลลี่ และมาร์มาเลด ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ ขึ้นคำขอรับเลขสารบบอาหารภายในหนึ่งปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ เมื่อขึ้นคำขอดังกล่าวแล้วให้ได้รับการผ่อนผันการปฏิบัติตามข้อ ๗ ภายในสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และให้คงใช้ฉลากเดิมที่เหลืออยู่ต่อไปจนกว่าจะหมดแต่ต้องไม่เกินสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ ๑๒ ประกาศนี้ ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๓

ดร. ทักษะรังสี

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

ภาคผนวก ญ  
ข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของเยลลี่แข็ง

มผช. ๕๑๙/๒๕๕๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน  
เยลลี่อ่อน

๑. ขอบข่าย

- ๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะเยลลี่พร้อมบริโภครวมอยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง บรรจุในภาชนะบรรจุ ไม่ครอบคลุมถึงเยลลี่เหลวและเยลลี่แข็งที่ได้ประกาศเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้ว

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

- ๒.๑ เยลลี่อ่อน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำผลไม้ ผัก ธัญชาติ หรือสมุนไพร มาคั้นหรือสกัดแล้วผสมกับสารให้ความหวานและสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาราจีแนน วุ้น ในปริมาณที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในลักษณะกึ่งแข็ง อาจผสมกรดผลไม้และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ผลไม้ ผัก ธัญชาติ สมุนไพร เคี้ยวให้มีความชื้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิที่เหมาะสม อาจแต่งสีและกลิ่นรสด้วยก็ได้ บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดได้สนิท

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

- ๓.๑ ลักษณะทั่วไป  
ต้องเป็นก้อนวุ้น และคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ
- ๓.๒ สี  
ต้องมีสีที่ตัดตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ
- ๓.๓ กลิ่นรส  
ต้องมีกลิ่นรสที่ตัดตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์
- ๓.๔ ลักษณะเนื้อสัมผัส  
ต้องนุ่ม หยุ่นตัว ไม่แข็งกระด้าง
- เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ ๔.๑ แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า ๓ คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ ๑ คะแนน จากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง
- ๓.๕ สิ่งแปลกปลอม  
ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มพช. ๕๑๙/๒๕๕๗

๓.๖ วัตถุเจือปนอาหาร

หากมีการใช้สีและวัตถุกันเสีย ให้ใช้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

๓.๗ จุลินทรีย์

- ๓.๗.๑ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน  $1 \times 10^6$  โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๗.๒ สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๗.๓ เอสเชอริเชีย โคลิ โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า ๓ ต่อตัวอย่าง ๑ กรัม
- ๓.๗.๔ ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน ๑๐๐ โคโลนีต่อตัวอย่าง ๑ กรัม

๔. สุขลักษณะ

- ๔.๑ สุขลักษณะในการทำเยลลี่อ่อน ให้เป็นไปตามคำแนะนำตามภาคผนวก ก.

๕. การบรรจุ

- ๕.๑ ให้บรรจุเยลลี่อ่อนในภาชนะบรรจุที่สะอาดแห้ง ผนึกได้สนิท และสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้
- ๕.๒ น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้นของเยลลี่อ่อนในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

๖. เครื่องหมายและฉลาก

- ๖.๑ ที่ภาชนะบรรจุเยลลี่อ่อนทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน
    - (๑) ชื่อเรียกผลิตภัณฑ์ เช่น เยลลี่อ่อนรสกระเจียว เยลลี่อ่อนสมุนไพร
    - (๒) ส่วนประกอบที่สำคัญ
    - (๓) ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)
    - (๔) น้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้น
    - (๕) วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า “ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี)”
    - (๖) ข้อแนะนำในการบริโภคและการเก็บรักษา เช่น เก็บได้ในอุณหภูมิห้อง ควรเก็บไว้ในตู้เย็น
    - (๗) ชื่อผู้ทำ หรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน
- ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ๗. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- ๗.๑ รุ่น ในที่นี้ หมายถึง เยลลี่อ่อนที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำในระยะเวลาเดียวกัน
- ๗.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้
- ๗.๒.๑ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลาก ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่าง ต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๕ ข้อ ๕. และข้อ ๖. จึงจะถือว่าเยลลี่อ่อนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๒ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส ให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ ๗.๒.๑ แล้ว จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๑ ถึงข้อ ๓.๔ จึงจะถือว่าเยลลี่อ่อนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๓ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๒ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมกันไม่น้อยกว่า ๒๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๖ จึงจะถือว่าเยลลี่อ่อนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๒.๔ การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน ๓ หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมกันไม่น้อยกว่า ๓๐๐ กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ ๓.๗ จึงจะถือว่าเยลลี่อ่อนรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด
- ๗.๓ เกณฑ์ตัดสิน  
ตัวอย่างเยลลี่อ่อนต้องเป็นไปตามข้อ ๗.๒.๑ ข้อ ๗.๒.๒ ข้อ ๗.๒.๓ และข้อ ๗.๒.๔ ทุกข้อ จึงจะถือว่าเยลลี่อ่อนรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

## ๘. การทดสอบ

- ๘.๑ การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัส
- ๘.๑.๑ ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบเยลลี่อ่อนอย่างน้อย ๕ คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ
- ๘.๑.๒ เทตัวอย่างเยลลี่อ่อนลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม
- ๘.๑.๓ หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ ๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มผช. ๕๑๙/๒๕๕๗

**ตารางที่ ๑ หลักเกณฑ์การให้คะแนน**  
(ข้อ ๘.๑.๓)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน(คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นก้อนวัน และคงรูปเมื่อเทออกจากภาชนะบรรจุ	๔	๓	๒	๑
สี	ต้องมีสีที่ตีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้และสม่ำเสมอ	๔	๓	๒	๑
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ไม่มีกลิ่นแอลกอฮอล์ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์	๔	๓	๒	๑
ลักษณะเนื้อสัมผัส	ต้องนุ่ม หยุ่นตัว ไม่แข็งกระด้าง	๔	๓	๒	๑

- ๘.๒ การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ
- ๘.๓ การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- ๘.๔ การทดสอบจุลินทรีย์ ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ
- ๘.๕ การทดสอบน้ำหนักสุทธิหรือจำนวนชิ้น ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสมหรือใช้วิธีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก  
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 100 (พ.ศ.2529)  
เรื่อง การแสดงฉลากของวุ้นสำเร็จรูปและขนมเยลลี่



ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 100 (พ.ศ.2529)

เรื่อง การแสดงฉลากของวุ้นสำเร็จรูปและขนมเยลลี่

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6(10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้วุ้นสำเร็จรูปและขนมเยลลี่ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท เป็นอาหารที่ต้องมีฉลาก

ข้อ 2 ในประกาศนี้

วุ้นสำเร็จรูป หมายความว่า ผลลิกทิกซ์ที่มีลักษณะนุ่มและยืดหยุ่นเป็นวุ้น ทำจากน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก และอาจมีน้ำผลไม้ผสมอยู่ หรือปรุงแต่งด้วยสีหรือสารแต่งกลิ่นรสอีกด้วย และให้หมายความรวมถึงวุ้นสำเร็จรูปที่เป็นชนิดแห้งด้วย

ขนมเยลลี่ หมายความว่า วุ้นสำเร็จรูปที่มีน้ำผลไม้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก และไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำหนัก และให้หมายความรวมถึงขนมเยลลี่ที่เป็นชนิดแห้งด้วย

น้ำผลไม้ หมายความว่า น้ำผลไม้ส่วนที่ได้จากการคั้นหรือสกัดจากผลไม้ หรือทำจากน้ำผลไม้ที่ผ่านกรรมวิธี หรือทำให้เข้มข้นหรือแช่แข็ง ซึ่งผ่านการกรองแล้ว และให้หมายความรวมถึงผักที่เหมาะสมในการทำวุ้นสำเร็จรูป และขนมเยลลี่ด้วย

ข้อ 3 การแสดงฉลากของวุ้นสำเร็จรูปและขนมเยลลี่ ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 68 (พ.ศ.2525) เรื่อง ฉลาก ลงวันที่ 29 เมษายน พ.ศ.2525 ยกเว้นข้อ 3 ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับนี้

ข้อ 4 ฉลากของวุ้นสำเร็จรูปและขนมเยลลี่ที่จำหน่ายโดยตรงต่อผู้บริโภค ต้องมีข้อความภาษาไทย แต่จะมีภาษาต่างประเทศด้วยก็ได้ และจะต้องมีข้อความแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- (1) ชื่ออาหาร
- (2) เลขทะเบียนคำรับอาหาร (ถ้ามี)
- (3) ชื่อของวัตถุที่เป็นตัวทำให้นุ่มและยืดหยุ่นเป็นวุ้น ไว้ในวงเล็บกำกับชื่ออาหาร
- (4) ปริมาณเป็นร้อยละของน้ำหนักของน้ำผลไม้ที่เป็นส่วนประกอบกำกับชื่อไว้ด้วยกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้เผยแพร่เห็นชอบหรือเห็นว่าการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
เป็นขนมเยลลี่

(5) ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิต หรือของผู้แบ่งบรรจุเพื่อจำหน่าย แล้วแต่กรณี วันสำเร็จรูป และขนมเยลลี่ ที่ผลิตในประเทศอาจแสดงสำนักงานใหญ่ของผู้ผลิตหรือของผู้แบ่งบรรจุก็ได้ สำหรับวัน สำเร็จรูปและขนมเยลลี่ที่นำเข้าให้แสดงประเทศผู้ผลิตด้วย

(6) ปริมาณสุทธิเป็นระบบเมตริก

(ก) อาหารที่เป็นผง หรือแห้ง ให้แสดงน้ำหนักสุทธิ

(ข) อาหารที่มีลักษณะครึ่งแข็งครึ่งเหลว อาจแสดงเป็นน้ำหนักสุทธิหรือปริมาตรสุทธิก็

ได้

(7) ส่วนประกอบที่สำคัญเป็นร้อยละของน้ำหนักโดยประมาณ

(8) วัน เดือน และปีที่หมดอายุโดยมีคำว่า "หมดอายุ" กำกับไว้ด้วย เว้นแต่ขนมเยลลี่และวัน สำเร็จรูปชนิดแห้ง อาจแสดงวัน เดือน และปีที่ผลิต หรือ เดือน และปีที่หมดอายุ โดยมีคำว่า "ผลิต" หรือ "หมดอายุ" กำกับไว้ด้วย แล้วแต่กรณี

(9) วิธีปรุงเพื่อรับประทาน (ถ้ามี)

(10) คำเตือนในกรณีบริโภค (ถ้ามี)

(11) คำแนะนำในการเก็บรักษา (ถ้ามี)

(12) ข้อความว่า "เจือสีธรรมชาติ" หรือ "เจือสีสังเคราะห์" ถ้ามีการใช้ แล้วแต่กรณี

(13) ข้อความว่า "แต่งกลิ่นธรรมชาติ" "แต่งกลิ่นเลียนธรรมชาติ" "แต่งกลิ่นสังเคราะห์" "แต่งรสธรรมชาติ" หรือ "แต่งรสเลียนธรรมชาติ" ถ้ามีการใช้ แล้วแต่กรณี

(14) ข้อความว่า "ใช้วัตถุกันเสีย" ถ้ามีการใช้

(15) ข้อความว่า "เด็กควรบริโภคแต่น้อย" ด้วยตัวอักษรสีแดงขนาด 5 มิลลิเมตร ในกรอบ พื้นสีขาว ในกรณีที่เป็นวันสำเร็จรูป

ข้อ 5 ประกาศฉบับนี้

(1) ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดเก้าสิบวันนับแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

(2) ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้า ซึ่งวันสำเร็จรูปและขนมเยลลี่ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ฉลากไว้แล้ว หรือ ที่ได้จัดทำฉลากไว้ใช้ก่อนวันที่ประกาศฉบับที่ใช้บังคับ ขึ้นคำขอแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้อง หรือขอใช้ ฉลากภายในหกสิบวันนับแต่วันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับ และเมื่อได้ยื่นคำขอดังกล่าวแล้วให้คงใช้ฉลาก นั้นไปพลางก่อนได้ จนกว่าจะได้รับอนุญาตหรือถึงวันที่ผู้อนุญาตได้แจ้งให้ทราบถึงการไม่อนุญาตให้ใช้ ฉลากนั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการอนุญาตให้ใช้ฉลากใหม่ตามวรรคหนึ่ง ถ้าปรากฏว่าฉลากเดิมที่ได้จัดทำไว้ใช้ก่อนวันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับเหลืออยู่ และไม่ถูกต้องตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับนี้ ผู้อนุญาตจะอนุญาตให้ใช้ฉลากเดิมไปพลางก่อนจนกว่าจะหมดก็ได้แต่ต้องไม่เกินหนึ่งร้อยแปดสิบวัน นับแต่วันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับ

ประกาศ ณ วันที่ 10 เมษายน พ.ศ.2529

เทอดพงษ์ ไชยนันทน์

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ รักษาการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 103 ตอนที่ 81 ลงวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2529)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก  
ประกาศสำนักโภชนาการ กรมอนามัย  
เรื่อง สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

**สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล**

\*\*\*\*\*

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย

สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ที่นิยมใช้นั้นมีมากมายหลายชนิด เช่น

- โซเดียมไซคลาเมท (Sodium cyclamate) มีความหวาน 30 เท่าของน้ำตาลทราย
- ดัลซิน (Dulcin) หรือซูครอล (Sucrol) มีความหวาน 200 เท่าของน้ำตาลทราย
- ซัคคาริน (Saccharin) มีความหวานเป็น 500 เท่าของน้ำตาลทราย ส่วนในรูปของโซเดียมซัคคาริน ซึ่งเป็นรูปที่นิยมใช้ มีความหวานประมาณ 300-500 เท่าของน้ำตาลทราย
- อะซิซัลเฟม-เค ให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาล 200 เท่า
- แอสปาร์เทม มีความหวาน 200 เท่าของน้ำตาลทราย
- ซอร์บิทอล (Sorbitol) มีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลทราย คือประมาณ 1/2 - 2/3 เท่าของน้ำตาลทราย
- สตีวิโอไซด์ (Stevioside) มีความหวานประมาณ 150-300 เท่าของน้ำตาลทราย
- ซัลลิตอล (Xylitol) มีความหวานเท่ากับน้ำตาลทราย
- ไดโซเดียมกลูซิซิลริซิเนต และไตรโซเดียมกลูซิซิลริซิเนต มีความหวาน 4,000 เท่าของน้ำตาลทราย

ซึ่งสารให้ความหวานหรือน้ำตาลเทียมข้างต้น มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป จึงมีการนำมาใช้ในวัตถุประสงค์ แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม มีสารให้ความหวานแทนน้ำตาลบางชนิดที่ก่อให้เกิดพิษภัยต่อสุขภาพ ของผู้บริโภค กระทรวงสาธารณสุขจึงได้ประกาศห้ามใช้ใสในอาหารทุกชนิด รวมทั้งนำเข้าสารเคมีดังกล่าว เข้ามาในราชอาณาจักร สารดังกล่าว ได้แก่

- โซเดียมไซคลาเมท
- ดัลซิน
- สตีวิโอไซด์

นอกจากนี้ ยังมีข้อกำหนดห้ามใช้ซัคคาริน กับผลิตภัณฑ์อาหารบางประเภท ได้แก่ เครื่องปรุงรส และเครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ทุกชนิด ด้วยเหตุผลที่ว่า ซัคคารินเป็นสารที่ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย จึงไม่เกิดประโยชน์ต่อผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้บริโภคในวัยเด็ก ซึ่งอยู่ในช่วงที่ต้องการพลังงานสูง<sup>[1]</sup>

สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ได้แก่

1. ซัคคาริน หรือซันทสกร ให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาลทรายถึง 300-700 เท่า
2. แอสปาร์เทม ให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาล 200 เท่า มีรสชาติใกล้เคียงกับน้ำตาลทรายมากที่สุด จึงเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มในปัจจุบัน
3. อะซิซัลเฟม-เค ให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาล 200 เท่า
4. ซูคราโลส ให้ความหวานสูงกว่าน้ำตาลทรายถึง 600 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่บริโภคได้ต่อวัน

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 อนุญาตให้ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือไซรวมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลใด โดยให้ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO, Codex) โดยปริมาณที่องค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา (USDA) อนุญาตให้รับบริโภคได้ตามค่า acceptable daily intake levels (ADI) ซึ่งสารให้ความหวานหรือน้ำตาลเทียมแต่ละชนิดจะมีค่า ADI แตกต่างกัน ดังนี้<sup>[2]</sup>

- แอสปาร์เทม ค่า ADI เท่ากับ 40-50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน
- ซัคคาริน ค่า ADI เท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน
- อะซิซัลเฟมโพแทสเซียม ค่า ADI เท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน
- ซูคราโลส เท่ากับ, ค่า ADI เท่ากับ 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน

## ประโยชน์ของน้ำตาลเทียม

1. ลดปริมาณพลังงานในอาหาร เหมาะสำหรับผู้ที่ควบคุมน้ำหนัก
2. สามารถใช้ในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ที่ต้องควบคุมน้ำตาลในเลือด

## โทษของน้ำตาลเทียม

1. โทษของน้ำตาลเทียมแต่ละประเภทไม่เหมือนกัน หากเป็นซัคคารินหรือซึนพลกร มีรายงานการวิจัยว่าทำให้เกิดมะเร็งในหนูเมื่อใช้ในขนาดสูง ควรหลีกเลี่ยง<sup>[2]</sup>
2. การบริโภคน้ำตาลเทียม ทำให้น้ำหนัก เส้นรอบเอว และดัชนีมวลกายเพิ่มขึ้น และเพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคอ้วนลงพุง โดยมีรายงานการวิจัยแบบ Meta analysis โดยทำการทบทวนงานวิจัยจำนวน 5 เรื่อง จำนวนตัวอย่างรวม 27,914 คน วิธีการศึกษาแบบไปข้างหน้าจากเหตุไปหาผล (Cohort Studies) โดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มคนที่บริโภคน้ำตาลเทียมน้อยที่สุด กับกลุ่มคนที่บริโภคน้ำตาลเทียมมากที่สุด พบว่าคนที่บริโภคน้ำตาลเทียมมากที่สุด จะเพิ่มความเสี่ยงในเรื่องเกี่ยวกับกลุ่มโรคเมตาบอลิก (อ้วนลงพุง) เพิ่มมากขึ้น ร้อยละ 31 และยังพบว่ากลุ่มที่บริโภคน้ำตาลเทียมมีดัชนีมวลกาย น้ำหนักและเส้นรอบเอวเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับคนที่ไม่บริโภคน้ำตาลเทียมเลย<sup>[3]</sup>
3. การบริโภคน้ำตาลเทียมเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะน้ำหนักเกินและโรคอ้วนเพิ่มขึ้น รายงานการวิจัยแบบ Meta analysis ที่ทบทวนงานวิจัยและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องดื่มที่ผสมน้ำตาลและน้ำตาลเทียมกับโรคอ้วน จากงานวิจัยจำนวน 11 เรื่อง พบว่าการบริโภคเครื่องดื่มที่มีน้ำตาลทำให้มีความเสี่ยงจะเป็นโรคอ้วนเพิ่มขึ้นร้อยละ 18 ในขณะที่มี 3 ผลการศึกษา เรื่องการบริโภคน้ำตาลเทียมทำให้มีความเสี่ยงจะเป็นโรคอ้วนได้ร้อยละ 59 ซึ่งมีการอภิปรายผลการศึกษาว่า ผู้มีภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วนมีพฤติกรรมการดื่มน้ำตาลเทียมมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักตามมาตรฐาน เนื่องจากกลุ่มที่ดื่มน้ำตาลเทียมที่ใช้น้ำตาลเทียม นั้น เลือกรับประทานอาหารที่มีพลังงานสูงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ป่วยภาวะอ้วน และน้ำหนักเกินที่ดื่มน้ำตาลปกติที่มีน้ำตาล ผลการศึกษาดังกล่าวเป็นไปได้ว่าอาจเป็นเพราะผู้ที่ดื่มน้ำตาลเทียมที่ใช้น้ำตาลเทียมคิดว่าการดื่มน้ำตาลที่ไม่มีพลังงาน ทำให้สามารถบริโภคอาหารที่มีพลังงานสูงกว่าเดิมได้เพิ่มขึ้น และมักจะบริโภคในปริมาณที่มากขึ้นไป<sup>[4]</sup>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งผลการประเมินระดับน้ำตาลในเลือดและระดับอินซูลิน โดยทำการบริโภคน้ำตาลเทียมเป็นประจำวันปริมาณมากๆ จะส่งผลเช่นเดียวกันกับการบริโภคอาหารที่ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดขึ้นสูง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาใช้

(glycemic load) ได้แก่ อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต ส่งผลให้เกิดภาวะการย่อยน้ำตาลบกพร่อง (glucose intolerance) และภาวะดื้ออินซูลิน อีกทั้งยังทำให้การรับรู้รสชาติเปลี่ยนไป ทำให้พฤติกรรมการบริโภคเปลี่ยนแปลงไปด้วย เนื่องจากเกิดความอยากบริโภคอาหารและเครื่องดื่มรสหวาน ทำให้มีการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเหล่านี้เพิ่มขึ้นจากปกติ ส่งผลต่อการเกิดโรคเมตาบอลิกและโรคเบาหวานชนิดที่ 2<sup>[5]</sup>

### ข้อควรระวัง

การดื่มน้ำอัดลมสูตรไม่มีน้ำตาล มีข้อดีคือ ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย และทำให้รู้สึกสดชื่นขึ้นจากความซ่าที่มาจากแก๊สที่บรรจุอยู่ในน้ำอัดลม แต่ก็มีข้อควรระวังเช่นกัน เนื่องจากหากดื่มติดต่อกันและดื่มในปริมาณมากๆ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ติดรสหวาน มีความอยากบริโภคอาหารรสหวานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาว โดยเป็นสาเหตุของโรคอ้วนลงพุง และโรคเบาหวาน เป็นต้น

ปัจจุบันได้มีการออกสัญลักษณ์โภชนาการอย่างง่าย ได้แก่ สัญลักษณ์โภชนาการ “ทางเลือกสุขภาพ” (Healthier Choice logo) ที่แสดงคุณสมบัติทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจเลือกซื้อได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องใช้เวลานาน โดยน้ำอัดลมสูตรไม่มีน้ำตาล เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งซึ่งได้รับสัญลักษณ์ดังกล่าว แต่ไม่ได้หมายความว่า น้ำอัดลมสูตรไม่มีน้ำตาลเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ หากแต่เป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคใช้เปรียบเทียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน เช่น หากจะดื่มน้ำอัดลม ให้เลือกดื่มน้ำอัดลมสูตรไม่มีน้ำตาลจะดีกว่าน้ำอัดลมสูตรปกติเท่านั้น

### ข้อแนะนำ

ก่อนจะซื้ออาหาร เครื่องดื่มหรือผลิตภัณฑ์ใดๆ ควรอ่านฉลากให้ถ้วนถี่ทุกครั้งก่อนซื้อ ถ้าหากจะใช้น้ำตาลเทียมเองให้ใช้ในปริมาณเล็กน้อยหรือไม่เกินปริมาณที่กำหนด หรืออาจจำเทคนิคง่ายๆและนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อสุขภาพที่ดี<sup>[6]</sup> ดังนี้

- ชิม ก่อนปรุงทุกครั้ง
- งด เติมน้ำตาลหรือปรุงรสหวานเพิ่มในอาหาร
- เลี่ยง การกินขนมหวาน เปลี่ยนมากินผลไม้รสหวานน้อย
- เลี่ยง การดื่มเครื่องดื่มรสหวานทุกชนิด เช่น น้ำอัดลม ชา กาแฟ นมปรุงแต่งรส
- เริ่ม อ่านฉลากโภชนาการก่อนซื้อทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง  
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 360) พ.ศ.2556  
เรื่อง สตีวียอลไกลโคไซด์

หน้า ๓๗  
เล่ม ๑๓๐ ตอนพิเศษ ๔๑ ง      ราชกิจจานุเบกษา      ๓๑ กรกฎาคม ๒๕๕๖

**ประกาศกระทรวงสาธารณสุข**

(ฉบับที่ ๓๖๐) พ.ศ. ๒๕๕๖  
เรื่อง สตีวียอลไกลโคไซด์

โดยที่เป็นการสมควรให้มีการใช้สตีวียอลไกลโคไซด์ (Steviol glycosides) ซึ่งประกอบด้วย สตีวียอไซด์ (Stevioside) รีบาวดิโอไซด์ เอ (Rebaudioside A) รีบาวดิโอไซด์ บี (Rebaudioside B) รีบาวดิโอไซด์ ซี (Rebaudioside C) รีบาวดิโอไซด์ ดี (Rebaudioside D) รีบาวดิโอไซด์ เอฟ (Rebaudioside F) ดัลโคไซด์ เอ (Dulcoside A) รูบัสไซด์ (Rubusoside) และ สตีวียอลไบโอไซด์ (Steviolbioside) เป็นวัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญด้านวัตถุเจือปนอาหารของ องค์การอาหารและเกษตร และองค์การอนามัยโลก แห่งสหประชาชาติ (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA) ได้ประเมินและกำหนดค่าความปลอดภัย (Acceptable Daily Intake, ADI) แล้ว

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ วรรคหนึ่ง และมาตรา ๖ (๑) (๒) (๔) (๕) (๖) (๗) (๘) และ (๑๐) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการ เกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๙ ประกอบกับมาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๓ และมาตรา ๔๕ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจ ตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข ออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิก ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๒๖๒) พ.ศ. ๒๕๔๕ เรื่อง สตีวียอไซด์ และอาหารที่มีส่วนผสมของสตีวียอไซด์ ลงวันที่ ๒๖ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๕

ข้อ ๒ ให้สตีวียอลไกลโคไซด์เป็นวัตถุเจือปนอาหาร

ข้อ ๓ สตีวียอลไกลโคไซด์ (Steviol glycosides) หมายถึงความรวม สารสกัดบริสุทธิ์จาก ใบหญ้าหวาน (*Stevia rebaudiana* Bertoni) ซึ่งประกอบด้วย สตีวียอไซด์ (Stevioside) รีบาวดิโอไซด์ เอ (Rebaudioside A) รีบาวดิโอไซด์ บี (Rebaudioside B) รีบาวดิโอไซด์ ซี (Rebaudioside C) รีบาวดิโอไซด์ ดี (Rebaudioside D) รีบาวดิโอไซด์ เอฟ (Rebaudioside F) ดัลโคไซด์ เอ (Dulcoside A) รูบัสไซด์ (Rubusoside) และ สตีวียอลไบโอไซด์ (Steviolbioside)

ข้อ ๔ การผลิตหรือนำเข้าเพื่อจำหน่ายสตีวียอลไกลโคไซด์ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๒๘๑) พ.ศ. ๒๕๔๗ เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร ลงวันที่ ๑๘ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๗ ยกเว้น การปฏิบัติตามข้อ ๔ และข้อ ๖ ให้ปฏิบัติตามประกาศนี้

ข้อ ๕ สตีวียอลไกลโคไซด์ ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

ชื่อสารเคมี : สตีวียอไซด์ : 13-[(2-O-β-D-glucopyranosyl-β-D-glucopyranosyl)oxy]kaur-16-en-18-olic acid หรือ β-D-glucopyranosyl ester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสืบค้นในวงจำกัด ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\beta$ -D-glucopyranosyl-3-O- $\beta$ -D-glucopyranosyl- $\beta$ -D-glucopyranosyl)oxy]kaur-16-en-18-oic acid หรือ  $\beta$ -D-glucopyranosyl ester [CAS : 58543-16-1, INS No. 960]

สูตร : สตีวอไซด์ :  $C_{39}H_{60}O_{18}$  น้ำหนักโมเลกุล ๘๐๔.๘๘

ริบาวติอไซด์ เอ :  $C_{44}H_{70}O_{23}$  น้ำหนักโมเลกุล ๙๖๗.๐๓

คุณลักษณะ : เป็นผงสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ไม่มีกลิ่นหรือมีกลิ่นเฉพาะ มีความหวานมากกว่าน้ำตาลทราย ๒๐๐ - ๓๐๐ เท่า

ข้อกำหนดเฉพาะ :

- ปริมาณสารในกลุ่มสตีวอไซด์โกลโคไซด์รวมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ ๙๕ ของน้ำหนักแห้ง
- การละลาย ละลายน้ำได้ดี
- pH ๔.๕-๗.๐ ของสารละลาย ๑ ใน ๑๐๐ ส่วน
- ความบริสุทธิ์ : เก้า ไม่เกินร้อยละ ๑
- การเสียน้ำหนักเมื่อแห้ง (ที่อุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส, ๒ ชั่วโมง) : ไม่เกินร้อยละ ๖.๐
- ปริมาณสารละลายตกค้าง : เมทานอล ไม่เกิน ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ เอทานอล

ไม่เกิน ๕,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ข้อจำกัดของสารแปรสภาพ : สารหนู ไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตะกั่ว ไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

การบรรจุและการเก็บรักษา : เก็บในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

คุณภาพหรือมาตรฐาน : อ้างอิงจาก JECFA Monograph (๒๐๑๐) หรือหากมีการแก้ไขให้มีคุณภาพหรือ มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ในฉบับล่าสุด

ข้อ ๖ การใช้สตีวอไซด์โกลโคไซด์เป็นวัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลให้ใช้ตามข้อกำหนดตามชนิดอาหารและปริมาณที่กำหนดไว้ตามบัญชีท้ายประกาศนี้

ข้อ ๗ ให้ผู้ผลิต หรือผู้นำเข้าอาหารตามที่ได้รับอนุญาตตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๒๖๒) พ.ศ. ๒๕๔๕ เรื่อง สตีวอไซด์และอาหารที่มีส่วนผสมของสตีวอไซด์ ลงวันที่ ๒๖ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๕ ขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารให้ถูกต้องตามประกาศฉบับนี้ และประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๒๘๑) พ.ศ. ๒๕๔๗ เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร ลงวันที่ ๑๘ สิงหาคม ๒๕๔๗ ภายใน ๑ ปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

อาหารที่มีส่วนผสมของสตีวอไซด์ที่ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ ๑๒๑ (พ.ศ. ๒๕๓๒) เรื่อง อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก ลงวันที่ ๒๓ พฤษภาคม ๒๕๓๒ ให้แก้ไขรายละเอียดอาหารให้ถูกต้องตามประกาศฉบับนี้ ภายใน ๑ ปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล่ม ๑๓๐ ตอนพิเศษ ๔๑ ง      หน้า ๓๔      ราชกิจจานุเบกษา      ๓๑ กรกฎาคม ๒๕๕๖

ข้อ ๘ ประกาศนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๘ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประดิษฐ สินทวณรัตน์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ๗

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง แนวทางการพิจารณาอนุญาตถึงเช่าสีทอง (*C.militaris*)  
เป็นส่วนประกอบในอาหาร

แนวทางการพิจารณาอนุญาตถึงเช่าสีทอง (*C.militaris*) เป็นส่วนประกอบในอาหาร

ถึงเช่าสีทอง สายพันธุ์ *Cordyceps militaris* เป็นเห็ดที่ได้จากการเพาะเลี้ยงแบบเทียม (artificial cultivation) เพื่อพัฒนาให้มีสารสำคัญต่างๆ ใกล้เคียงกับสายพันธุ์ที่เพาะปลูกโดยวิธีธรรมชาติ เช่น *Cordyceps sinensis* เป็นต้น โดยสารสำคัญจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวิธีหรือเทคนิคการเพาะเลี้ยง ทั้งนี้ อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้เพาะเลี้ยงถึงเช่าสีทอง ต้องเป็นส่วนประกอบที่ใช้เป็นอาหารมนุษย์ได้ (food grade) เท่านั้น

๑. คุณภาพมาตรฐาน *C.militaris*

ข้อกำหนด	รายละเอียด
๑. ข้อกำหนดทั่วไป ส่วนที่ใช้ (part of use)	ไมซีเลียม (mycelium) ของ <i>Cordycepsmilitaris</i>
๒. ข้อกำหนดด้านเอกลักษณ์ ปริมาณสารสำคัญ/สารออกฤทธิ์/ สารบ่งชี้ (marker)	คอร์ไดเซปิน (Cordycepin) ไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัม อะดีโนซีน (Adenosine) ไม่เกิน ๑๗๐ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัม
๓. กระบวนการผลิต	อบแห้งหรืออบแห้งบดผง
๔. ข้อกำหนดสารปนเปื้อน สารหนู Arsenic (As) ตะกั่ว Lead (Pb) ปรอท Mercury (Hg)	ไม่เกิน ๒ mg/kg. ไม่เกิน ๑ mg/kg. ไม่เกิน ๐.๕ mg/kg.
๕. ข้อกำหนดเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค <i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella spp.</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	น้อยกว่า ๓.๐ MPN/g. ไม่พบในอาหาร ๒๕ g. ไม่พบในอาหาร ๐.๑ g.

ทั้งนี้ กระบวนการผลิต คุณภาพมาตรฐานอื่นๆ และการแสดงฉลากอาหาร ต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องด้วย

๒. เงื่อนไขการใช้

ถึงเช่าสีทองอบแห้งหรืออบแห้งบดผง อนุญาตให้ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ปริมาณไม่เกิน ๒๓๐ มิลลิกรัมต่อวัน โดยต้องมีปริมาณสารสำคัญ cordycepin ไม่เกิน ๐.๓ มิลลิกรัมต่อกรัม (ไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัม) และสาร adenosine ไม่เกิน ๑.๗ มิลลิกรัมต่อกรัม (ไม่เกิน ๑๗๐ มิลลิกรัมต่อ ๑๐๐ กรัม)

๓. การแสดงคำเตือน

๓.๑ เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องผลิตภัณฑ์นั้นๆ เช่น แสดงคำเตือนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร กรณีเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีถึงเช่าสีทองอบแห้งหรืออบแห้งเป็นส่วนประกอบ

๓.๒ ยังไม่สามารถแสดงการกล่าวอ้างทางสุขภาพสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มี *C.militaris* เป็นส่วนประกอบได้ ทั้งนี้ หากผู้ประกอบการมีความประสงค์จะกล่าวอ้างทางสุขภาพ ต้องนำเสนอเอกสารหลักฐานประกอบการพิจารณาตามคู่มือประชาชน เรื่อง การประเมินการกล่าวอ้างทางสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ข้อมูลสำนักอาหาร เผยแพร่ วันที่ ๒๐ มีนาคม พ.ศ.๒๕๖๒  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### ๔. การอนุญาต- ถังเช่าสีทอง (*C.militaris*) อบแห้งหรืออบแห้งบดผงที่มีวัตถุประสงค์การใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารเท่านั้น

##### ๔.๑ สถานที่

๑) กรณีผลิต : ยื่นแบบ สบ.๑ หรือ อ.๑ แล้วแต่กรณี โดยสถานที่ผลิตจะได้รับการตรวจประเมินตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๓๔๒) พ.ศ. ๒๕๕๕ เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย (Primary GMP)

๒) กรณีนำเข้า : ยื่นแบบ อ.๖

##### ๔.๒ ผลิตภัณฑ์ (กรณีประสงค์จะขอเลขสารบบอาหาร)

ยื่นแบบ สบ.๗ (e-submission) ประเภทอาหารทั่วไป ได้แก่ พืชและผลิตภัณฑ์จากพืช พร้อมส่งเอกสารเพิ่มเติมเพื่อประกอบการพิจารณา ดังนี้

- เอกสารคุณภาพมาตรฐาน (Specification) ของถังเช่าสีทอง โดยมีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ในข้อ ๑
- รายงานผลวิเคราะห์ : ปริมาณสารสำคัญของถังเช่าสีทอง ได้แก่ คอร์ดิเซปิน (Cordycepin) และอะดีโนซีน (Adenosine) ,สารปนเปื้อน และจุลินทรีย์ก่อโรค โดยมีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ในข้อ ๑

#### ๕. การอนุญาต- ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร และเครื่องดื่มนอกโภชนาการที่ปิดสนิทที่มีถังเช่าสีทอง (*C.militaris*) อบแห้งหรืออบแห้งบดผงเป็นส่วนประกอบ

##### ๕.๑ สถานที่

๑) กรณีผลิต: ยื่นแบบ สบ.๑ หรือ อ.๑ แล้วแต่กรณี และตรวจประเมินสถานที่ผลิตตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องตามประเภทอาหารชนิดนั้นๆ

๒) กรณีนำเข้า: ยื่นแบบ อ.๖

##### ๕.๒ ผลิตภัณฑ์

ยื่นขออนุญาตผลิตภัณฑ์ตามเงื่อนไขของอาหารแต่ละประเภท พร้อมส่งเอกสารเพิ่มเติม ดังนี้

- สำหรับถังเช่าสีทอง ได้รับอนุญาต และมีเลขสารบบอาหารแล้ว ให้แจ้งเลขสารบบอาหารของถังเช่าสีทอง เพื่อประกอบการพิจารณา หากถังเช่าสีทอง "ไม่มีเลขสารบบอาหาร" ต้อง ส่งเอกสารเอกสารคุณภาพมาตรฐาน (Specification) ของถังเช่าสีทอง ที่ระบุปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ คอร์ดิเซปิน (Cordycepin) และอะดีโนซีน (Adenosine)
- รายงานผลวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญของถังเช่าสีทอง ได้แก่ คอร์ดิเซปิน (Cordycepin) และอะดีโนซีน (Adenosine) ในผลิตภัณฑ์

#### ๖. ข้อกำหนดอื่นๆ

กรณีต้องการขออนุญาตถังเช่าสีทองที่มีคุณภาพมาตรฐาน หรือเงื่อนไขการใช้ นอกเหนือจากข้างต้น ขอให้ยื่นเอกสารประกอบการพิจารณาประเมินความปลอดภัยอาหารเพิ่มเติม โดยศึกษารายละเอียดจากคู่มือประชาชน เรื่อง การประเมินความปลอดภัยอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้แก้ไขหรือดัดแปลงข้อมูลสารอาหาร เผยแพร่ วันที่ ๒๐ มีนาคม พ.ศ.๒๕๖๖  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก คม

## ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการ

หน้า ๑๒

เล่ม ๑๓๕ ตอนพิเศษ ๒๖๔ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๒ ตุลาคม ๒๕๖๑

## ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ ๓๙๔ (พ.ศ. ๒๕๖๑)

ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒

เรื่อง อาหารที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม แบบจีดีเอ

โดยที่เป็นการสมควรให้มีการแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม แบบจีดีเอ (Guideline Daily Amounts; GDAs) บนฉลากอาหารบางชนิดเพิ่มเติม เพื่อประโยชน์ของผู้บริโภค และสนับสนุนมาตรการป้องกันปัญหาด้านโภชนาการ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ วรรคหนึ่ง และมาตรา ๖ (๑๐) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. ๒๕๒๒ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ ๓๗๔) พ.ศ. ๒๕๕๙ เรื่อง อาหารที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจีดีเอ ลงวันที่ ๒๔ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๙

ข้อ ๒ ประกาศนี้

“ขวดแก้วแบบคืนขวด (Returnable Glass Bottle)” หมายถึง ขวดแก้วที่ใช้บรรจุอาหารที่มีลักษณะเหลวซึ่งอยู่ในสภาพที่พร้อมบริโภค และนำกลับมาทำความสะอาด หมุนเวียนเพื่อบรรจุอาหารดังกล่าวซ้ำได้อีก

“การแสดงค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม แบบจีดีเอ (Guideline Daily Amounts; GDAs)” หมายถึง การแสดงปริมาณและปริมาณสูงสุดเป็นร้อยละของพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม ที่บริโภคได้ต่อวัน ตามรูปแบบและเงื่อนไขที่กำหนดไว้ตามบัญชีแนบท้ายประกาศนี้

ข้อ ๓ ให้อาหารที่อยู่ในภาชนะพร้อมจำหน่ายต่อผู้บริโภคดังต่อไปนี้ เป็นอาหารที่ต้องแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียม แบบจีดีเอ

(๑) อาหารขบเคี้ยว ได้แก่

(๑.๑) มันฝรั่ง ทอด หรืออบกรอบ

(๑.๒) ข้าวโพด คั่ว ทอด หรืออบกรอบ

(๑.๓) ข้าวเกรียบ ทอด หรืออบกรอบ หรืออาหารขบเคี้ยวชนิดอบพอง

(๑.๔) ถั่วหรือถั่วอัดหรือเมล็ดพืชอื่น ทอด หรืออบกรอบ หรืออบเกลือ หรือเคลือบปรุงรส

(๑.๕) สาหร่าย ทอด หรืออบกรอบ หรือปรุงรส

(๑.๖) เนื้อสัตว์ที่ทำเป็นเส้น แผ่น ทอด หรืออบกรอบ หรือปรุงรส

(๑.๗) อาหารขบเคี้ยวตาม (๑.๑) - (๑.๖) ผสมกันมากกว่า ๑ ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (๒) ซ็อกโกแลต และขนมหวานรสซ็อกโกแลต
- (๓) ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่
- (๓.๑) ขนมปังกรอบ หรือแครกเกอร์ หรือบิสกิต
- (๓.๒) เวเฟอร์สอดไส้
- (๓.๓) คุกกี้
- (๓.๔) เค้ก
- (๓.๕) พาย เพสตรี ทั้งชนิดที่มีและไม่มีไส้
- (๔) อาหารกึ่งสำเร็จรูป ได้แก่
- (๔.๑) ก๋วยเตี๋ยว ก๋วยจั๊บ บะหมี่ เส้นหมี่ และวุ้นเส้น ไม่ว่าจะมีการปรุงแต่งหรือไม่ก็ตาม พร้อมของเครื่องปรุง
- (๔.๒) ข้าวต้มที่ปรุงแต่ง และโจ๊กที่ปรุงแต่ง
- (๕) อาหารมื่อหลักที่เป็นอาหารจานเดียว ซึ่งต้องเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นหรือตู้แช่แข็งตลอดระยะเวลาจำหน่าย
- (๖) เครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ได้แก่
- (๖.๑) เครื่องดื่มที่มีหรือทำจากผลไม้ พืชหรือผัก ไม่ว่าจะมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจนผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ตาม ยกเว้นเครื่องดื่มจากพืชที่ทำให้แห้งในลักษณะของชาชง
- (๖.๒) เครื่องดื่มที่มีหรือทำจากส่วนผสมที่ไม่ใช่ผลไม้ พืชหรือผัก ไม่ว่าจะมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือออกซิเจน ผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ตาม ที่นำมาปรุงแต่งรสในลักษณะพร้อมบริโภค
- (๖.๓) เครื่องดื่มตาม (๖.๑) หรือ (๖.๒) ชนิดแห้ง
- (๗) ชาปรุงสำเร็จ ทั้งชนิดเหลวและชนิดแห้ง
- (๘) กาแฟปรุงสำเร็จ ทั้งชนิดเหลวและชนิดแห้ง
- (๙) นมปรุงแต่ง
- (๑๐) นมเปรี้ยว
- (๑๑) ผลิตภัณฑ์ของนม
- (๑๒) น้ํานมถั่วเหลือง
- (๑๓) ไอศกรีมที่อยู่ในลักษณะพร้อมบริโภค
- ทั้งนี้ อาหารตาม (๖) (๗) (๘) และ (๑๒) ที่บรรจุในขวดแก้วชนิดคืนขวด (Returnable Glass Bottle) และอาหารตาม (๖) (๙) (๑๐) (๑๑) และ (๑๒) ที่เป็นของเหลวในลักษณะพร้อมบริโภค ที่มีพื้นที่ฉลากด้านหน้าไม่น้อยกว่า ๖๕ ตารางเซนติเมตรที่ไม่สามารถจำหน่ายพร้อมหีบห่อ และไม่อาจแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจิติเอไว้ที่ภาชนะบรรจุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แสดงผ่านโปรแกรมประยุกต์ของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Nutrition detective mobile application) ร่วมกับการแสดงไว้บริเวณที่จำหน่ายสินค้าหรือบริเวณร้านอาหารที่จำหน่ายอาหารนั้น ๆ แต่หากประสงค์จะแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจัดเอไว้ที่ภาชนะบรรจุ ต้องปฏิบัติตามประกาศนี้

ข้อ ๔ การแสดงฉลากของอาหารตามข้อ ๓ ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ว่าด้วยเรื่อง การแสดงฉลากของอาหารในภาชนะบรรจุ และต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับนี้ด้วย

ข้อ ๕ การแสดงฉลากของอาหารตามข้อ ๓ ต้องปฏิบัติ ดังนี้

(๑) แสดงฉลากโภชนาการ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

(๑.๑) แสดงกรอบข้อมูลโภชนาการแบบเต็ม ตามรูปแบบของข้อ ๑.๑ ของบัญชีหมายเลข ๑ ท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลากโภชนาการ หรือ

(๑.๒) แสดงกรอบข้อมูลโภชนาการแบบย่อ ตามรูปแบบของข้อ ๑.๒ ของบัญชีหมายเลข ๑ ท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลากโภชนาการ สำหรับข้อมูลโภชนาการ ให้แสดงเฉพาะพลังงานทั้งหมด ไขมันทั้งหมด โปรตีน คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด น้ำตาล โซเดียม และแสดงปริมาณโคเลสเตอรอลเพิ่มเติม หากอาหารดังกล่าวมีปริมาณโคเลสเตอรอลต่อปริมาณหนึ่งหน่วยบริโภคตั้งแต่ ๒ มิลลิกรัมขึ้นไป

ในกรณีที่ฉลากของอาหาร แสดงข้อความการกล่าวอ้างทางโภชนาการ มีการใช้คุณค่าในการส่งเสริมการขาย หรือระบุกลุ่มผู้บริโภคในการส่งเสริมการขาย ต้องแสดงกรอบข้อมูลโภชนาการแบบเต็มตามข้อ ๑.๑ ของบัญชีหมายเลข ๑ ท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วย เรื่อง ฉลากโภชนาการ

(๒) แสดงค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจัดเอ ของอาหารตามข้อ ๓ ให้เป็นไปตามรูปแบบและเงื่อนไขตามบัญชีแนบท้ายประกาศนี้

(๓) แสดงข้อความว่า “บริโภคแต่น้อยและออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ” ด้วยตัวอักษรหนาที่เห็นได้ชัดเจน สีของตัวอักษรตัดกับสีพื้นของกรอบ และสีของกรอบตัดกับสีพื้นฉลาก สำหรับอาหารตามข้อ ๓ (๑) - (๓)

ทั้งนี้ อาหารตามข้อ ๓ ที่บรรจุในภาชนะบรรจุย่อย ซึ่งมีเนื้อที่ฉลากด้านหน้าน้อยกว่า ๖๕ ตารางเซนติเมตรและจัดรวมในหีบห่อพร้อมจำหน่าย และไม่อาจแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจัดเอ ไว้ที่ฉลากของภาชนะบรรจุย่อยได้ ให้แสดงฉลากไว้ที่หีบห่อพร้อมจำหน่าย โดยให้คำนวณการแสดงฉลากโภชนาการและค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจัดเอของภาชนะบรรจุย่อย แต่หากประสงค์จะแสดงฉลากโภชนาการ และค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจัดเอไว้ที่ฉลากของภาชนะบรรจุย่อย ต้องปฏิบัติตามประกาศนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้า ๑๕

เล่ม ๑๓๕ ตอนพิเศษ ๒๖๔ ง

ราชกิจจานุเบกษา

๒๒ ตุลาคม ๒๕๖๑

ข้อ ๖ ในกรณีและผู้ผลิต หรือผู้นำเข้าอาหารอื่นนอกเหนือจากอาหารตามข้อ ๓ มีความประสงค์ จะแสดงค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบจีดีเอในฉลากของอาหาร การแสดงฉลากดังกล่าว ต้องเป็นไปตามประกาศนี้

ข้อ ๗ ให้ฉลากอาหารตามข้อ ๓ (๑) (๑.๔) (๑.๖) (๑.๗) และอาหารตามข้อ ๓ (๖) (๗) (๘) (๙) (๑๐) (๑๑) (๑๒) และ (๑๓) ที่ไม่เป็นไปตามที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับยังคงจำหน่ายได้ต่อไป ทั้งนี้ ต้องไม่เกินสองปีนับแต่วันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับ

ข้อ ๘ อาหารตามข้อ ๓ ที่มีการแสดงค่าพลังงาน น้ำตาล ไขมัน และโซเดียมแบบ จีดีเอไว้ก่อนวันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับ และมีการแสดงปริมาณโซเดียมไม่สอดคล้องกับปริมาณโซเดียม ที่แนะนำต่อวันตามประกาศฉบับนี้ ยังคงจำหน่ายได้ต่อไป ทั้งนี้ ต้องไม่เกินสองปีนับแต่วันที่ประกาศ ฉบับนี้ใช้บังคับ

ข้อ ๙ ให้ฉลากอาหารตามข้อ ๖ ที่ไม่เป็นไปตามประกาศนี้ ยังคงจำหน่ายได้ต่อไป ทั้งนี้ ต้องไม่เกินสองปี นับแต่วันที่ประกาศฉบับนี้ใช้บังคับ

ข้อ ๑๐ ประกาศฉบับนี้ไม่ใช้บังคับกับ

(๑) อาหารตามข้อ ๓ ซึ่งผู้ปรุงเป็นผู้จำหน่ายโดยตรงให้กับผู้บริโภค

(๒) อาหารตามข้อ ๓ ซึ่งได้มีประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดในส่วนที่เกี่ยวกับการแสดง สารอาหารบนฉลากไว้แล้วโดยเฉพาะ

ข้อ ๑๑ ประกาศฉบับนี้ ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับแต่วันประกาศใน ราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๖ กันยายน พ.ศ. ๒๕๖๑

ปิยะสกล สกลสัตยาทร

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่ 3 เดือน กรกฎาคม พ

ข้าพเจ้า นางสาว วิรดา เจจือ

รหัสประจำตัว 62050537

นางสาว อติพร วัฒนวานิชย์

รหัสประจำตัว 62050553

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชา ชีววิทยา ขอรับรองว่าโครงการนี้  
เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การพัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ที่มีส่วนผสมของถั่งเช่าสีทอง และมีการใช้สารให้ความห  
ทดแทนซูโครส

ชื่อภาษาอังกฤษ DEVELOPMENT OF JELLY GUMMY CONTAINING *Cordyceps militaris* AND THE  
OTHER SWEETENERS IN PLANCE OF SUCROSE

ปีการศึกษา 2565

เป็นผลงานวิจัยที่ได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว  
แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สห  
ฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขรวิสุทธิ์ 6.79 %

ลงชื่อ **วิรดา เจจือ**

ลงชื่อ **อติพร วัฒนวานิชย์**

( นางสาว วิรดา เจจือ )

( นางสาว อติพร วัฒนวานิชย์ )

นักศึกษา

นักศึกษา

ข้าพเจ้า รศ. อารี ฤทธิบุรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงการพิเศษของนักศึกษาข้างต้น  
รับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ **อารี ฤทธิบุรณ์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจารย์ที่ปรึกษา

## ภาคผนวก ณ

### การตรวจสอบอักขราวิสุทธิ์

#### Plagiarism Checking Report

Created on Jun 28, 2023 at 15:37 PM

##### Submission Information

ID	SUBMISSION DATE	SUBMITTED BY	ORGANIZATION	FILENAME	STATUS	SIMILARITY INDEX
3242285	Jun 28, 2023 at 15:37 PM	62050537@kmitl.ac.th	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	เล่มเจครบ 3.docx	Completed	6.79 %

##### Match Overview

NO.	TITLE	AUTHOR(S)	SOURCE	SIMILARITY INDEX
1	การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร	ศิริเลิศ, อัญญาภรณ์	วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม	0.92 %
2	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่มะม่วง	วิภาพร สกกุลครู	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	0.73 %
3	Benefits of Pectin from Food Waste	Sakkaekaew, Korawit	วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี	0.67 %
4	การวิจัยและพัฒนาโลหะเงินเจือสีชมพูเพื่อผลิตตัวเรือนเครื่องประดับด้วยการหล่อระบบเหรียญ	ประเสริฐ ชุมปัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	0.42 %
5	Effects of gelling and sweetening agents on characteristics of Maprang crude extract's (Bouea macrophylla Griff) jelly product	Chanpho, Kobporn	วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน	0.37 %
6	พญ่าหวาน	วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี	Wikipedia	0.34 %
7	Suitable Media for Cultivation of Cordyceps militaris	อรรณี, สุภาพร	วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร	0.31 %
8	Effect of Hydrocolloids on Quality and Stability of Halal Velvet Tamarind Jelly During Storage	เจตตอเสาะ, รอมลี	วารสาร มทร. อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	0.24 %
9	การศึกษาการเกิดไฮดรอกซีเมทิลเฟอรูวัลดีไฮด์จากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชัน และปฏิกิริยามอลาร์ดในระบบต้นแบบ STUDY ON THE OCCURRENCE OF HYDROXYMETHYLFURFURALDEHYDE FROM CARAMELLIZATION AND MAILLARD REACTIONS IN MODEL SYSTEMS	ม่วงไทย, พรพิมล	วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)	0.24 %
10	การศึกษาเปรียบเทียบผลของสารให้ความหวานและสารเสริมอื่น ๆ ที่มีผลต่อระดับสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในผลิตภัณฑ์ชาเขียว	วารุณี ปิยะบุญรัฐ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	0.19 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล                      วิรดา เจจือ  
 วัน เดือน ปี                         8 กุมภาพันธ์ 2544  
 ที่อยู่ปัจจุบัน                       44/50 หมู่บ้านภัทรา ถนน สุขุมวิท 2 ประเวศ กรุงเทพฯ 10250  
 E-mail                                 62050537@kmitl.ac.th  
 เบอร์โทรศัพท์                       0817511356

## ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2557 - 2559                   มัธยมต้น โรงเรียนสารสาสน์วิเทศร่มเกล้า กรุงเทพฯ
- พ.ศ. 2560 - 2562                   มัธยมปลาย โรงเรียนสารสาสน์วิเทศร่มเกล้า กรุงเทพฯ
- พ.ศ. 2563 - ปัจจุบัน               วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชา  
ชีววิทยา สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ประสบการณ์

- พ.ศ. 2565   ฝึกงานที่สถาบันชีวโมเลกุล นครปฐม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล                      อติพร วัฒนวานิชย์  
วัน เดือน ปีเกิด                    13 มีนาคม พ.ศ. 2544  
ที่อยู่ปัจจุบัน                        107/276 หมู่บ้านกฤษณาร่มเกล้า ซอยร่มเกล้า 12 ถนนร่มเกล้า เขตมีนบุรี  
กรุงเทพมหานคร 10510  
E-mail                                    aomam.92140@gmail.com  
เบอร์โทรศัพท์                         094-8096613

## ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2557 - 2559                    มัธยมต้น โรงเรียนวิเชียรมาตุ ตรัง
- พ.ศ. 2560 - 2562                    มัธยมปลาย โรงเรียนวิเชียรมาตุ ตรัง
- พ.ศ. 2563 - ปัจจุบัน                วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชา  
ชีววิทยา สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ประสบการณ์

- พ.ศ. 2565   ฝึกงานที่สถาบันชีวโมเลกุล นครปฐม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้